

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ ПРИСТІННИМИ ТЕЧІЯМИ ШЛЯХОМ НЕОДНОРІДНОГО НАГРІВУ

Стреляєв О. Ю., Шквар Є. О.

НТУУ «КПІ», Київ, Україна

Задача оптимізації форми обтічних поверхонь у транспортній галузі та в енергетиці інтенсивно вирішується людством вже більше століття і на сучасному етапі розвитку техніки подальше покращення параметрів та промислових установок цим шляхом вже не вважається ефективним. Даний факт дає початок цілому напрямку оптимізаційної діяльності, пов'язаному з цілеспрямованим впливом на структурні особливості розвитку течії в конкретних умовах і, зокрема, на формування турбулентності та її подальшу еволюцію. Саме тому авторами було прийняте рішення дослідити спроможність одного з методів управління структурними особливостями турбулентних течій - неоднорідного нагріву поверхні обтікання регулярно розташованими поздовжніми тонкими нагрівальними елементами, у результаті чого в пристінній області формується анізотропна регулярна поздовжня вихрова структура, яка за деяких умов гальмує розвиток турбулентності, сприяючи зменшенню опору тертя.

Для дослідження впливу неоднорідності на структуру турбулентності в пристінній області було проведено числове моделювання задачі обтікання плоскої пластини за умов її поздовжнього неоднорідного нагріву (рис. 1).

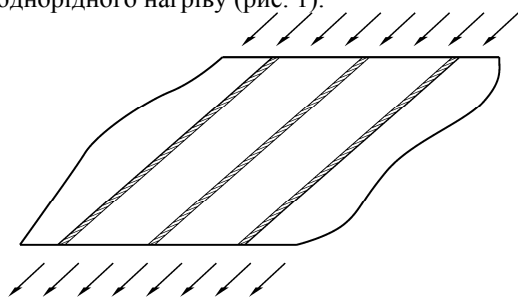


Рис. 1. Геометрія задачі обтікання пластини з наявним ефектом неоднорідного нагріву

Поставлена задача є симетричною у поздовжньому напрямку, що дозволяє зменшити розрахункову зону до зазначених нижче розмірів, тобто розглядати лише пристінну область між двома нагрівними елементами, що у свою чергу, суттєво скорочує час виконання комп'ютерних розрахунків. В ході числового моделювання задавалися геометричні параметри розрахункової області, зокрема довжина пластини була прийнята рівною 1,5 м, ширина – 0,03 м та висота розрахункової зони – 0,125 м. Для створення ефекту неоднорідного нагріву вздовж пластини були розміщені нагрівні елементи товщиною 0,005 м та кроком 0,02 м по її ширині (рис. 1). В якості матеріалу пластини та нагрівних елементів був взятий алюміній, а обтічною рідиною була обрана вода. При

дослідженні саме неоднорідного нагріву швидкість набігаючого потоку приймалась рівною 1, 4, 8 м/с, в той же час температура нагрівних елементів змінювалась в діапазоні від 288,15 К до 343,15 К, а температура потоку та самої пластини приймалась рівною 288,15 К. Також для перевірки ефективності саме неоднорідності теплового впливу проводилась серія дослідів з математичного відтворення властивостей течії при однорідному нагріві усієї пластини до температури 323,15 К при відповідних вищенаведеним значеннях швидкості набігаючого потоку.

Авторами було проведено числове моделювання процесу обтікання плоскої пластини при умові її неоднорідного нагріву за допомогою програмного пакету ANSYS Fluent 15.0 з використанням transition-SST моделі турбулентності. Результати дослідження представлені у вигляді графічної залежності Рис. 2, яка ілюструє різкий спад коефіцієнту опору тертя у проміжку температур між 313,15 К та 333,15 К. Значення коефіцієнту опору тертя, близьке до мінімального, досягається при 318,15 К і залишається практично незмінним аж до 328,15 К, після чого досить стрімко повертається до значень, що наближено відповідають обтіканню пластини без нагріву. Позитивний ефект від застосування даного методу управління пристінним рухом дає 4,53% виграшу в коефіцієнту опору тертя.

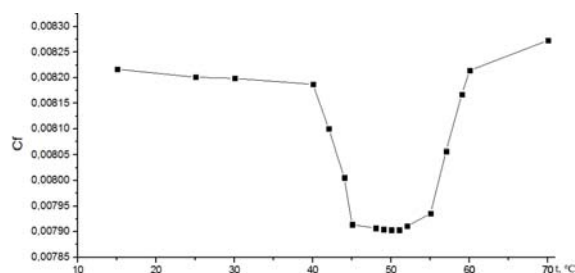


Рис. 2. Залежність коефіцієнту опору тертя від температури при швидкості набігаючого потоку в 1 м/с

Виконане дослідження показало, що неоднорідне нагрівання поверхні обтікання модифікує саме турбулентні властивості течії, а вже через них – течію у цілому. Тому для очікуваних умов експлуатації дослідженого методу управління пристінною течією треба підбирати відповідні значення температури нагрівання та кроку між нагрівачами, що можливо ефективно здійснювати на основі розробленої методології.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – М.: Изд. иностр. лит., 1956. – 528 с.
2. Шквар Є.О. Математичне моделювання турбулентних вихрових структурних особливостей в пристінних течіях / Є.О. Шквар, Д.М. Зінченко, В.В. Зілінка, М.А. Саченко, В.В. Кравченко, С.О. Шевченко // Матеріали Міжнародної інтернет-конференції ММАР-2013. – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 63-66.