

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛОПАКЕТІВ

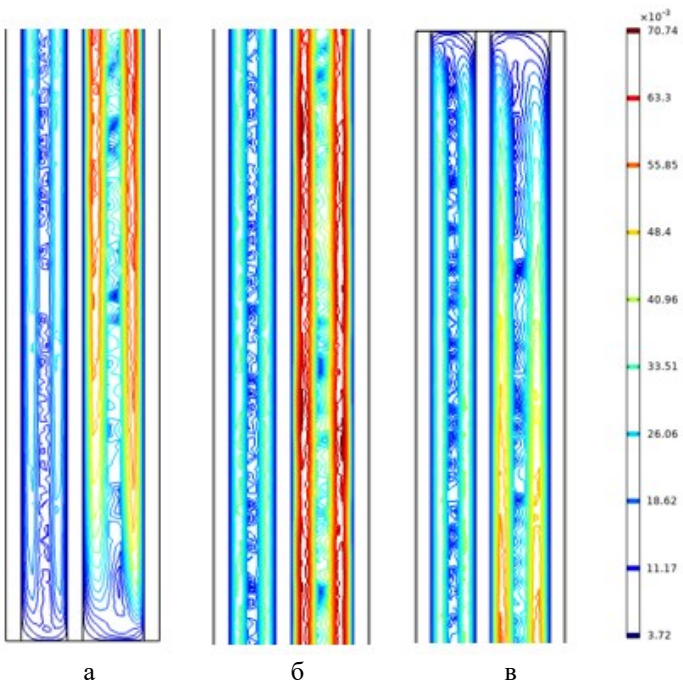
Проблеми енергозбереження останнім часом набули особливого значення. Зменшити втрати тепла в житлових приміщеннях можна завдяки використанню якісних склопакетів. На ринку представлено широкий вибір подібної продукції з різними конструктивними параметрами – однокамерні, двокамерні, з енергозберігаючим покриттям, з наповненням інертними газами або повітрям, з різними зазорами та товщиною скла. Для оцінки теплозберігаючих властивостей склопакетів зазвичай використовують одновимірні математичні моделі, які не враховують фактори конвективного руху повітря або газу в камерах

В роботі розглядається двовимірна мультифізична модель склопакету. Процес теплообміну описується рівнянням теплопровідності для скла та рівняннями конвективного теплообміну в камерах між шарами скла. Задача розглядається в спряженій постановці. Для чисельної реалізації моделі використовувався програмний комплекс COMSOL Multiphysics. Задача вирішувалась за допомогою метода скінчених елементів. Для зовнішніх поверхонь склопакету використовувались граничні умови конвективного теплообміну для вертикальних поверхонь, на торцевих поверхнях ставились умови теплоізоляції. Для опису конвективного руху в камерах склопакету використовувались рівняння вільної конвекції в наближенні Бусінеска. Задача вирішувалась в квазістаціонарній постановці. Ітерації проводились до повного установлення. В деяких режимах не вдавалось отримати повне установлення ітераційного процесу у зв'язку з наявністю конвективних флуктуацій. В таких випадках розглядалась нестационарна постановка задачі, а час розрахунку визначався стабілізацією інтегральних характеристик процесу теплообміну.

Проведена серія чисельних експериментів для різних геометричних параметрів склопакетів, різних зовнішніх умов (від -30°C до 0°C), різних наповнювачів (аргон, криптон, повітря), а також комбінації наповнювачів.

В якості прикладу наведено результати розрахунків для двокамерного склопакету 4-12-4-16-4 (рис.1). Зовнішня температура -20°C , внутрішня $+20^{\circ}\text{C}$. Зовнішня камера (ліва) заповнена аргоном, внутрішня – повітрям. Товщина скла 4 мм. Як бачимо, в камерах склопакета формується складна структура конвективних потоків. У внутрішній камері спостерігається більш інтенсивний конвективний рух в порівнянні з зовнішньою камерою. Максимальні швидкості локалізуються в центральному фрагменті

склопакету. В приграничних шарах біля поверхні скла формуються висхідний та низхідний потоки, а в центральній області спостерігаються циркуляційні комірки.



а – нижній фрагмент; б – середній фрагмент; в – верхній фрагмент.
 Рисунок 1 – Розподіл швидкостей конвективних потоків

Спостерігався неоднорідний розподіл температури по висоті пакету обумовлений наявністю конвективних потоків в камерах. В верхній частині склопакету формується зона підвищеної температури в порівнянні з нижньою частиною. В центральній області розподіл температури по ширині склопакету майже незмінний. COMSOL Multiphysics має інструменти, які дозволяють обчислювати інтегральні теплофізичні характеристики, локальний та загальний теплові потоки, тепловий опір, визначати максимальну, мінімальну, середню температуру.

Представлена модель дозволяє оцінювати теплофізичні характеристики склопакетів довільної геометрії, з різною кількістю камер, різною товщиною скла, а також для різних наповнювачів камер. Результати розрахунків дозволяють обґрунтовано обирати варіанти склопакетів для певних кліматичних умов.