

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Бабенка Володимира Миколайовича на тему «Закономірності гідродинаміки і масообміну в процесах ректифікації суміші розчинників на новому контактному пристрої» поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальності 05.17.08 - Процеси та обладнання хімічної технології

Актуальність теми

Розроблення високоефективних контактних пристроїв для масообмінного обладнання є перспективним напрямком вдосконалення виробництва, поліпшення якості продукції, зменшення її собівартості, раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього середовища. Саме тому можна впевнено зазначити, що тема дисертаційної роботи, яка спрямована на дослідження гідродинаміки і масообміну в процесах ректифікації на новому контактному пристрої, є актуальною як з наукової так і з практичної точки зору. Це також підтверджується тим, що тема дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки й техніки, визначеними Верховною Радою України.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі

Вивчення основних гідродинамічних та масообмінних характеристик процесу автор виконує ґрунтуючись на результатах попередніх досліджень. Автором опрацьовані вітчизняні й іноземні літературні джерела з обраного напрямку досліджень.

Установка для експериментального дослідження гідродинамічних характеристик контактних пристроїв дозволяє забезпечити необхідні умови для отримання якісних та достовірних результатів. Лабораторний стенд обладнаний необхідним для виконання відповідних вимірів комплектом засобів контролю технологічних параметрів.

Дослідження масообміну проводилося на промисловій ректифікаційній установці.

Проведені теоретичні дослідження ґрунтуються на класичних положеннях гідродинаміки суцільного середовища та масообміну в газорідних системах, що є обґрунтованим підходом і зменшує вірогідність системних помилок.

Аналіз отриманих дисертантом результатів досліджень підтверджує їх достатній науковий рівень і важливість для розвитку обладнання хімічних виробництв.

В процесі детального аналізу дисертаційної роботи не виявлено висновків та тверджень, що викликають принципові заперечення.

Достовірність результатів досліджень

В дисертаційній роботі для досягнення поставлених завдань використовувались теоретичні і експериментальні методи досліджень.

Виконання стандартних методик експериментальних досліджень дозволяє мінімізувати похибку, що може виникати при неповному врахуванні факторів. Але при цьому автор не надає інформації щодо точності отриманих результатів і це ускладнює аналіз експериментальних даних.

Важливим аргументом підтвердження достовірності отриманих результатів є дані експериментальних досліджень, виконаних в промислових умовах.

При опрацюванні результатів дисертаційної роботи не виникло сумнівів щодо достовірності отриманих результатів.

Наукова новизна роботи

Вивчення закономірностей гідродинаміки та масообміну в розробленому контактному пристрої дозволило дисертанту отримати важливі наукові результати.

Отримані залежності гідравлічного опору розробленого контактного пристрою від конструктивних характеристик та режимних параметрів процесу.

Отримано подальшого розвитку підхід дослідження масообмінних процесів з урахуванням фактору гідродинамічного стану системи.

Наукова новизна результатів та інтерес до них, підтверджується публікаціями у провідних фахових виданнях України, а також виступами на науково-технічних конференціях.

Оцінка висновків здобувача щодо значимості його праці для науки і практичного використання

Проведені дисертантом дослідження дозволили виявити напрями підвищення ефективності ректифікаційного обладнання.

За результатами дослідження автором захищено 1 деклараційний патент на винахід України, якими захищена конструкція регулярної насадки.

Отримані наукові результати представляють цінність з позиції їх продовження та можуть бути використані при вдосконаленні існуючого та проектуванні нового обладнання для проведення процесів ректифікації.

Результати досліджень здобувача впроваджені в навчальний процес НТУ «ХПІ», що підтверджено відповідним актом.

Практичну цінність отриманих результатів також підтверджує акт про впровадження результатів роботи на ПАО «ФАРМСТАНДАРТ-БИОЛЕК».

