

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

### ШАБРАЦЬКОГО СЕРГІЯ ВОЛОДИМИРОВИЧА

«Гідродинаміка газорідинних систем в реакторах з самоусмоктуючими  
перемішуючими пристроями»,

яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних  
наук

зі спеціальності 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

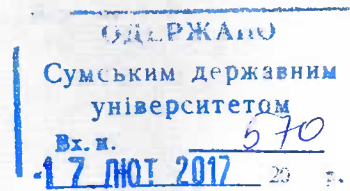
Дисертаційна робота Шабрацького С.В. складається з вступу, основної частини (п'яти розділів), висновків, списку використаних джерел літератури (154 найменувань) та додатків.

Зміст основної частини викладений на 147 сторінках друкованого тексту, містить 4 таблиці по тексту і 16 таблиць в додатках, 50 рисунків і фото. Загальний обсяг дисертації становить 205 сторінок.

Автореферат дисертації з достатньою повнотою відображує її зміст.

#### 1 Актуальність теми дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Шабрацького С.В. присвячена одному з актуальних питань сучасної технології: дослідженню гідродинаміки процесу перемішування газорідинних середовищ в апаратах об'ємного типу з перемішуючими пристроями. На теперішній час кількість наукових публікацій з гідродинаміки газорідинних апаратів з самоусмоктуючими перемішуючими пристроями залишається вельми обмежена. Тому вирішення цієї проблеми та розробка на її основі алгоритму розрахунку самоусмоктуючих мішалок дозволить впровадженню апаратів об'ємного типу з самоусмоктуючими мішалками в технологічні виробництва хімічної та нафтопереробної промисловості, що обумовлює актуальність теми роботи.





Актуальність проведених досліджень підтверджується їх зв'язком з науковим напрямком кафедри процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв Сумського державного університету і є складовою частиною державної бюджетної науково-дослідної роботи «Дослідження гідродинаміки та процесів теплообміну в апаратах з дисперсною фазою».

**Важливість** роботи полягає в тому, що її автор Шабрацький Сергій Володимирович за допомогою системних досліджень з гідродинаміки, газовмісту, а також впливу газовмісту на потужність перемішування дозволив розробити алгоритм розрахунку апаратів об'ємного типу з самоусмоктуючими мішалками.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше були отримані аналітичні залежності коефіцієнту опору порожнистих лопатей від кута нахилу лопаті відносно площини обертання мішалки, рівняння з визначення насосної продуктивності мішалки по газовій фазі та рідині в залежності від розташування ежекційної перегородки та витрат потужності на перемішування в апаратах об'ємного типу.

Робота відповідає паспорту спеціальності 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології.

## **2 Ступінь обґрунтованості наукових положень в дисертації, їх достовірність і новизна**

Обґрунтованість наукових положень та висновків в дисертаційній роботі, їх достовірність і новизна забезпечуються:

- якісним аналізом існуючої на сьогодні інформації зі сфери дослідження;

- використанням комплексу апробованих гідродинамічних методів для вивчення закономірностей процесу перемішування газорідного середовища, встановлення емпіричних рівнянь;



- якісним проведенням експериментів - похибки експериментів визначались методом математичної статистики;

- коректним використанням комп'ютерних програм для отримання аналітичних залежностей та рівнянь по визначенню продуктивності самоусмоктуючих мішалок та витрат потужності на перемішування газорідних систем.

### **Наукова новизна роботи, практична цінність**

За результатами теоретичних і експериментальних досліджень на лабораторному стенді апарату об'ємного типу з самоусмоктуючими мішалками отримано:

- фізико-математичну модель усмоктування газової фази в апаратах об'ємного типу за допомогою самоусмоктуючих мішалок;

- аналітичні рівняння з визначення коефіцієнту опору порожнистої плоскої лопаті від діаметру мішалки та кута нахилу лопаті відносно площі обертання і рівняння по визначенню початкової частоти обертання мішалки;

- аналітичні рівняння з визначення насосної продуктивності самоусмоктуючої ежекційної мішалки по газовій фазі та рідині залежно від розташування ежекційної перегородки;

- аналітичні рівняння по визначенню витрат потужності самоусмоктуючих ежекційних мішалок від особливостей внутрішніх пристроїв в апаратах об'ємного типу і газовмісту перемішуемого середовища;

- рекомендовані нові конструкції самоусмоктуючих ежекційних мішалок для газорідних апаратів, які захищені патентами України.

### **3. Аналіз змісту дисертаційної роботи**

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, відображено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості про апробацію результатів роботи та публікації. Визначено особистий внесок



здобувача у наукові праці, які опубліковано у співавторстві.

**У першому розділі** (літературний огляд) проведений детальний аналіз літературних джерел стосовно гідродинаміки газорідинного середовища в апаратах об'ємного типу з перемішувальними пристроями.

