

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗГІННИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТУ

Теплообмінні апарати займають важливе місце в хімічному виробництві та теплотехніці, що пов'язано з необхідністю забезпечення ефективного теплообміну при різноманітних умовах роботи. Постійне вдосконалення конструкцій і технологій таких апаратів спричиняє зростання вимог до математичного моделювання їх динамічних процесів. Вивчення динаміки теплообмінних апаратів висвітлене у науковій та навчальній літературі, проте існуючі математичні моделі часто не дають повної інформації для проектування сучасних систем автоматизованого керування (АСУ). У дослідженнях [3] і [4] були запропоновані нелінійні моделі для опису процесів теплообміну, проте в цих роботах не розглянуто вплив навантаження та транспортних затримок, що є важливими для забезпечення стабільної роботи АСУ.

Метою даної роботи є розробка лінійної зосередженої математичної моделі динамічних процесів теплообмінного апарату, яка дозволить підвищити якість регулювання температури продукту в технологічному процесі та забезпечити задані параметри якості автоматизованих систем управління під час зміни навантаження та зовнішніх впливів.

Теплообмінні апарати призначені для підігріву або охолодження продукту шляхом передачі тепла між теплоносієм та продуктом. Конструктивна схема теплообмінного апарату включає два основні потоки: продукт з температурою ТПІ та теплоносій з температурою ТТІ, які протікають через теплообмінні трубки, розділені перегородками. Це забезпечує ефективний теплообмін, оскільки тепло передається через стінки трубок з високим коефіцієнтом теплопровідності. У даній роботі було використано модель зосереджених параметрів, яка описується звичайними диференціальними рівняннями, що дозволяє спростити аналіз процесів, зокрема врахувати зміни температури теплоносія та продукту у часі. Модель передбачає, що температура теплоносія та продукту однакова в кожній точці відповідної порожнини апарату, що відповідає ідеальному перемішуванню. Крім того, передбачається відсутність теплових втрат у навколишнє середовище і незначність теплоємності матеріалу стінок.

Розглянуто два основних об'єми теплообмінного апарату: порожнина продукту, що підігрівається, і порожнина теплоносія. Час транспортного запізнення в кожній порожнині визначається часом перебування елементарної частки в об'ємі апарату, що відповідає ідеальному витісненню. Для аналізу кількості теплоти, яку отримує продукт, було використано рівняння енергетичного балансу, яке враховує зміну температури продукту за час dt . Перехідні процеси теплообміну були моделювані за допомогою структурно-динамічної схеми апарату в середовищі VisSim, що дозволяє візуалізувати та аналізувати динамічні характеристики.

Розроблена модель дозволяє прогнозувати зміну температури продукту та теплоносія при різних режимах роботи теплообмінного апарату, зокрема при ступінчастій зміні витрати теплоносія. Зміни температури продукту та теплоносія внаслідок цієї зміни витрати демонструють типову розгінну характеристику для теплообмінних апаратів, що відповідає фізичним уявленням і попереднім дослідженням [2]. Врахування транспортного запізнення в моделях дозволяє отримати точнішу картину динаміки процесу теплообміну, що важливо для налаштування систем автоматизованого керування.

Структурно-динамічна схема теплообмінного апарату в середовищі VisSim продемонструвала свою ефективність для моделювання та синтезу систем управління, що здатні підтримувати оптимальні температурні режими в процесі теплообміну при змінах навантаження. Результати моделювання відповідають фізичним уявленням про процеси теплообміну, зокрема щодо впливу витрат теплоносія на температуру продукту на виході.

Список використаних джерел:

1. Касаткіна А. Г. Основні процеси та апарати хімічної технології: посібник з проектування / А. Г. Касаткіна. – М.: Хімія, 1973.
2. Ліпатов Л.М. Типові процеси хімічної технології, як об'єкти управління / Л.М. Ліпатов. – М.: Хімія, 1973.
3. Чернишов Н.М. Математичний опис процесу теплообміну у протиточних теплообмінних апаратах / Н.М. Чернишов, В.В. Турупалов, А.А. Прядко. – Донецьк: ДонНТУ, 2011.
4. Гаврилів В. І., Король О. С., Зімоха І. О. Математичні моделі теплообміну в елементах турбогенераторів // Український журнал інформаційних технологій, 2022.
5. Муравйова Є.А. Розробка системи адаптивного нечіткого керування пластинчастими теплообмінниками // Вісник ПНДПУ. 2020. № 4.
6. Офіційний сайт компанії Visual Solution Inc. – Режим доступу: <http://www.vissim.com>