

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПОВІТРООБМІНУ У ВЕНТИЛЬОВАНИХ ФАСАДАХ

Дешко В.І., Северин Є.О., Яновський П.В.

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

АНОТАЦІЯ: В статті розглянуті дослідження течії всередині повітряного прошарку вентильованих фасадів при різних вихідних умовах з використанням розроблених числових моделей.

АННОТАЦИЯ: В статье рассмотрены исследования течения внутри воздушной прослойки вентилируемых фасадов при различных исходных условиях с использованием разработанных численных моделей.

ABSTRACT: The article describes the research of flow in the air gap of ventilated facades with different initial conditions, using the developed numerical models.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: вентильований фасад, математична модель, повітрообмін, теплообмін.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

В останні десятиліття в будівельній практиці в якості огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель застосовуються фасади з вентильованим повітряним прошарком, які здатні забезпечити необхідний сучасними нормами рівень теплозахисту і енергоефективності будівлі. До теперішнього часу накопичений значний досвід практичного застосування вентильованих фасадів. Проведені широкі дослідження їх теплофізичних властивостей [1]. Встановлено, що швидкість повітряного потоку в вентильованій прошарку впливає на інтенсивність теплопередачі і вологопереносу. Ця швидкість складним чином залежить як від внутрішніх параметрів прошарку, так і від зовнішніх умов обтікання фасадів будівлі вітровим потоком. Таким чином, моделювання та розрахунок швидкості повітряного потоку в вентильованій прошарку – складне актуальне завдання.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Для дослідження вітрового навантаження на фасади будівель були розроблені дві тривимірні моделі (одноповерховий будинок висотою 3 м, та 22-поверховий будинок висотою 68 м), які мають наступний вигляд.

Визначення залежності зміни швидкості вітру від висоти проведено відповідно [2]. Для швидкості вітру V_0 було взято середнє та максимальне значення швидкості вітру для м. Києва на висоті 10 м. Відповідно: $V_{0\text{сер}} = 2,4$ м/с, $V_{0\text{max}} = 24$ м/с. Для оцінки впливу напрямку вітру на тиск на стіни будівлі розраховувались три варіанти

кутів атаки по горизонталі: 90° (перпендикулярно до передньої стіни будівлі); 60° та 30° (рис. 1).

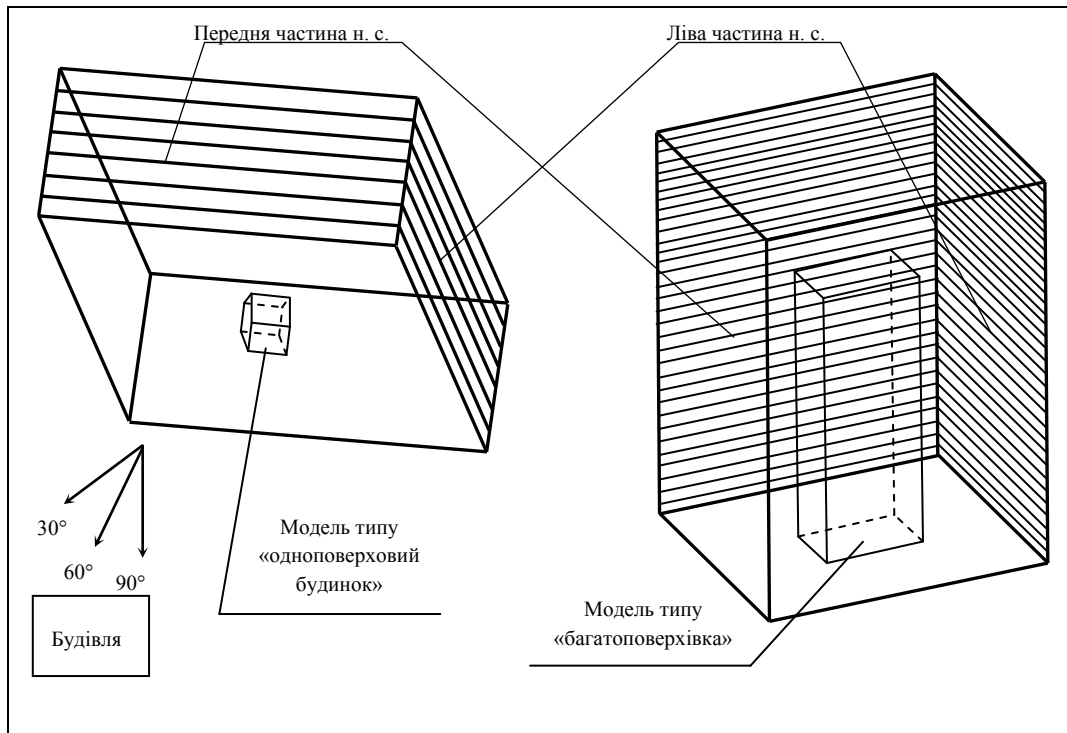


Рис. 1. Вигляд тривимірної моделі типу «одноповерховий будинок» (зліва) та моделі типу «багатоповерхівка» (справа) в просторі

