

УДК 66.074.327(043)

*Є. В. МАНОЙЛО*, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХП»;  
*Д. Б. ЩЕРБИНА*, студент, НТУ «ХП»

## ГІДРОДИНАМІКА У АПАРАТІ З ВІДЦЕНТРОВИМ ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ

У статті описується конструкція, особливості гідродинаміки апарату з відцентрованим псевдозрідженим шаром та наводиться порівняння з промисловим абсорбером.

**Ключові слова:** відцентрований псевдозріджений шар, абсорбер, очищення, апарат, дисперсні матеріали.

**Вступ.** В даний час посилюються вимоги, що висуваються до вмісту шкідливих домішок в відведених газах від технологічного обладнання. Однак на сьогоднішній день багато промислових підприємств не обладнані ефективними установками для очищення газів, що відходять, а існуючі методи (гравітаційні, інерційні, електростатичні, фільтрація та ін), часто не задовольняють вимогам ефективності та економічності.

У зв'язку з цим, потрібна розробка та впровадження простих і надійних в експлуатації апаратів, що забезпечують активне уловлювання шкідливих домішок, що містяться в газових потоках. Серед таких апаратів значні перспективи мають пристрої з відцентровим псевдозрідженим шаром.

Тому розробка науково-технічних основ уловлювання шкідливих домішок в апаратах з відцентровим псевдозрідженим шаром повинна дозволити подолати розрив, що існував між теорією і практикою, і обґрунтовано підходити до вибору апаратурного оформлення та технологічного рішення систем газоочистки, що забезпечують ефективне уловлювання зважених часток і парів. Проведені дослідження базуються на фундаментальних роботах А.Г. Амеліна, Н.А. Фукса, В.Г. Левіча, С.С. Кутателадзе, М.А. Стиріковіча і Боева С.В.

**Аналіз літературних даних і постановка проблеми.** На сьогоднішній день відомостей з гідродинаміки в апаратах з відцентровим псевдозрідженим шаром недостатньо для розробки методики їх інженерного розрахунку. У зв'язку з цим стаття представляється актуальною.

**Мета і завдання дослідження.** Метою є проведення досліджень гідродинаміки у відцентровому псевдозрідженому шарі насадки та розробка на їх основі інженерних методів розрахунку апаратів для очищення газових викидів. Результати досліджень можуть бути використані в якості наукової основи для подальших розробок в області очищення промислових газів від шкідливих домішок.

**Експериментальні дані та їх обробка.** Для розробки методики розрахунку апарату з відцентровим псевдозрідженим шаром твердого дрібнодисперсного матеріалу необхідно експериментальне дослідження гідродинаміки в даному шарі, а так само механізму формування і механіки руху даного шару [1].

Апарат складається з циліндричного корпусу 1, в якому закріплена газорозподільна решітка 2. На решітці встановлено зрошувальний пристрій 3,

виконаний у вигляді конуса з отворами в нижній частині його твірної. Для підведення води

служить штуцер 4. Корпус апарату на рівні насадки має перфорацію 5 і закритий кожухом. Для відведення води служить штуцер 7. Подача повітря здійснюється аксіально вентилятором 15 через патрубок 8, а відведення через патрубок 9 і регулюється шиберами 11, 12, 13. В якості насадки служить дисперсний матеріал 10, розташований на газорозподільній решітці 2. Для зрошення насадки використовується вода з технічного водопроводу, витрата якої регулюється вентилем 14. Забруднена вода видаляється в каналізацію [2].

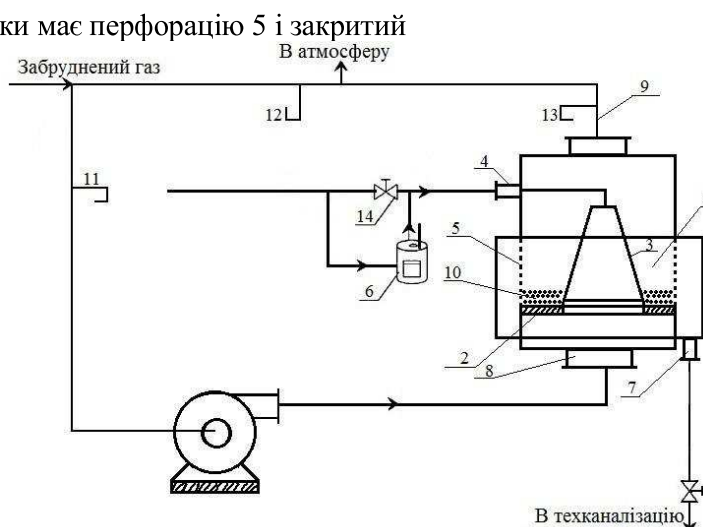


Рис. 1 - Принципова технологічна схема експериментальної установки

В якості насадки застосовувалися частинки з поліпропілену і поліетилену [3]. Основні параметри дисперсних матеріалів наведені в таблиці 1 [3].

