

КЕРУВАННЯ ВИХРОВОЮ СТРУКТУРОЮ ПРИМЕЖОВОГО ШАРУ НАХИЛЕНОЮ ОВАЛЬНОЮ ЛУНКОЮ

*Воскобійник В. А., Воскобійник А. В.,
Воскобойник О. А., Степанович В. М.*

Інститут гідромеханіки НАН України, Київ, Україна

Застосування на обтічній поверхні лункових генераторів вихорів призводить до істотного виграшу в енергозберігаючих технологіях та пристроях, де інтенсифікують теплопереніс, зменшують гідродинамічний опір, підвищують якість аеродинамічних профілів та знижують гідродинамічні шуми [1, 2]. Сферичні лунки не є найкращими за турбулентного режиму течії, наприклад, теплоносія, а у ламінарних потоках їх використання практично не виправдане. Усередині таких лунок залежно від ряду параметрів, у тому числі геометричних і гідродинамічних, формуються симетричні і асиметричні вихрові системи, які здійснюють біфуркації. Надання лунці такої форми, яка б генерувала стійкі вихрові системи з регульованою інтенсивністю і циркуляцією, що дозволить поліпшити техніко-економічні показники обтічних поверхонь, є одним з основних завдань керування примежовим шаром. До таких лунок можна віднести овальні лунки, які розташовують під певним кутом до напрямку потоку [2, 3].

Мета експериментальних досліджень – визначення впливу вихрових структур, які генеруються усередині овальної лунки, розташованої на гідравлічно гладкій плоскій поверхні під кутом 60° до набігаючого потоку на поле швидкості та структуру примежового шару.

Експериментальні дослідження проводилися в гідродинамічному лотку довжиною 16 м, шириною 1 м і глибиною 0.8 м з вільною поверхнею води глибиною 0.4 м, для швидкості потоку 0.25 м/с. На висоті близько 0.1 м від дна каналу встановлювалася гідравлічно гладка пластина, обладнана кінцевими шайбами. Пластина, виготовлена з полірованого органічного скла товщиною 0.01 м, шириною 0.5 м і довжиною 2 м, була загострена з двох сторін для забезпечення безвідриного її обтікання. На відстані 1 м від початку пластини було зроблено поодинокі заглиблення овальної форми у вигляді двох сферичних сегментів діаметром $d=0.04$ м, розділених циліндричною вставкою довжиною 0.04 м, і глибиною 0.009 м. Лунка розташовувалася у площині пластини під кутом 60 градусів до напрямку потоку.

Поле швидкостей усередині локального овального заглиблення і над обтічною поверхнею пластини вимірювалося плівковими термоанемометрами типу 55R36 фірми Disa, які мали довжину чутливої поверхні 0.0015 м. Плівкові датчики термоанемометрів вводилися в область вимірювань за допомогою обтічних ножів і координатного пристрою, розташованого на бічних стінках гідродинамічного лотка.

Похибка вимірювань інтегральних характеристик поля швидкостей не перевищувала

5% за достовірності 0.95 або 2σ , а спектрів пульсацій швидкості - до 2 дБ в діапазоні частот від 0.2 Гц до 1 кГц.

Установлено, що наявність заглиблення на обтічній поверхні призводить до зростання спектральних рівнів пульсацій швидкості позаду овальної лунки, практично, у всьому досліджуваному частотному діапазоні, як в пристінній, так і в зовнішній частині примежового шару. Безпосередньо над самим заглибленням спектральні щільності потужності в цих областях примежового шару зменшуються щодо умов непорушеного примежового шару

У ближньому сліді заглиблення позаду його кормової частини на висоті $y/d=0.05$ від поверхні пластини максимальна інтенсивність поля швидкості спостерігається, головним чином, в низькочастотній області спектра за передньою сферичною частиною овальної лунки. У той же час позаду кормової сферичної частини заглиблення спектр пульсацій швидкості має найбільші значення у високочастотній області. Це вказує на те, що в цій області ближнього сліду лунки переважають дрібномасштабні вихрові структури, генеруючи високочастотні пульсації швидкості, які формуються всередині овального заглиблення і викидаються назовні у пристінну область примежового шару. Вздовж всієї кормової частини овального заглиблення в області його ближнього сліду спостерігається істотне зростання високочастотних складових спектра швидкості. У зовнішній частині примежового шару ($y/d=0.35$) в області частот $St=fd/U \approx 0.2$ інтенсивні пульсації швидкості спостерігаються в серединному перерізі овального заглиблення, що обумовлено викидом вихрових систем назовні з лунки.

Визначено, що максимальне порушення зовнішньої області примежового шару великомасштабними вихровими системами, які генерують низькочастотні пульсації швидкості, відбувається на відстані близько (2-3) діаметрів заглиблення, де великомасштабні вихори досягають зовнішньої області примежового шару. Відновлення високочастотної частини спектра пульсацій швидкості настає раніше, ніж низькочастотної і примежовий шар повністю відновлюється на відстані більше 10 діаметрів овальної лунки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Халатов А.А. Теплообмен и гидродинамика около поверхностных углублений (лунок). – Киев: ИТТФ НАНУ, 2005. – 76 с.
2. Turnow J., Kornev N., Isaev S., Hassel E. Vortex mechanism of heat transfer enhancement in a channel with spherical and oval dimples // Heat and Mass Transfer. – 2011. – v. 47, №3. – P. 301-313.
3. Гринченко В.Т., Воропаев Г.А., Исаев С.А., Воскобойник В.А., Воскобойник А.А., Воскобойник А.В. Управление ламинарным пограничным слоем вихрями, генерируемыми овальной лункой // Вісник Донецького Університету, Сер. А: Природничі науки. – 2009. – Вип. 1. – С. 191–198.