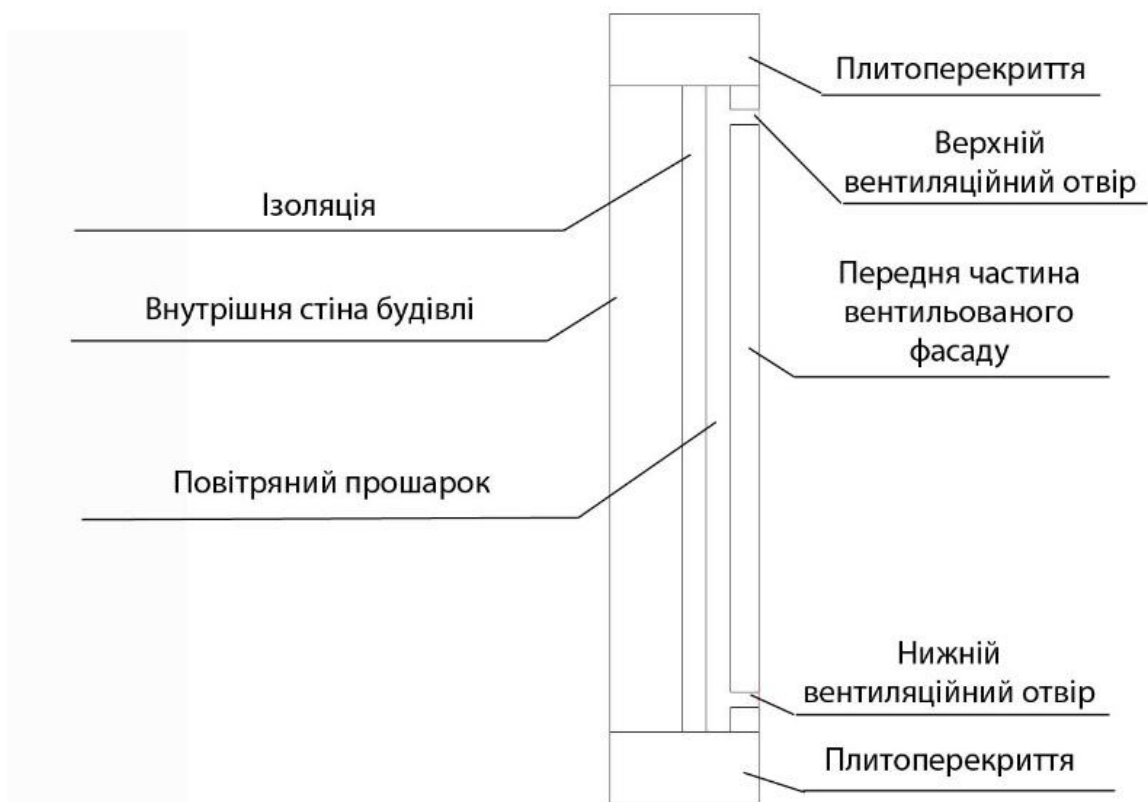


Рис. 2. Схема двовимірної моделі

В даній роботі використовується декілька двовимірних (2D) та тривимірних (3D) спеціально розроблених числових моделей, що включають області з конвективним механізмом теплообміну [3]. Границі цих областей є об'єднання кусково-плоских множин. Для урахування турбулентного характеру руху повітря у вентиляційному прошарку, що є справедливим при наявності більш-менш значних перепадів температури між зовнішнім середовищем і внутрішніми стінками будівлі, застосована модель турбулентності $k-\varepsilon$ [4] завдяки її відносній простоті, швидкості, пристосованості до досить широкого кола задач та прийнятної точності. Основні результати чисельного розрахунку отримані на моделях, розроблених в програмному середовищі ANSYS Fluent.

Висота кожної двовимірної моделі (рис. 2) залежить від висоти будівлі, а висота між плитоперекриттями – від висоти поверху будівлі. Висота поверху складала 2,7 м. Внутрішня стіна та плитоперекриття зроблені із бетону, в якості ізоляції було обрано мінеральну вату, передня частина вентиляційного фасаду зроблена з цегли. Теплофізичні властивості будівельних матеріалів мають стандартні значення [5].