Таблиця 1 – Параметри дисперсних матеріалів

№	Матеріал	Форма часток	d <sub>з</sub> , мм	ρ <sub>T</sub> , кг/м <sup>3</sup>	ε <sub>0</sub>
1	Поліпропілен	Неправильної форми	2,96	900	0,40
2	Поліетилен	Неправильної форми	3,2	780	0,40

Наявний обсяг інформації про ефективність очищення газів в апаратах з відцентровим псевдозрідженим шаром не дозволяє отримати аналітичних залежностей для визначення коефіцієнта очищення в даних апаратах. Тому для визначення цих залежностей необхідно виконати експериментальне дослідження процесу.

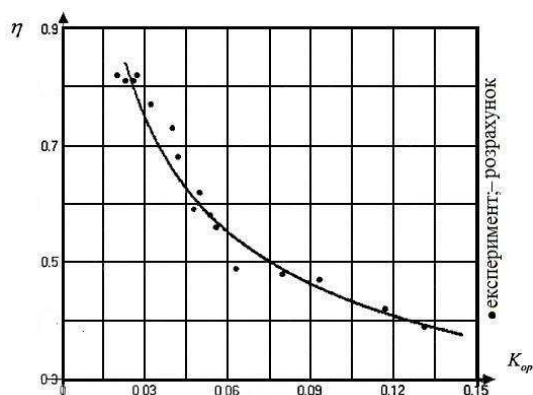


Рис. 2 - Залежність ефективності очищення від коефіцієнта зрошення

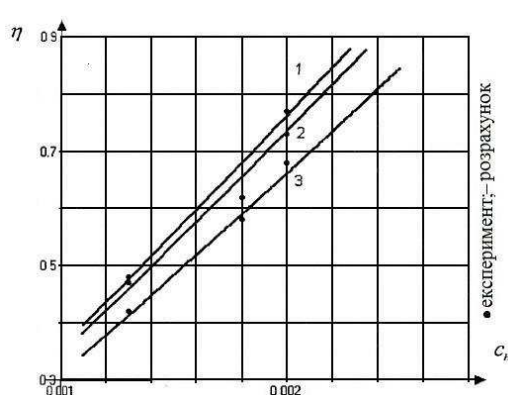


Рис. 3 - Залежність ефективності очищення від початкової концентрації парів

Дослідження проводилося на експериментальній установці, наведеної на рис. 1 за наступною методикою. Задавалися витрати води і газу, що очищається на вході в апарат. Визначалася початкова концентрація парів азотної кислоти в очищуваному газі на вході в апарат. Фіксувався перепад тиску на вході і на виході апарату. Визначалася кінцева концентрація парів кислоти на виході з апарату.

Апроксимація дослідних даних за коефіцієнтом очищення апарату проводилася методом найменших квадратів. В результаті апроксимації отримано критеріальне рівняння для розрахунку коефіцієнта очищення апарату:

$$\eta = 117,3(K_{op})^{-0,44} \cdot \left(\frac{H_M}{d_3}\right)^{0,18} \cdot C_H^{1,1} \quad (1)$$

Середньоквадратичне відхилення дослідних даних від розрахункових за формулою (1) не перевищує 11%.

Аналіз цих графіків 2 - 4 показує досить високий збіг експериментальних і розрахункових даних [4].

Експериментальне дослідження гідродинамічних характеристик апарату. В ході проведення дослідження встановлено, що на гідравлічний опір значно впливає маса насадки з дрібнодисперсного матеріалу, фізичні та геометричні параметри матеріалу, витрата газу і рідини, кут входу газового потоку в шар. В результаті апроксимації отримано критеріальне рівняння для розрахунку гідравлічного опору [5]:

$$Eu = 19,3 Re_r^{-1,43} \cdot \left(\frac{\rho_r}{\rho_g}\right)^{1,38} \cdot \left(\frac{H_M}{d_3}\right)^{0,63} \cdot K_{op}^{0,13} \quad (2)$$

Середньоквадратичне відхилення дослідних даних від розрахункових становить 12%.