Розглянуто основні переваги і недоліки апаратів об'ємного типу з перемішувальними пристроями, що використовуються для проведення газорідинних реакцій, та їх перспективу щодо використання в промисловості. Обґрунтовано вибір напрямку досліджень. Сформульовано мету і основні завдання дисертаційної роботи та зроблено висновок про їх теоретичне і практичне значення.

Список використаних літературних джерел достатньо різноманітний, обґрунтований, повно відображає напрямок дослідження. Літературні посилання оформлені у відповідності до рекомендацій ДАК.

**В другому розділі** (експериментальна установка та методи досліджень) описані конструкції експериментальних стендів, схема лабораторної установки та конструкції лабораторних моделей апарату об'ємного типу і самоусмоктуючих мішалок та представлений їх діапазон параметрів, що використовувався при проведенні експериментів.

Наведені методики досліджень: насосної продуктивності самоусмоктуючих мішалок, середнього та локального газовмісту та потужності, що витрачається на перемішування газорідинного середовища в апаратах об'ємного типу з самоусмоктуючими мішалками. Наприкінці розділу описані методи математичної статистики, які використовувалися під час проведення експериментів.

**У третьому розділі** (механізм усмоктування газового потоку самоусмоктуючими мішалками) розглянута фізична модель усмоктування газової фази на основі енергетичного балансу, що виникає в апараті під час обертання самоусмоктуючої мішалки. У цьому розділі автором детально описані режими роботи і механізм енергетичного стану рідини, що



знаходиться в апараті та порожнистому валу з самоусмоктуючою мішалкою в залежності від частоти обертання мішалки.

Для вирішення поставленої задачі автором спочатку були проведені випробування по визначенню початкової частоти обертання мішалки в залежності від діаметру мішалки, глибини занурення, в'язкості рідини та форми поперечного перетину порожнистої лопаті. Результати досліджень систематизовані автором у таблиці та представлені у вигляді графічних залежностей.

На другій стадії одержані емпіричні формули для визначення коефіцієнту опору самоусмоктуючих мішалок з плоскими порожнистими лопатями в залежності від діаметру, динамічної в'язкості та кута нахилу лопаті. Наведена емпірична формула для розрахунку початкової частоти обертання самоусмоктуючої мішалки в залежності від глибини занурення і діаметру. Під час випробування автором одночасно проводилися заміри продуктивності самоусмоктуючих мішалок по газовій фазі та рідині в залежності від співвідношення розташування ежекційної перегородки та кута скосу вхідної кромки в порожнисту лопать, одержані дані було систематизовано у формі таблиць і графічних залежностей, проведені порівняння отриманих характеристик в залежності від форми лобової частини порожнистої лопаті. Зокрема, шляхом порівняння продуктивності по газовій фазі в режимі усмоктування автор доводить, що продуктивність самоусмоктуючих мішалок, які мають скіс вхідної кромки в порожнисту лопать, значно вища ніж у мішалок без будь яких змін вхідної кромки, в той же час внутрішні зміни не впливають на коефіцієнт опору мішалки.

Це відкриває нові можливості практичного використання самоусмоктуючих ежекційних мішалок без зміни основних параметрів роботи і їх геометричних розмірів.

Наприкінці розділу автор наводить розрахункові рівняння, які дозволяють проводити розрахунки продуктивності самоусмоктуючих мішалок по газовій фазі та рідині одночасно в залежності від відносного



розташування ежекційної перегородки. Ці рівняння можна використовувати для попередніх розрахунків газорідних процесів з використанням швидких реакцій з метою визначення подачі вхідних реагентів.

Структура розділу побудована логічно, а наведені результати випробувань та емпіричні рівняння є зрозумілими і послідовними.

У четвертому розділі розглянуто дослідження середнього газовмісту та вплив його на перемішування в апараті об'ємного типу в залежності від геометричних параметрів самоусмоктуючої мішалки. Розглянуто розподіл питомого локального газовмісту робочого середовища в вертикальному перетині апарату і проведено дослідження залежності середнього газовмісту від локального газовмісту на радіусі мішалки. Автор приводить графічні залежності і фото бульбашок при різних швидкостях обертання мішалки, середнього газовмісту від локального газовмісту на радіусі мішалки. Також проведені випробування по визначенню впливу середнього газовмісту на перемішування газорідного середовища в апараті з трьома відбійними перегородками і статором. Результати досліджень систематизовані автором у таблиці та представлені у вигляді графічних залежностей. Отримані експериментальні дані випробувань самоусмоктуючої ежекційної мішалки з плоскою порожнистою лопатю були опрацьовані у вигляді емпіричних рівнянь для визначення потужності на перемішування газорідного середовища в апаратах з трьома відбійними перегородками і статором.