Товщина внутрішньої стіни та плитоперекриттів складає 30 см. Товщина ізоляції та повітряного прошарку складає 10 см. Товщина зовнішньої стіни становить 12 см. Висота вентиляційних отворів відповідає висоті цегли, тобто 6,5 см. Отже побудована двовимірні модель будівлі в усіх випадках розрахунку з повітряним прошарком має ширину 62 см.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розрахунок розподілу тисків для двох різних видів будівель (одноповерховий будинок, багатоповерховий будинок) проводився за допомогою відповідних 3D моделей при варіації швидкості вітру (середньорічна та максимальна швидкості вітру) та кутів атаки вітру по відношенню до передньої стіни будівель (90° , 60° та 30°).

Для задання різної швидкості вітру та кутів атаки були розраховані та внесені в параметри 3D моделей значення швидкості вітру в залежності від висоти та кута атаки вітру. Результатами дослідження є отримані значення тисків на стінах будівель тривимірних моделей будівель.



Рис. 3. Поля розподілу тиску на фасаді для одноповерхової (зліва) та багатоповерхової (справа) будівель при прямому куті атаки вітру, Па

При напрямі вітру перпендикулярно фасаду максимальний вітровий тиск встановлюється на рівні 0,4...0,8 висоти будівлі, рис. 3. В центральній частині фасаду тиск в нижніх вентиляційних отворах більший, ніж в верхніх, де тиск зменшується, (в середньому на 0,18 Па для одноповерхової та 6,1 Па для багатоповерхової будівлі), хоча по краях спостерігається інша картина – тиск значно падає, аж до від’ємного значення. Це впливає на горизонтальне переміщення повітря у вентиляційному прошарку фасаду.

Збільшення швидкості вітру від середньорічного значення (2,4 м/с) до максимального (24 м/с) не вплинуло на картину розподілу тиску на фасаді, але значення тиску збільшилось на порядки (приблизно в 100 разів). При цьому різниця між тисками у верхніх та нижніх отворах для центральної частини стіни склала вже 16,2 Па для одноповерхової та 642 Па для багатоповерхової будівлі.

Зміна куту атаки вітру на 60° суттєво вплинула на розподіл тиску на фасаді. Максимальний тиск спостерігався на лівій (вітряній) частині фасаду, значення якого зменшувалось у напрямку правої сторони. При цьому тиск в верхній частині фасаду значно зменшувався. Та сама картина спостерігалась і при куті атаки вітру 30°. Але значення тиску були вже меншими, тому що основний потік вітру вже припадав на бічну сторону будівлі.

Для розрахунків в двовірних моделях вентиляційних фасадів двох видів будівель бралися значення тисків безпосередньо в центральній частині на передній стінці. В двовірній моделі зберігалися тільки значення тисків на фасаді в зонах вентиляційних отворів [6]. Розрахунки проводилися для варіантів прямого кута атаки вітру. Середня температура повітря в приміщенні приймалася рівною +20 °С, оточуючого середовища -21 °С. Коефіцієнти тепловіддачі від приміщення до внутрішньої стінки приймалися 4 Вт/(м²·°С), від фасаду до оточуючого середовища для трьох видів розрахунків (безвітряна погода, середньорічна та максимальна швидкість вітру) приймалися рівними 5, 12 та 23 Вт/(м²·°С) відповідно.

На рис. 4. представлені вектори швидкості руху повітря в вентиляційному прошарку при максимальній швидкості вітру. Характерним є рух повітря вгору в вентиляційному прошарку.