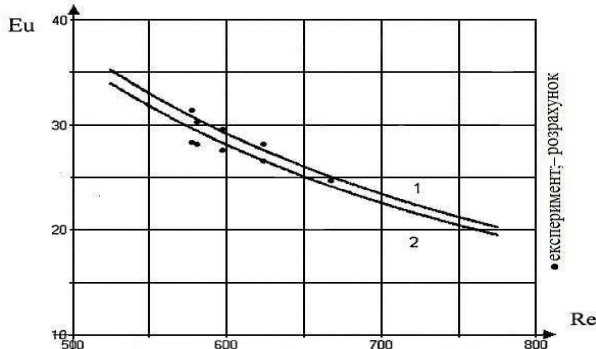


Рис. 5 – Зависимость гидравлического сопротивления от скорости газа

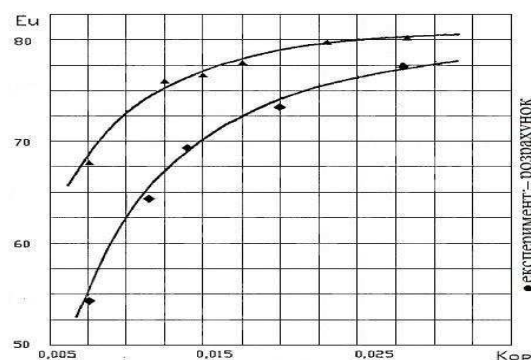


Рис. 6 – Зависимость гидравлического сопротивления от коэффициента орошения

Порівняння експериментального апарату з промисловим абсорбером. В даний час для очищення газів, що відходять від газоподібних і пароподібних домішок використовуються різні апарати, такі як абсорбери, електрофільтри, апарати конденсаційного очищення. Насадочні абсорбери представляють собою колони,

завантажені насадкою - твердими тілами різної форми. Застосування насадки дозволяє збільшити поверхню контакту газу і рідини, а отже, підвищити ефективність роботи апарату, рис.7. Іншою перевагою насадочних колон є більш низький гідравлічний опір в порівнянні з барботажними абсорберами.

Перспективним напрямком для інтенсифікації масообмінних процесів у газоочисних апаратах є використання псевдозрідженого шару в якості насадки. На рисунку 8 наведена експериментальна установка для очищення газів, що відходять, в якій в якості насадки використовується відцентровий псевдозріджений шар дрібнозернистого матеріалу [6].

Інтенсивність масообміну в цьому випадку на порядок вище, ніж в апаратах з нерухоною насадкою, що дозволяє значно зменшити габарити газоочисних пристроїв, а їх ефективність збільшити [7].

У порівняльному експерименті очищається повітря забруднене парами азотної кислоти.

В результаті інженерного розрахунку насадочного абсорбера гідравлічний опір було отримано рівним  $\Delta P = 6903$  Па, а ефективність очищення  $\eta = 63$  %.

Розрахунок апарату для очищення газів з відцентровим шаром насадки показав ефективність очищення  $\eta = 74$  %; а гідравлічний опір  $\Delta P = 806$  Па.

Було проведено порівняння розробленого апарату для очищення газів з відцентровим псевдозрідженим шаром з промисловим абсорбером з насадкою з кілець Рашига. Як показали розрахунки, ефективність очищення в апараті з псевдооживленом шаром на всіх режимах роботи на 18% перевищує ефективність очищення в промисловому абсорбері з насадкою з кілець Рашига.

На рис. 9 представлено порівняння ефективності очищення апаратів з трифазним псевдозрідженим шаром насадки і насадочного

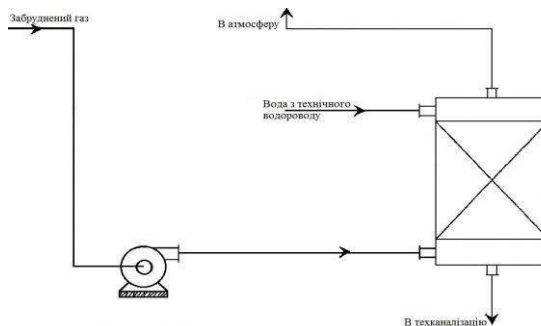


Рис. 7 – Технологічна схема роботи експериментального насадочного абсорбера

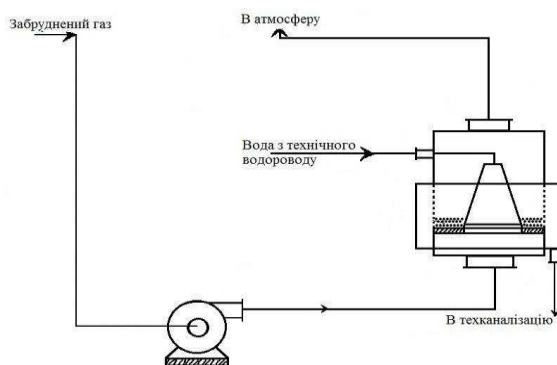


Рис. 8 – Технологічна схема роботи експериментального абсорбера з псевдозрідженою насадкою