У п'ятому розділі приведений алгоритм інженерного розрахунку апаратів об'ємного типу з самоусмоктуючою ежекційною мішалкою.

Створений алгоритм розрахунку та рекомендації щодо вибору та розрахунку апаратів об'ємного типу з самоусмоктуючими ежекційними мішалками на базі отриманих емпіричних рівнянь по продуктивності газової фази та рідини в режимі усмоктування, середнього газовмісту та потужності на перемішування газорідного середовища.



**Загальні висновки** містять основні результати проведених досліджень. Повнота викладеного в дисертації матеріалу є в опублікованих наукових працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи опубліковано в 8 наукових статтях у фахових виданнях України, з них 2 статті у закордонних виданнях, 4 – у фахових виданнях, які внесені до міжнародних наукометричних баз даних та 8 збірниках матеріалів міжнародних і всеукраїнських наукових конференцій, 5 патентах України на корисну модель. Оформлення рукопису дисертації та автореферату відповідає вимогам ДАК України до дисертацій та авторефератів дисертацій. Зміст автореферату і рукопису дисертації та опублікованих наукових праць загалом узгоджений.

## **5. Зауваження до роботи**

1. Загальне зауваження. Стилю автора не вистачає лапідарності, багато другорядних моментів висвітлені занадто детально. В огляді літератури автор приводить опис значної кількості авторських свідоцтв опублікованих в другій половині минулого століття, у більшості випадків автор використовує аналіз гідродинаміки газорідного середовища по наукових працях, опублікованих більше ніж за десять років.

2. Автор не надав уваги певному узагальненню давніх літературних матеріалів з теперішніми, можливо шляхом групування у таблицях. Це дозволило б краще структурувати матеріал і покращити якість розуміння.

3. Автор детально описав методики дослідження, використовуючи додаткові прилади, наприклад, газовий лічильник ГСП-400, але не вказав його характеристики.

4. На стор. 52, у висловлюванні, «Поява новітніх вдосконалених розробок реакторів з самоусмоктуючими ежекційними мішалками...», доцільно було б надати посилання на відповідну літературу.



5. На стор. 70 на рисунку 3.7 – зміни перепаду тиску на виході з порожнистої лопаті добутки  $n_0^2 d^2$ ,  $n^2 d^2 (1-\varphi)$ ,  $n^2 d^2$  автору слід було ставити  $n_0^2 d_M^2$ ,  $n^2 d_M^2 (1-\varphi)$ ,  $n^2 d_M^2$ , також на рисунках 3.9 і 3.10 при означенні діаметру мішалки  $d$  також необхідно ставити  $d_M$ .

6. На стор. 100 рисунок 3.23 необхідно було б більш детально описати признаки графічних залежностей.

7. На стор. 122 після формули 4.9 немає пояснення складових частин рівняння, на стор. 124 у формулі 4.14 необхідно позначати  $d_M$ .

8. В розділі 5 допущені орфографічні помилки.

Зазначені зауваження не носять принципового характеру, не впливають на вірність отримання та інтерпретації результатів і не зменшують важливості роботи. Більшість з зауважень слід розглядати, як побажання автору у його подальшій науковій роботі.

В цілому, дисертаційна робота, яка виконана на сучасному науковому рівні, характеризується чіткістю вирішення поставлених цілей і завдань та є важливою з точки зору розвитку сучасних технологій в хімічній та нафтопереробній промисловостях.

Наукові положення, висновки, та рекомендації, що сформульовані в дисертаційній роботі, теоретично обґрунтовані і підтверджуються результатами сучасних експериментальних і теоретичних досліджень. Наведені публікації у провідних фахових виданнях повністю відображають основні результати роботи. Дисертація оформлена акуратно, без помилок, відповідає вимогам ДАК МОН України до кандидатських дисертацій. Автореферат відображає основні положення дисертації та адекватно розкриває її зміст.

Таким чином, дисертація Шабрацького С. В. є самостійно виконаною, завершеною науково-дослідною роботою, в якій отримано науково обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати, які в сукупності є значним досягненням для розвитку наукового напрямку – «Дослідження гідродинаміки та процесів теплообміну в апаратах з дисперсною фазою» і



мають велике прикладне значення для хімічної та нафтопереробної промисловості України, а її автор – Шабрацький Сергій Володимирович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.17.08 – процеси та обладнання хімічної технології

Офіційний опонент:

Доцент кафедри «Обладнання хімічних підприємств»

Східноукраїнського національного

університету ім. Володимира Даля,

кандидат технічних наук, доцент

Тараненко Г.В.

Підпис доцента Тараненко Г.В. завіряю

Нач. відділу кадрів СНУ

Літвінова Л.М.