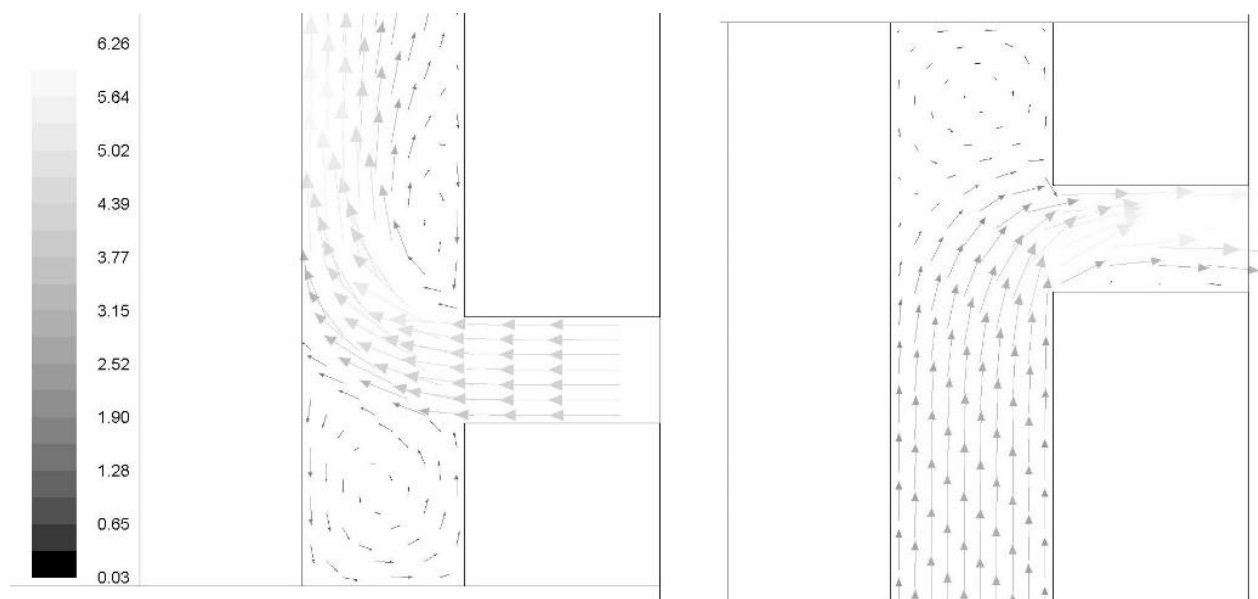


Рис. 4. Вектори швидкості в нижньому (зліва) та верхньому (справа) вентиляційних отворах для одноповерхової будівлі при максимальній швидкості вітру, м/с

Швидкість руху повітря в повітряному прошарку при збільшенні вітрового навантаження збільшувалась на порядки, а середня температура повітря при цьому зменшувалась і при максимальній швидкості вітру вже майже не відрізнялася від температури оточуючого середовища (менше 1°C). Для багатоповерхівки характерна більша швидкість руху повітря та середня температура повітря в прошарку у зв'язку з більшою площею теплообміну з внутрішньою стінкою будівлі.

Для визначення ефективності встановлення вентиляованих фасадів були розроблені додаткові числові моделі без повітряних прошарків. При тих самих вихідних умовах та складі стінки тепловий потік для моделей з навісним фасадом був менший, ніж для моделей без повітряних прошарків (10-20 % для одноповерхової моделі та 5-30 % для багатоповерхівки при різних швидкостях вітру). Різниця теплових потоків зменшувалась зі збільшенням вітрового навантаження. При цьому більш чутливою до вітру виявилася модель багатоповерхового будинку.

Зі збільшенням вітру зменшувався і ваговий коефіцієнт теплового потоку через вентиляційні отвори по відношенню до сумарного теплового потоку від фасаду. Так для одноповерхової будівлі цей коефіцієнт збільшувався від 0,27 при безвітряній погоді до 0,69 при максимальній швидкості вітру, а для багатоповерхівки – від 0,02 до 0,88 відповідно.

ВИСНОВКИ

1. Були розроблені декілька 2D та 3D математичних моделей для розрахунку вітрових навантажень та повітрообміну вентиляованих фасадів.
2. Досліджено загальні властивості зовнішнього обтікання модельних конфігурацій будівельних споруд.
3. Досліджено течії всередині повітряного прошарку навісних фасадів при різних вихідних умовах.
4. Розглянуто зміну теплових потоків в залежності від різного вітрового навантаження та типів ізоляції огорожувальних конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гагарин В.Г. Расчет теплозащиты фасадов с вентилируемым воздушным зазором / Гагарин В.Г., Козлов В.В., Цыкановский Е.Ю. // АВОК, 2004. - № 2, № 3.
2. Васько П.Ф. Розрахунок показників технічної ефективності застосування вітроелектричних установок за результатами строкових вимірювань швидкості вітру/ Васько П.Ф. // Технічна електродинаміка. - №6, 2001. – С.45-49.
3. Калиткин Н.Н. Численные методы / Калиткин Н.Н. – М.: Наука, 1998. – 670 с.
4. В.Е. Launder. Lectures in Mathematical Models of Turbulence / В.Е. Launder, D.B. Spalding // Academic Press, London, England, 1972.
5. Нащевский Ю.Д. Справочник по строительным материалам и изделиям / Нащевский Ю.Д., Хоменко В.П., Беглецов В.В. – Киев: Будівельник, 1989.
6. Гувернюк С.В. О влиянии эффектов трехмерного обтекания на распределение ветровых нагрузок на фасады высотных зданий / Гувернюк С.В., Леденев П.В. // Вестник отделения архитектуры и строительных наук. - Вып. 13. - Т.2. -Москва-Орел: РААСН, АСИ ОрелГТУ, 2009. – С.148-159.
7. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляованим повітряним прошарком : ДСТУ Б В.2.6-35:2008. – [Чинний від 2009-06-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с. – (Національний стандарт України).

Стаття надійшла до редакції 18.03.2013 р.