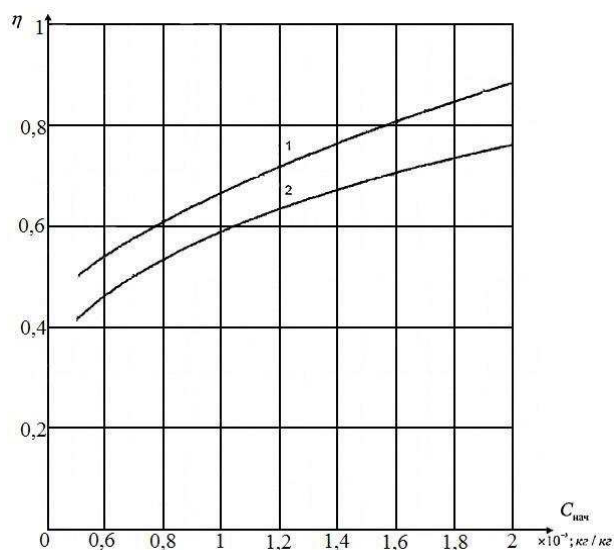


Рис. 9 – Залежність ефективності очищення від початкової концентрації парів кислоти: 1 – апарат для очищення газів з відцентровим псевдозрідженим

абсорбера [8].

шаром; 2 – насадочний абсорбер

**Висновки.** На експериментальній установці для дослідження процесів гідродинаміки у відцентровому псевдозрідженому шарі отримані емпіричні співвідношення для розрахунку гідравлічного опору і коефіцієнта очищення газів.

Запропонована конструкція апарату для очищення газів з відцентровим псевдозрідженим шаром, що забезпечує ефективність очищення на 18% вищу за ефективність очищення у промисловому абсорбері з насадкою з кілець Рашига [9].

Газоочисні апарати з відцентровим псевдозрідженим шаром дрібнозернистої насадки володіють високими показниками ефективності при малому гідравлічному опорі потоку газу, здатністю твердих частинок самоочищатися від забруднень у процесі роботи. Вони дозволяють значно інтенсифікувати процеси тепло-і масообміну між рідиною і газом, досягти найбільш рівномірного змочування частинок насадки рідиною і, виключити винесення крапель рідини газом. Це визначає доцільність подальших розробок апаратів з відцентровим псевдозрідженим шаром насадки для очищення газових викидів на підприємствах харчової, легкої, хімічної, електронної, металообробної, меблевої, цементної та інших галузей промисловості [10, 11].

Обладнання промислових підприємств такими апаратами дозволить значно поліпшити санітарну та екологічну обстановку в районі розташування підприємств.

**Список літератури:** 1. Амелин А. Г. Теоретические основы образования тумана при конденсации пара [Текст] / А. Г. Андреев. – М. : Химия, 1972. – 304 с. 2. Фукс Н. А., Высокодисперсные аэрозоли [Текст] / Н. А. Фукс, А. Г. Суругин – М.: ВИНТИ, 1969. – 84 с. 3. Боев С. В. Экспериментальное исследование гидродинамики аппарата для очистки газов с центробежным слоем насадки [Текст] / С. В. Боев, Ю.Н. Агапов, В. Г. Стогней // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5, №5. С. 22–25. 4. Агапов, Ю. Н. Определение порозности тонкого направленно перемещающегося вдоль наклонной газораспределительной решетки псевдооживленного слоя [Текст] / Ю. Н. Агапов, А. В. Бараков, А. В. Жучков // Химическая промышленность. — 1984. № 2. С. 48–49 5. Зайдель А. Н. Элементарные оценки ошибок измерений [Текст] / А. Н. Зайдель. – Л. : Наука, 1986. – 96 с. 6. Теплоэнергетика и теплотехника [Текст] / справочник // под ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. - М.: Энергия, 1980. - 528 с. 7. Боев С. В. Исследование аппарата для очистки вентвыбросов от паров кислот [Текст] / С. В. Боев, Ю. Н. Агапов, Э. Р. Огурцова // Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения: Труды науч.-техн. конф. молодых ученых, с аспирантов и студентов. Вып. 7. Воронеж: Воронеж, гос. техн. ун-т, 2007 - с. 54 - 58. 8. Левич В. Г. Физико-химическая гидродинамика [Текст] / В. Г. Левич – М. : Физматгиз, 1959. – 700 с. 9. Кутателадзе С. С. Гидродинамика газожидкостных систем. [Текст] / С. С. Кутателадзе, М. А. Стырикович. – М. : Энергия, 1976 – 296 с. 10. Боев С. В. Гидродинамика и тепломассообмен в аппарате для очистки газов с трехфазным псевдооживленным слоем. Диссертация. Воронеж, 2011. – 142 с. 11. Моисеев В. Ф. – Очищення газових викидів підприємств В. Ф. Моисеев, Є. В. Манойло, Д. Б. Щербина. 65-66 с. Екологічна освіта: районні та національні аспекти «Горбуновські читання» - Чернівці ЧФ НТУ «ХП» 2013- 136 с. 12. Манойло Е. В., Щербина Д. Б. – Очистка крупнотоннажных газовых выбросов промышленных предприятий 89-90 с.– Екологічна безпека держави тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів 2013р. Національний авіаційний університет – К: НАУ, 2013 – 260 с.

