

УДК 004.942

## **МОДЕЛЮВАННЯ ТА АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ МІЖ КОМПОНЕНТАМИ ГЕТЕРОГЕННИХ СЕРЕДОВИЩ**

*О.С. Савельєва, А.В. Торопенко, О.Ю. Лебедєва, О.В. Торопенко*

*Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса, пр-т Шевченка, 1  
stanovsky@mail.ru*

Будь-яке автоматизоване проектування процесів поверхневого тепломасообміну вимагає використання математичних моделей, які відбивають залежність продуктивності такого процесу в цілому від геометричних параметрів поверхні обміну, в першу чергу, її площі. До таких моделей, зокрема, відносяться моделі теплообміну в кожухотрубчастих теплообмінниках, масообміну в насадочних скруберах, тепломасообміну в гетерогенних потоках та при нанесенні різноманітних покриттів, тощо.

Наразі для цього використовуються відомі аналітичні (неперервні) моделі, які безпосередньо впливають з фізичних законів, і які, на жаль, більш менш адекватно описують лише «ідеальний» обмін. Крім того, в таких моделях завжди міститься деякий коефіцієнт пропорційності (коефіцієнт тепловіддачі, масовіддачі, і т.п.), який для «ідеального» випадку вважається сталим (довідковим), але насправді залежить від мінливих геометрії поверхні, її температури і концентрації, гідравлічного стану рідких компонентів біля неї (ламінарний, турбулентний), а отже, має нелінійний та стохастичний характер. Тому в реальних процесах обміну згадана залежність суттєво відрізняється від ідеальної, що відбивається, в першу чергу, на якості моделювання.

В цих умовах проектувальники, бажаючи задовольнити головну вимогу замовника, – задану граничну продуктивність процесу, змушені завищувати його ресурсомісткість, погіршуючи його техніко-економічні характеристики.

Спроба створити такі неперервні моделі, які могли б враховувати перелічені нелінійності, лише суттєво ускладнює їх, не роблячи більш якісними з точки зору точності моделювання. Більш того, саме наявність двох лише дуже приблизно відомих параметрів, які входять до існуючих моделей, – площі поверхні та коефіцієнту віддачі – заважає ефективному використанню експерименту для їхньої верифікації, такий експеримент лише підкреслює неприпустимо велику середньостатистичну похибку результатів розрахунків, що також свідчить про низьку якість використовуваних для цього моделей.

Тому створення призначених для САПР процесів та апаратів дискретних моделей тепломасообміну крізь поверхню, які на кожній ітерації моделювання корегують значення площі поверхні та коефіцієнтів віддачі із комплексом методів їх експериментальної верифікації, є досить актуальним.

Метою роботи є створення для потреб САПР тепломасообмінників якісних (із меншим значенням середньоквадратичної похибки, ніж у відомих) моделей процесів тепломасообміну та методів їхньої верифікації і на цій основі зниження ресурсомісткості апаратів, призначених для практичної реалізації таких процесів. Для досягнення цієї мети були вирішені наступні задачі:

- проаналізовані існуючі проблеми і методи математичного моделювання і аналізу процесів тепломасообміну між компонентами гетерогенних середовищ та їхній вплив на якість моделювання та ефективність проектування в САПР;
- розроблено метод автоматизованого проектування процесів та апаратів для тепломасообміну між компонентами гетерогенних середовищ із використанням приведеної площі обміну;
- розроблені дискретні моделі для розрахунків параметрів технології тепломасообмінних процесів в САПР;
- розроблені методи верифікації моделей для розрахунків параметрів технології тепломасообмінних процесів в САПР підтверджено більш високу якість запропонованих моделей у порівнянні із існуючими;
- створена комбінована (САПР-Т і САПР-К) система автоматизованого проектування технології і обладнання для тепломасообміну «HEATEX»;
- виконана практична оцінка САПР «HEATEX» на хімічному та металургійному підприємствах при проектуванні екологічного захисту навколишнього середовища із позитивним технічним ефектом як для процесу, так і для об'єктів автоматизованого проектування.

Для практичного підтвердження на виробництві ефективності розроблених моделей та методів автоматизованого проектування були застосовані лабораторні стенди і виробничі потужності кафедри нафтогазового та хімічного машинобудування Одеського національного політехнічного університету, ТОВ «Миколаївський глиноземний завод», а також ДП «Інженерний виробничо-науковий центр лиття під тиском», м. Одеса. На базі розроблених моделей і запропонованих методів створена САПР-Т тепломасообміну «HEATEX».

В ТОВ «Миколаївський глиноземний завод» проведені випробування САПР тепломасообмінних процесів і апаратів «HEATEX». В якості об'єкта автоматизованого проектування використовували насадочний скрубєр для очищення газів, що викидаються після печей для спікання в навколишнє середовище, від шкідливих домішок типу фтористого водню, діоксиду сірки і оксиду вуглецю. В результаті випробувань встановлено, що використання згаданої вище САПР тепломасообмінних процесів і апаратів «HEATEX» дозволило підвищити продуктивність проектного насадочного скрубєра на 14,5% щодо скрубєра-прототипу моделі СДК 1,2-2-01 при збереженні вихідних габаритів останнього і знизити строки проектування, у середньому, на 25%.

В ДП «Інженерний виробничо-науковий центр лиття під тиском» (ІЦ ЛПТ) проведені випробування САПР тепломасообмінних процесів і апаратів «HEATEX». Як об'єкт автоматизованого проектування використовували насадочний скрубєр для очищення газів, що викидаються з цеху в навколишнє середовище від шкідливих домішок типу фтористого водню, діоксиду сірки і оксиду вуглецю. В результаті випробувань встановлено, що використання згаданої вище САПР тепломасообмінних процесів і апаратів «HEATEX» дозволило підвищити продуктивність проектного насадочного скрубєра на 17% щодо скрубєра-прототипу моделі СДК 1,2-2-01 при збереженні вихідних габаритів останнього і знизити строки проектування на 31,2 %.