Щодо завершеності дисертації в цілому можна відзначити, що дисертація представляє собою завершену наукову працю, яка складається з вступу, п'яти розділів, висновків, 3 додатків на 14 сторінках, списку використаних джерел, що містить 155 найменувань на 17 сторінках. Загальний обсяг дисертації 149 сторінок, основний текст – 135 сторінок.

У **вступі** обґрунтовано актуальність роботи, показано її зв'язок з науковими програмами, визначено мету та завдання дослідження, сформульовано наукову новизну й практичну цінність роботи, надано інформацію про апробацію й публікації по темі дисертації.

Перший розділ «Область застосування масообмінних ректифікаційних апаратів» включає літературний огляд в якому наведено інформацію щодо типів контактних пристроїв ректифікаційних колон та особливостей організації процесу масопереносу в цих пристроях. При проведенні літературного огляду акцент зроблено на регулярних пакетних насадках, що зумовлено напрямом дослідження автора.

Автором проведений аналіз підходів щодо дослідження гідродинамічних характеристик регулярних насадок, результатів таких досліджень, а також загальних підходів щодо досліджень масопереносу в системах газ-рідина.

В результаті проведеного аналізу здобувач зазначає перспективність розроблення нового контактного пристрою з фіксованою поверхнею контакту фаз у вигляді плівки та необхідність широкого дослідження такого пристрою.

Другий розділ «Загальні методи та основні методики досліджень процесу ректифікації при поділу багатокомпонентних систем»

Підрозділ 2.1. «Гідродинамічні і масообмінні характеристики установок з регулярною насадкою» та **Підрозділ 2.2.** «Методи розрахунку коефіцієнтів масопередачі при ректифікації» по суті є продовженням літературного огляду з відповідних питань.

В **підрозділі 2.3** автор приділяє увагу розробленню аналітичної залежності, що дозволить прогнозувати масообмінні характеристики нових насадок без проведення експериментальних досліджень масообміну. В основі прогнозування масообмінних характеристик нової насадки є порівняння її геометричних та гідродинамічних характеристик з аналогічними характеристиками відомих насадок.

На стор. 57 автор зазначає, що для порівняння була прийнята стандартна плоскопаралельна насадка, найкраща з точки зору гідродинаміки. При цьому не зрозуміло за якими критеріями та за якими даними автор робить висновок, що ця насадка є найкращою.

Також автору бажано було б зазначити межі застосування отриманого рівняння (2.25).

В **підрозділі 2.4** наводяться конструктивні характеристики досліджуваних контактних елементів та рекомендації щодо їх виготовлення.

Третій розділ «Експериментальні дослідження на гідродинамічній масообмінній установці нових типів контактних елементів».

В розділі наведена схема експериментального стенду для дослідження гідродинамічних характеристик контактних пристроїв та її детальний опис, а також схема та розміри колони, на якій проводилися дослідження масообміну в напівпромислових умовах.

Наведена інформація щодо характеристик досліджуваних контактних пристроїв та варіантів їх розташування в колоні.

Дисертант досить лаконічно характеризує методики, що застосовувалися при експериментальних дослідженнях: «Вимірювання гідравлічного опору сухих і зрошуваних насадок проводилося за методикою [86]» (стор. 67); «вміст етанолу в газі визначався під час дослідів стандартними методами [97]» (стор. 73).

В розділі наведені результати експериментальних досліджень гідравлічного опору контактних пристроїв (табл. 3.1, рис. 3.2) та масообмінних характеристик.

При аналізі результатів експериментальних досліджень та отриманих висновків виникають певні труднощі, а саме:

- на стор. 68 автор зазначає, що в якості основного варіанту регулярної насадки вибрано пакет з розмірами гофри 2.75 мм. При цьому далі в розділі дослідження такої насадки відсутні, але наведені результати дослідження пакетів з розмірами гофри 1.6, 2.25, 2.5 та 3.0 мм. А висновки автор робить по відношенню до насадки з гофрами 2.75 мм;
- дослідження масообміну проводилося на пакетах насадки з висотою гофри 2.7, 2.75, 2.9 та 3.3 мм. Відмінність геометричних параметрів контактних пристроїв на яких проводилися дослідження гідродинаміки та масообміну також ускладнює аналіз наведених результатів.

