

Ю. Г. Бакланов

# ОЧИСТКА ПОВІТРЯ В РОТОРНОМУ АПАРАТІ

*Досліджено процес очищення газових викидів у апараті, експериментально досліджено потоки рідкої і газової фаз в апараті, а також вплив технологічних параметрів на ефективність уловлення пилу, розроблено математичну модель уловлення пилу, яка враховує специфіку роторного вихрового апарату.*

**Ключові слова:** процес очищення, повітря, апарат, ефективність, пил.

## 1. Вступ

Дослідження, про які йдеться мова у доповіді відносяться до галузі хімічного машинобудування. Загальною тенденцією розвитку хімічної галузі є збільшення кількості виробництв, що обумовлено необхідністю розширення асортименту продукції, створенням виробництв, які здійснюють переробку промислових відходів. З іншого боку, слід зазначити жорсткість екологічних вимог до виробництв. У цих умовах основними вимогами до обладнання для очищення газів є: висока ефективність, стійкість роботи при широких коливаннях кількості та якості газу, компактність, можливість комбінованого очищення газів.

## 2. Постановка проблеми

Інтенсифікація процесів тепломасопередачі у роторному вихровому апараті може бути досягнута за рахунок того, що взаємодія між фазами здійснюється в умовах підвищеної турбулентності потоків завдяки впливу ротора. Крім того, існує можливість створення високої площі поверхні міжфазного контакту в одиниці об'єму за рахунок утворення тонких плівок і дрібних крапель рідини й газу.

## 3. Основна частина

**3.1. Аналіз літературних джерел по темі дослідження.** В роботах [1–3, 8] розглянуто конструкції та принцип дії основних машин і апаратів, які застосовуються в сучасних галузях промисловості. Викладено теоретичні відомості про технологічні процеси, які реалізуються в обладнанні. Проведено аналіз переваг та недоліків даних конструкцій. Зроблено акцент на найважливіших конструкційних параметрах технологічного обладнання. Наведено приклади інженерних розрахунків.

**3.2. Результати досліджень.** В роботах [4–6] описано дослідження процесу мокрого уловлення пилу в роторному вихровому апараті. В основі процесу лежить контакт запилених газів з рідкою.

Таким чином ефективність уловлення пилу можна визначити рівнянням:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_2). \quad (1)$$

$\eta_2 = 5/9 \cdot \pi \cdot R \cdot d_q^2 \cdot \rho_{\text{ТВ}} \cdot \omega / \mu \cdot (R/r)^2 \cdot 1/(1 + 2,5\gamma)\gamma$  – відцентрове уловлення пилу;  $\eta_1 = 3/2 \cdot V_{\text{ВН}} \cdot (k_T \cdot r) \times K_{st}/Q \cdot d_k = 3/2 \cdot K_3 \cdot (k_T \cdot r) \cdot K_{st}/d_k$  – інерційне уловлення пилу.

Зроблено висновок, що ефективність відцентрового вловлювання пилу зростає пропорційно частоті обертання робочого колеса й квадрату відношення радіуса робочого колеса до радіуса меридіонального перетину проточної частини. При збільшенні витрати повітря ефективність знижується. Ефективність інерційного захоплення пропорційна кількості води, яка циркулює в апараті й розприскується робочим колесом.

В роботах [9, 10] описано рух рідкої фази в апараті. Для дослідження руху плівки рідини по поверхні проточної частини апарату була прийнята модель матеріальної точки.

На елемент плівки рідини діє дотична сила, з боку газу, що є причиною руху, а також сила в'язкого тертя по стінці, сила ваги й відцентрова сила, що виникає при русі плівки в окружному напрямку. Математична модель руху рідкої фази містить у собі диференціальні рівняння, що описують рух елемента плівки уздовж обраних кутових напрямків:

– кут  $\varphi$  задає положення елемента в меридіональному перетині

$$\rho h \cdot d^2\varphi/dt^2 = \tau_M - \rho g h \sin \varphi + \rho h \cos \varphi / R \cdot (R d\psi/dt)^2 - \lambda' \rho (r d\varphi/dt)^2; \quad (2)$$

– кут  $\psi$  – в окружному напрямку

$$\rho h R \cdot d^2\psi/dt^2 = \tau_{\text{окр}} - \lambda' \rho (R d\psi)^2. \quad (3)$$

Аналіз даних рівнянь дозволив виявити наступні режими руху рідкої фази.

У випадку переваги сил в'язкого тертя, має місце тонкоплівковий ламінарний рух рідкої фази

$$\lambda' \rho \cdot r d\varphi/dt = \tau_M \Rightarrow \omega_{\text{пл.м}}^2 = \tau_M / \lambda' \rho. \quad (4)$$

Напрямок руху плівки практично збігається з напрямком пристінних потоків газу. Розбрикування рідкої фази колесом у цьому випадку є, але воно не вплине на процес уловлювання пилу, оскільки витрата рідини, що розприскується, відносно невелика. У випадку з перевагою сили ваги виходить сталий режим, при якому основний обсяг рідини проходить по периферії проточної частини в області  $0 < \varphi < \pi/2$

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \cdot k_m \lambda' \frac{\omega_{\text{пл.окр}}^2}{gh} + \frac{\omega_{\text{пл.окр}}^2}{gR} \left/ 1 + \frac{\omega_{\text{пл.окр}}^2}{gR} \right. = \\ = \frac{\pi}{2} \cdot Fr_M + Fr_{\text{ц}} / 1 + Fr_{\text{ц}}. \quad (5)$$