Надійшла до редколегії 08.09.2013

УДК 66.074.327(043)

**Гідродинаміка у апараті з відцентровим псевдозрідженим шаром / Манойло Є. В., Щербина Д. Б. // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2013. - № 56 (1029). – С.180-185 . – Бібліогр.: 12 назв.**

В статті описується конструкція, особливості гідродинаміки апарату з центробежним псевдооживленим шаром і приводиться порівняння з промисловим абсорбером.

**Ключевые слова:** центробежный псевдооживленный слой, абсорбер, очистка, аппарат, дисперсные материалы.

The article describes the design, features of hydrodynamics of the apparatus with the centrifugal fluidized bed and compares with industrial absorber.

**Keywords:** centrifugal fluidised bed, absorber, cleaning, apparatus, disperse materials.

**УДК 66.084.2:661.715**

**И. М. ГЛИКИНА**, канд. техн. наук, доц., Технологический институт Восточнoукраинского национального университета им. В. Даля, Северодонецк;

**А. О. ДОМНИН**, аспирант, Технологический институт Восточнoукраинского национального университета им. В. Даля, Северодонецк;

**С. А. ШЕРШНЁВ**, канд. техн. наук, ст. преп., Технологический институт Восточнoукраинского национального университета им. В. Даля, Северодонецк;

**М. А. ГЛИКИН**, Заслуженный деятель науки и техники Украины, д-р техн. наук, профессор, зав.каф., Технологический институт Восточнoукраинского национального университета им. В. Даля, Северодонецк

## **ПОЛУЧЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ C<sub>5+</sub> ПО ТЕХНОЛОГИИ АЭРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛИЗА В ВИБРООЖИЖЕННОМ СЛОЕ. ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ**

Рассмотрено получение углеводородов альтернативным синтезом Фишера-Тропша по технологии аэрозольного нанокатализа в виброоживленном слое под давлением. Проведен анализ предлагаемой технологии по сравнению с известными. Представлена лабораторная установка осуществления процесса. Отработана методика приготовления каталитической системы. Показаны предварительные результаты исследований по влиянию давления на степень конверсии процесса.

**Ключевые слова:** аэрозольный нанокатализ; каталитическая система; давление; углеводороды.

**Введение.** Синтез Фишера-Тропша (ФТ-синтез) интересует ученых постоянно, начиная с 40-х годов прошлого столетия [1]. Однако, начиная с 1970-х гг. его полномасштабное внедрение стало экономически невыгодным в связи с тотальным использованием природного газа и нефтепродуктов. Это воспрепятствовало дальнейшему развитию синтеза. Интерес к ФТ-синтезу, как источнику альтернативных топлив, был возобновлен конце XX века, в связи с политическими и экономическими кризисами, а также нестабильной ситуацией с ценой нефти. В комплексном производстве ФТ-синтез предоставлен в виде GTL (gas-to-liquids) и CTL (coal-to-liquids) технологий, которые (при дальнейшем устойчивом развитии) обладают значительным потенциалом и способны создать конкуренцию традиционным источниками углеводородов [2].

**Анализ литературных источников.** В своем докладе компания British Petroleum (BP) "Энергия мира-2005" призывала все нефтяные компании мира интенсифицировать работы по разработке альтернативных технологий получения углеводородов [3]. Согласно данным, на протяжении двух десятилетий мировая экономика столкнется с проблемой нефтяного кризиса. Было подсчитано, что