За результатами опрацювання даних вимірів гідродинамічних характеристик автор робить наступні висновки (стор. 71):

- висота регулярної насадки, яка еквівалентна по ефективності плоскопаралельній, становить практично постійну величину $h_2=0,68$;
- при застосуванні регулярної комбінованої насадки, виготовленої з металотканої нержавіючої сітки з квадратною чарункою 0,4 на 0,4 мм і синусоїдальним профілем і висотою між вершинами пластин насадки прилеглих один до одного рядів 2,7 мм, розрахована висота насадки, яка відповідає одиниці переносу на 30-35% менше, ніж для відомої плоскопаралельної насадки.

Слід зазначити, що такі твердження важко сприймаються без експериментальних підтверджень, отриманих при дослідженні відповідних масообмінних характеристик, а в роботі такі експериментальні дані нажалі не наведені.

В цілому в розділі показано, що запропонована насадка має менший гідравлічний опір та більш високі масообмінні характеристики в порівнянні з плоскопаралельною.

Четвертий розділ «Математичне моделювання процесу розподілу гетерогенних сумішей».

Автор показує, що оцінку масообмінних характеристик контактного пристрою він виконує шляхом визначення висоти еквівалентної теоретичній

тарілці, наводить результати відповідних експериментальних досліджень та аналіз факторів, що впливають на протікання масообміну в досліджуваному апараті.

Автором, використовуючи метод поліноміальної апроксимації, отримано (стор 86, 87) емпіричні залежності питомої поверхні насадки від розміру гофри (4.19), а також залежність, що пов'язує питому поверхню насадки і висоту колони (4.20).

В розділі автором отримано залежність (4.30), що пов'язує питому поверхню насадки з режимно-технологічними факторами процесу. Автор стверджує, що ця залежність (посилаючись на формулу 4.31, яка є складовою 4.30) «орієнтована на оптимальне проектування нових колонних установок з насадками і модернізацію вже діючих». Також автор стверджує, що експериментально була перевірена адекватність зазначеної формули. При цьому похибка результатів не перевищували 5% [63]. Нажаль в роботі не наведені результати експериментальної перевірки зазначеної залежності, а літературне джерело, на яке посилається автор – це Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. М. Высшая школа. 1988.

П'ятий розділ «Вдосконалення та оптимізація установок для проведення процесу розподілу гетерогенних систем».

В розділі автор наводить графічні залежності питомої поверхні насадки від висоти гофри, гідравлічного опору апарату при різних навантаженнях по фазах та при різних температурах рідини, а також графічну залежність, що пов'язує питому поверхню насадки та висоту апарату. Наведені коментарі цих залежностей та рекомендації щодо організації процесу ректифікації в колонах з регулярною насадкою. Показано перспективність промислового застосування результатів дослідження та запропонованих рішень.

Оформлення дисертації відповідає вимогам ДСТУ 3008-95 “Документація. Звіти в області науки і техніки. Структура і правила оформлення”.

Повнота викладу основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях

Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 13 наукових працях, з них: 7 статей у наукових фахових виданнях України (1 - у науково-метричній базі), 1 деклараційний патент України на винахід, 5 - у матеріалах конференцій.

У цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Ідентичність змісту автореферату й основних положень дисертації

Зміст автореферату повністю відповідає розділам дисертації та її основним положенням.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Низька якість рисунків 1.1 та 1.2 та відсутність роз'яснень окремих позначень ускладнює сприйняття характеристик відповідних апаратів, які автор наводить в першому розділі роботи.