Збільшення відцентрових сил приводить до збільшення кута  $\varphi$ . У даному режимі основний потік рідини також проходить по периферії проточної частини і його положення дається рівнянням (8). У випадку, коли переважно існують відцентрові сили виходить сталий режим, при якому основний обсяг рідини проходить по периферії проточної частини в області  $\pi/2 < \varphi < \pi$

$$\varphi = \pi/2 \cdot k_m \lambda' \frac{\omega_{\text{пл.окр}}^2}{hg} + \frac{\omega_{\text{пл.окр}}^2}{Rg} - 2 \left/ \frac{\omega_{\text{пл.окр}}^2}{Rg} \right. - 1 = \\ = \pi/2 \cdot Fr_M + Fr_{\text{ц}} - 2 / Fr_{\text{ц}} - 1. \quad (6)$$

Для переходу до режиму, в якому рідина циркулює по проточній частині, доцільно збільшення коефіцієнту тертя на границі рідина – стінка, що призведе до зниження окружної швидкості плівки й відповідному зменшенню відцентрової сили, що перешкоджає циркуляції. Збільшення коефіцієнта тертя можна здійснити шляхом нанесення регулярної або нерегулярної шорсткості або хвилястості на внутрішню поверхню проточної частини. Кращою є регулярна шорсткість, яку можна виконати у вигляді гвинтоподібних направляючих елементів. У цьому випадку кінетична енергія окружного руху плівки не просто поглинається, як у випадку з нерегулярною шорсткістю, а направляється на створення гвинтового руху плівки рідини. Воно дозволяє в широкому діапазоні конструктивних і режимних параметрів одержати режим з вираженим меридіональним рухом рідини й наступним інтенсивним її розбрикуванням робочим колесом. Даний технічний винахід має деклараційний патент України.

### Література

- Питак И. В. Основы теории и расчета деталей роторного аппарата [Текст] / И. В. Питак // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 4/7(58). – С. 14–18.
- Машини та апарати у хімічних, харчових і переробних виробництвах [Текст] : підручник / Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, В. П. ШАПОРЕВ, В. Ф. МОІСЕЄВ, І. В. ПІТАК та ін. – Х. : Колегіум, 2011. – 606 с.
- Машини та апарати у хімічних, харчових і переробних виробництвах [Текст] : навч.-метод. посіб. / В. Ф. Моїсеєв, І. В. Пітак та ін. – Х. : НТМТ, 2011. – 220 с.
- Пітак І. В. Використання масо обмінного контактного елемента для очищення газових викидів в вугільній промисловості [Текст] / І. В. Пітак, А. Ю. Масікевич, В. Ф. Моїсеєв // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2011. – № 53. – С. 130–138.
- Выбор перспективного газоочистного оборудования [Текст] : тез. докл. Materialy V mezinarodni vedeckoprakticka conference «Zpravu vedecke ideje-2009» (27.10–05.11.2009) / відпов. ред. Prof. JUDr Zdenek Cernak. – Praha : Publishing House «Education and Science» s. r. o., 2011 – 112 p.
- Питак И. В. Исследование процесса мокрого улавливания пыли в роторном вихревом аппарате [Текст] / И. В. Питак // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2010. – № 17. – С. 135–140.
- Питак И. В. Положительные аспекты работы роторного вихревого аппарата на промышленных предприятиях [Текст] / И. В. Питак, В. Ф. Моїсеєв // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2009. – № 15. – С. 9–13.
- Питак И. В. Закономерности процесса очистки газоздушных смесей в роторном вихревом аппарате [Текст] : дис. канд. техн. наук / И. В. Питак. – Харьков, 2008. – 149 с.
- Роторный масообмінний апарат [Текст] : пат. Укр. на кор. модель № 29985 : МПК (2006) B01D3/00 / І. В. Пітак, О. Г. Трошин, В. Ф. Моїсеєв, В. П. Шапоров; заявники та патентовласники Пітак І. В., Трошин О. Г., Моїсеєв В. Ф., Шапоров В. П.; заявл. 16.07.07; дата публікації 11.02.08, бюл. № 3. – 4 с.
- Трошин А. Г. О режимах движения жидкой фазы в роторном вихревом массообменном аппарате [Текст] / А. Г. Трошин, И. В. Питак // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2007 – № 4. – С. 31–37.

## ОЧИСТКА ВОЗДУХА В РОТОРНОМ АППАРАТЕ

Ю. Г. Бакланов

Исследован процесс очистки газовых выбросов в аппарате, экспериментально исследованы потоки жидкой и газовой фаз в аппарате, а также влияние технологических параметров на эффективность улавливания пыли, разработана математическая модель улавливания пыли, которая учитывает специфику роторного вихревого аппарата.

**Ключевые слова:** процесс очистки, воздух, аппарат, эффективность, пыль.

*Юрий Геннадиевич Бакланов, студент кафедры химической техники и промышленной экологии Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», тел.: (095) 1768486, e-mail: b-red\_92@mail.ru.*

## CLEAN AIR ROTARY APPARATUS

Y. Baklanov

The process of purification of waste gases in the apparatus of the experimentally studied flows of liquid and gas phases in the apparatus, as well as the influence of process parameters on the efficiency of dust collection, developed a mathematical model of the dust collection, which takes into account the specifics of rotary vortex machine.

**Keywords:** the process of cleaning the air, the apparatus, the efficiency and dust.

*Yuri Baklanov, student of Department of Chemical Technology and Industrial Ecology, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel.: (095) 1768486, e-mail: b-red\_92@mail.ru.*