

ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТУРБУЛЕНТНИХ СТРУМИННИХ ТЕЧІЙ ДЛЯ ПОТРЕБ ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ

Київський національний університет будівництва і архітектури

Анотація

Розробляється спрощена геометрична та кінематична модель дво- та тривимірних примежових шарів з великомасштабною турбулентною структурою, а саме, струминних примежових шарів, примежових шарів змішування тощо. Ця модель застосована до розрахунку залишкової теплопередачі радіаторів в однотрубних системах водяного опалення та до задач повітророзподілення в системах вентиляції.

Ключові слова: турбулентний примежовий шар, турбулентна макроструктура, струминний примежовий шар, примежовий шар змішування

Abstract

Simplified geometric and kinematic simulation model of two- and three-dimensional boundary layers with large-scale turbulent structure is developed. The model has been applied to calculation of residual heat transfer of a radiator in one-pipe heating systems and for air distribution tasks in ventilation.

Keywords: turbulent boundary layer, turbulent macrostructure, jet boundary layer

Вступ

Розвиток теорії турбулентних потоків головним чином іде в напрямку обчислювальної гідромеханіки (CFD), що базується на диференційних рівняннях, які можуть бути розв'язані тільки чисельно [1]. Єдиною високоточною та універсальною моделлю турбулентних течій є пряме розв'язання рівнянь Нав'є-Стокса (DNS) на сітках, дрібніших за найменший елемент структури течії. Сучасна спеціалізована обчислювальна техніка дозволяє моделювати лише дрібні об'єкти протягом місяців [1]. При цьому отримується відмінний збіг з експериментальними даними. Для практичного застосування використовують моделі (k - ϵ , k - ω та багато інших), у яких крок сітки більший на порядки, а втрачена інформація описується додатковими (транспортними) рівняннями, які є надлишковими і містять експериментальні коефіцієнти, що можуть змінюватися для різних задач [2]. Тому в комерційному програмному забезпеченні використовують певні узагальнені значення, що призводить до втрати універсальності.

На відміну від цих підходів, професор кафедри теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури А. Я. Ткачук запропонував теорію турбулентних течій [3]. Вплив в'язкості в турбулентних течіях є опосередкованим, тому вони розглянуті як потоки ідеальної рідини з "особливостями" – вихорами, що поведуться як чужорідні тіла. На поверхнях розриву тангенціальної складової швидкості формується вихрова пелена з вихрових шнурів. У течіях з великомасштабною структурою ці вихори сумірні з розмірами течії, що призводить до високої упорядкованості структури, яку можна спостерігати у потоках диму та зафарбованих струминах. Це дозволяє для більшості задач обмежитися геометричним та кінематичним аналізом спрощеної схеми такої структури без дослідних коефіцієнтів.

Метою роботи є розробка та реалізація спрощеної моделі примежових шарів з великомасштабною турбулентною структурою.

Принципи спрощеного моделювання турбулентних течій з великомасштабною структурою

Примежовий шар подається як вихрова пелена з великомасштабних вихорів (рис.1,а,б). Вихори спрощено приймаються в плоских струминах циліндрами, а у тривимірних струминах – сферами.

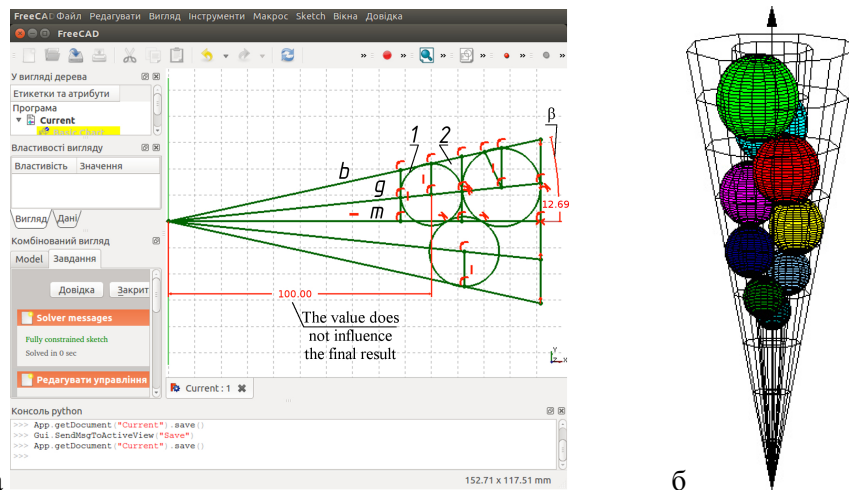


Рис.1. Спрощена схема макроструктури: а – поздовжній розріз вільної плоскої струмини, моделювання у FreeCAD; б – вільна вісесиметрична струмина: 1 – клуб; 2 – міжклубний шар

У вільних плоских струминах вихори двох прилеглих примежових шарів укладаються в шаховому порядку (рис. 1,а). У вільних тривимірних струминах вихори укладаються аналогічно вздовж спіралі до торкання (рис. 1,б). Виконані дослідження характерних розмірів тривимірних струмин базуються на системі рівнянь торкання сфер, тобто сума радіусів кожної пари сусідніх сфер дорівнює відстані між їхніми центрами. Радіус сфер та відстань від центра до осі прямо пропорційні довжині шляху струмини (див. рис. 1,б).

Результати дослідження

У результаті отримані відомі експериментальні залежності для плоских і тривимірних струминних течій та примежових шарів змішування. Отримані вперше результати аналітичного визначення залишкової теплопередачі радіаторів при перекритій верхній підводці приладового вузла вертикальної однотрубною системи опалення імплементовані у державний стандарт України [4]. При цьому моделювався примежовий шар змішування між потоками в нижній підводці. Вперше аналітично визначено оптимальну кількість щілин багатощілинного повітророзподільника з взаємодією і настиленням струмин на опуклу поверхню для швидкого затухання. Отже, модель дозволяє розв'язувати прикладні задачі опалення, вентиляції та кондиціонування повітря.

Висновки

Розроблений підхід до моделювання потоків повітря з великомасштабною турбулентною макроструктурою дозволяє отримувати аналітичні розв'язки задач опалення, вентиляції та кондиціонування повітря і рекомендується до широкого впровадження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. D. Ahlman, D.: Direct Numerical Simulation of a Plane Turbulent Wall-Jet Including Scalar Mixing - Physics of Fluids / Ahlman, D., Brethouwer, G. and Johansson, A.V. – Vol. 19, No. 6, 2007 – pp. 065102-1 - 065102-13.
2. Алямовский А.А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов, А. И. Харитонович, Н. Б. Пономарёв. – Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.
3. Ткачук А.Я. Аеродинаміка вентиляції: навч. посібник / А.Я. Ткачук, В.Б. Довгалюк. – ІВНВКП «Укреліотех», 2009. – 376 с.
4. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014. Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків / Мінрегіон України. – Київ: Укрархбудінформ, 2014. – 71 с.

Мілейковський Віктор Олександрович – к.т.н., доц. кафедри теплогазопостачання і вентиляції, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, e-mail: v_mil@ukr.net

Mileikovskyi Viktor O., Ph. D (Eng.), Associate Prof., Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, e-mail: v_mil@ukr.net