2. Автор виходячи з аналізу рівняння (2.1 на стор. 43) робить висновок (стор. 44), що коефіцієнт масовіддачі в газовій фазі безпосередньо не залежить від числа Рейнольдса для цієї фази при ламінарному режимі руху рідини. Не зрозуміло на якій підставі дисертант робить такий висновок, якщо врахувати, що рівняння (2.1) не містить коефіцієнту масовіддачі та було запропоновано В.В.Кафаровим для визначення лінійної швидкості пари в режимі інверсії фаз, при якому рух газової фази не є ламінарним.

3. При отриманні рівняння (2.25) автору бажано було б обґрунтувати правомірність прийняття однакового значення коефіцієнту A для різних контактних пристроїв та подальшого його скорочення.

4. Досліджуючи процес ректифікації автор неодноразово використовує термін «коефіцієнт абсорбції» - стор 55, 73, 75.

5. На стор. 73 зазначається, що за отриманими результатами вимірів автор розраховував коефіцієнт абсорбції, який визначався із загального рівняння масопередачі. При цьому автор використовує розмірність коефіцієнту масопередачі – $\text{кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{год} \cdot \text{Па})$ та розмірність середньої рушійної сили процесу – Па . Але не зрозуміло яку саме характеристику автор розглядав в якості рушійної сили процесу та яким чином її вимірював.

6. В роботі зустрічаються не коректні або, на мою думку, не зовсім вдалі посилання на літературні джерела:

- на сторінці 47 твердження: «Існує багато методів розрахунку коефіцієнтів масовіддачі при ректифікації [30]», автор підкріплює посиланням на літературне джерело - статтю «Моделирование и расчет вентиляторной градирни с проволочной насадкой и капельным орошением»;

- на сторінці 50 дисертант по тексту посилається на автора статті «Кінетика ректифікаційних бінарних систем» [49], при цьому в списку літератури під №49 значиться стаття: «О повышении предельно допустимых нагрузок ...»;

- на стор. 52 не коректне посилання В.М.Рамм [93]. Очевидно, повинно бути посилання на джерело № 91 чи 92;

- на стор. 55 наведене посилання на Кафарова В.В. [58]. Під № 58 в списку літератури значиться Лаврова І.О. Вибір насадочних елементів для абсорбції бензольних вуглеводнів на основі математичної моделі.

7. На сторінці 108 автор надає роз'яснення, що залежність (4.20) дозволяє визначити необхідну питому поверхню насадки «у» для досягнення заданого ступеню поділу двокомпонентної суміші при ректифікації при заданій висоті насадочного шару «х». Однак залишається не зрозумілим, що мається на увазі під терміном «для досягнення заданого ступеню поділу» і як в зазначеному рівнянні враховується ступінь поділу.

8. В роботі зустрічається використання розмірностей з відхиленням від системи СІ. Наприклад: $\text{кг}/\text{год}$, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$, мм . вод. ст.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Бабенка Володимира Миколайовича «Закономірності гідродинаміки і масообміну в процесах ректифікації суміші розчинників на новому контактному пристрої» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.17.08 — процеси та обладнання хімічної технології.

В цілому дисертація справляє позитивне враження та наведені зауваження не знижують загальної науково-практичної цінності роботи.

Дисертаційна робота Бабенка В.М. є закінченою науково-дослідною роботою, вона виконана на актуальну тему, містить нові науково обґрунтовані результати, отримані особисто здобувачем, які мають наукову і практичну цінність, повністю відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника» та іншим вимогам Міністерства освіти і науки України щодо кандидатських дисертацій, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.17.08 — процеси та обладнання хімічної технології.

Офіційний опонент

доцент кафедри прикладної екології
кандидат технічних наук, доцент
Сумського державного університету



Д.О. Лазненко

Підпис кандидата технічних наук,
доцента кафедри прикладної екології
СумДУ, Лазненко Дмитра Олексійовича
засвідчую:

вчений секретар Вченої ради, доцент

А.І. Рубан