

потребам потрібно дослідити гідродинамічні характеристики співударних струменів і отримати аналітичні залежності для їх розрахунку та вивчити вплив геометричних розмірів устаткування на умови взаємодії газового потоку і плоских радіальних струменів.

#### **Список використаних джерел:**

1. Dombrowski N., Hooper P. Study of the spray formed by impinging jets in Laminar and turbulent flow/ N. Dombrowski, P. Hooper // Journal of Fluid Mechanics. – 1964. – v. 18. – № 3. – P. 392–401.
2. Паневин И.Г. О распределении жидкости в факеле форсунки со сталкивающимися струями / И.Г. Паневин // Труды Московского авиационного института. – 1960. – Вып. 119. – С. 72–101.
3. Oka S. On the stability and breaking up of ring of fluid into small drops // Proceeding of Phys / S. Oka. – Math. Society of Japan. – v. 18. – № 19. – 1936. – P. 524–534 (Ser. 3).

**Зацеркляний Г.А.**

*аспірант;*

**Єрохін А.Л.**

*доктор технічних наук, професор,*

*декан факультету комп'ютерних наук,*

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

### **ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ БУДІВЕЛЬ**

Сучасна будівля є складною функціонально-конструктивною системою з різноманітним тепломасообмінним процесом, які в ній протікають. Широке експериментальне дослідження цього процесу є досить трудомістким і витратним, а часто неможливим, адже ніхто і ніколи не будував, не буде і не буде будувати будівлі заради експериментальних досліджень. Тому єдиною можливим методом досліджень тепломасообмінних режимів будівель є математичне моделювання.

Математичне моделювання доцільно використовувати для організації обчислювального експерименту[1; 2].

Підготовка розрахункових програм – один із найбільш трудомістких етапів обчислювального експерименту, оскільки з точки зору програмної реалізації істотними є такі особливості обчислювального експерименту, як багатомодельність і багатоваріантність.

Ці особливості проявляються в тому, що, по-перше, основна робота з проведення обчислювального експерименту спрямована не на одноразове виконання. По-друге, рішення (а разом із ними і відповідні програми), прийняті на черговому циклі обчислювального експерименту, як правило, не відкидаються, а можуть використовуватися згодом для інших розрахунків.

Таким чином, головний напрямок діяльності з програмування задач обчислювального експерименту – не створення нових, а розвиток існуючих програм. Цей розвиток здійснюється, як правило, не за рахунок заміни існуючих модулів їх більш досконалішими версіями, а за рахунок включення в програмний фонд нових модулів, які відображають різні рішення, що приймаються в ході експерименту.

Орієнтуватися в такому великому і складному програмному господарстві вельми нелегко. Основним змістом робіт тут стає не написання нових про-грамних модулів, хоча і це має місце, а конструювання з модулів розрахункових програм і рішення ряду технічних проблем, пов'язаних із розвитком і супроводом програмного фонду. Для цього потрібні спеціальні системні засоби. Такі засоби повинні забезпечувати зберігання, поповнення та модифікацію програмного фонду, а також простий, гнучкий і швидкий механізм складання з окремих модулів фонду різних варіантів програм для конкретних розрахунків. Таким засобом є пакет прикладних програм.

Пакет прикладних програм, який орієнтований на аналіз тепломасообмінного режиму будівлі, складаються з трьох основних частин: препроцесора, обчислювача і постпроцесора. Зв'язок між програмами здійснюється за допомогою стандартизованих потоків даних (файлів).

Препроцесор призначений для достовірного візуального введення і редагування інформації як геометричного і теплофізичного характеру, так і визначаючого тепломасообмінний процес. Обчислювач за первинними даними, одержаними з препроцесора, автоматично формує алгоритм і програму з внутрішніх модулів пакету для розв'язування конкретної задачі з аналізу тепломасообмінного процесу в будівлі чи її елементі.

Модуляризація здійснюється шляхом побудови розрахункової структури будівлі і об'єктно-орієнтованого підходу до аналізу предметної області.

Житловий будинок подається у вигляді дерева, найнижчим рівнем якої є елементарний елемент (складові захисної конструкції і скінчені частини пароповітряної суміші: кімната, частина сходів, частина горища, частина підвалу). Деякі елементи в конкретному будинку можуть бути відсутніми.

Така структура дозволяє розглядати з єдиних позицій будь-який будинок, а взаємозв'язаний і взаємообумовлений тепловий режим у всьому будинку зводити до теплового режиму в елементарних елементах, узгоджуючи їх відповідними крайовими умовами.

За технологію об'єктно-орієнтованої розробки прикладної програмної системи нами використовується методологія ОМТ (Object Modeling Techniques) [3]. В технології ОМТ проектувана програмна система моделюється трьома взаємопов'язаними моделями: функціональною моделлю; динамічною моделлю; об'єктною моделлю.

Реалізація функціональної моделі аналізу тепловтрат у рамках об'єктно-орієнтованого проектування в будівлі зводиться до таких кроків: визначення теплонадходження за рахунок променевого випромінювання і конвекції, передача результатів у блок для розв'язування задачі про конвективний теплообмін; розв'язування задачі про конвективний теплообмін, передача

результатів у блок для розв'язування задачі про тепловтрати за рахунок теплопровідності через елементи, які подають захисну конструкцію; визначення тепловтрат через захисну конструкцію.

У загальному випадку модель системи теплового процесу в будівлі складається з таких елементів: зовнішнє середовище (ЗС); елемент огорожувальної конструкції (ОК); пароповітряної простір (ПП); система опалення (СОП); система освітлення (СОС); сонячна радіація (СР); люди (Л).

Згідно з ідеологією об'єктно-орієнтованого моделювання всі елементарні елементи моделі типізовані, тобто відносяться до певного класу і кожний елемент моделі подається об'єктом відповідного класу. Клас визначає інформаційну структуру елемента моделі і містить набір функцій (методів), що визначають еволюцію його стану. При цьому структура міжелементних взаємодій подається у відповідних класах у вигляді списків аргументів функцій – членів класу.

У технології ОМТ динамічна модель проектного пакету прикладних програм описує роботу окремих частин цієї системи. У нашому випадку – це окремі модулі, які подають методи аналізу теплопровідності, конвективного теплообміну і променевого випромінювання.

Елементи огорожувальної конструкції (зовнішні стіни, вікна, двері, підлога) часто є багатошаровими. Кожний шар має різні товщини і різні теплофізичні характеристики. При чому деякі шари можуть бути досить тонкими. Вважається, що в елементі огорожувальної конструкції спостерігається тривимірний нестационарний тепловий процес. За метод розрахунку використовується модифікований метод скінчених елементів. Модифікація стосується поділу скінчених елементів на однорідні і неоднорідні. Однорідні елементи мають правильну геометричну форму (прямокутний паралелепіпед) із направляючими, паралельними осям координат, і однорідний склад. Неоднорідні елементи – це елементи, що містять тонкі шари, на межах яких коефіцієнт теплопровідності суттєво змінюється. Функції форми для однорідних елементів відшукуються у вигляді трилінійних функцій. Для неоднорідних елементів за умови, що коефіцієнт теплопровідності є кусково-сталим і шукана функція форми змінюється тільки в напрямку, перпендикулярному тонкого шару, функція форми вибирається кусково-лінійною і знаходиться з умови відтворення точного розв'язку одновимірного рівняння теплопровідності в скінченому елементі. Зазначений метод докладно описаний у роботі [4].

Конвективний теплообмін розглядається в наближенні нестационарного тривимірного турбулентного потоку двохкомпонентної пароповітряної суміші при наявності в елементарному елементі внутрішніх джерел і стоків маси, імпульсу та енергії. Моделювання турбулентності виконується на основі SST-моделі Ментера [5]. Для чисельної реалізації задачі про конвективний тепломасообмін використовується метод скінчених об'ємів [6]. Окремим випадком зазначеного методу є квазістационарна модель. Зазначений метод докладно описаний в роботі [7].

Надходження тепла від систем опалення і освітлення, сонячної радіації і людей моделюється точковими, поверхневими і об'ємними джерелами тепла. При чому враховується надходження тепла за рахунок конвекції і теплового випромінювання. Інтенсивності цих джерел знаходяться з використанням відомих методик [8, 9].

Дані, одержані в результаті розрахунків, передаються в постпроцесор, який виконує їх подальшу обробку. Постпроцесор дозволяє подати властивості досліджуваного процесу у потрібному вигляді.

### Список використаних джерел:

1. Ершов А. П., Ильин В. П. Пакеты программ – технология решения прикладных задач. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1978.
2. Пакеты прикладных программ: программное обеспечение вычислительного эксперимента. Самарский А.А. (Ред.) М.: Наука. 1987. – 150 с.
3. Booch, G. Object-oriented analysis and design [Текст] / G. Booch // Addison-Wesley Publishing Company. – 2007. – 534 p.
4. Куценко О. С., Зацеркляний Г.А. Моделювання теплообміну через огорожувальні поверхні будівлі. Вісник НТУ «ХПІ». 2013. № 42 (948).
5. Menter F.R. Two–Equation Eddy–Viscosity Turbulence Models for Engineering Applications // AIAA J. – 1994. – 32, № 8. – P. 1598-1605.
6. Анিকেєв А.А., Молчанов А.М., Янышев Д.С. Основы вычислительного теплообмена и гидродинамики. Учебное пособие.
7. Єрохін А.Л., Зацеркляний Г.А. Інформаційна технологія аналізу конвективного теплообміну в приміщенні будівлі. Системи обробки інформації. 2016. № 9(146), с. 187-192.
8. Weitzmann P. Modelling building integrated heating and cooling systems / P. Weitzmann // Danmarks tekniske universitet. – 2004. – 239 P.
9. Львовский И.Б. Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения [Текст] / И.Б. Львовский, Б.В. Баркалов – М. – 1993. – С. 32.

**Кульбашна Н.І.**

*старший викладач,*

*Харківський національний університет міського господарства*

*імені О.М. Бекетова*

## ВПЛИВ ДОРОЖНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ПОКАЗНИКИ РОБОТИ СЕРЦЯ ВОДІЯ

Для ефективного функціонування підсистеми «водій – середовище руху» необхідно забезпечити сумісність характеристик середовища руху і водія. Для характеристики оцінки сумісності використовують відносну організацію взаємодії водія з дорожнім середовищем (ДС), яку визначають за формулою Г. Ферстера [1; 2]:

$$R = 1 - \frac{H}{H_m}, \quad (1)$$