

Орленко Андрій Юрійович

магістрант

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Орленко Андрей Юрьевич

магістрант

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Orlenko Andriy

Student of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Степанюк Андрій Романович

кандидат технічних наук,

доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Степанюк Андрей Романович

кандидат технических наук,

доцент кафедры машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Stepaniuk Andriy

PhD, Assistant Professor of Department of

Machines and Apparatus of Chemical and Petroleum Industries

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ВИДАЛЕННЯ КОМПОЗИТНИХ ЗАБРУДНЕНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ

ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА УДАЛЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

REASONING OF A METHOD FOR THE DETERMINATION OF COMPOSITE POLLUTES IN THE PRODUCTION OF ORGANIC FERTILIZERS

Анотація. Запропоновано ідею видалення композитних забруднень при виробництві органічних добрив. Запропоновано математичну та фізичну моделі процесу.

Ключові слова: сульфат амонію, циклон, добрива, конденсація, форсунка.

Аннотация. Предложена идея удаления композитных загрязнений при производстве органических удобрений. Предложена математическая и физическая модели процесса.

Ключевые слова: сульфат аммония, циклон, удобрения, конденсация, форсунка.

Summary. Proposed the idea of removing composite contaminants in the production of organic fertilizers. Proposed a mathematical and physical models of process.

Key words: ammonium sulfate, cyclone, fertilizer, condensation, nozzle.

Постановка проблеми. Сульфат амонію (амоній сірчаноокислий) — хімікат, який вітчизняна промисловість випускає у великих кількостях. В якості добрива, його застосовують повсюдно, без прив’язки до кліматичних умов. Сульфат амонію не відноситься до отруйних речовин, не виділяє отруйні пари, що значно спрощує його використання як добрива [1].

Під час переробки водяних розчинів сульфату амонію у комплексні добрива шляхом гранулювання генерується до 30% високодисперсних твердих частинок [2]. Окрім цього утворюється до 1,8 кг води на 1 кг грануляту та водяна пара. Тому очистка повітря від композитних забруднень є нагальною проблемою. Можливі декілька способів очистки. Традиційно використовують очистку повітря циклоном із подальшою доочисткою у скрубері.

Метою роботи є створення високоефективного способу очищення газових викидів від полідисперсного багатокомпонентного забруднення.

Виклад основного матеріалу. В циклонах ефективність процесу сягає 96%. Для підвищення ступеня вловлювання доцільно використовувати запропоновану конструкцію [1] в якій буде проходити часткова конденсація вологи із теплоносія. При роботі запропонованого циклону композитне забруднення, яке складається з твердих частинок та водяної пари, подається через вхідний патрубок 2 і закручується. Закручений потік надходить у зону сепарації, рухається вниз, при цьому на тверді частинки композитного забруднення впливає відцентрова сила протягом всього шляху руху частинок зверху вниз, тому що радіус обертання потоку зменшується. Водя-

на пара композитного забруднення після зрошення водою з форсунок 8 конденсується. Додатково, для покращення процесу конденсації, у охолоджуючу оболонку 5 подається холодна вода через вхідний патрубок 7 та виводиться через вихідний патрубок 6. Очищений потік потрапляє до осцевого вихідного патрубку 4 та виводиться з циклону. Забруднені частинки та краплини конденсату рухаються вниз у напрямку бункера 3 [1].

Неоднорідний газовий потік рухається за криволінійною траєкторією в каналі. Відцентрова сила, що діє на тверду частинку в точці *b*, спричинює швидкість осідання $W_{ов}$, перпендикулярно до радіусу — W_p , і, як наслідок, частинка рухається за криволінійною траєкторією зі швидкістю W_p (рисунок 2).

Швидкість осадження у полі відцентрових сил розраховують за виразом:

$$w_o = \frac{dr}{dt}.$$

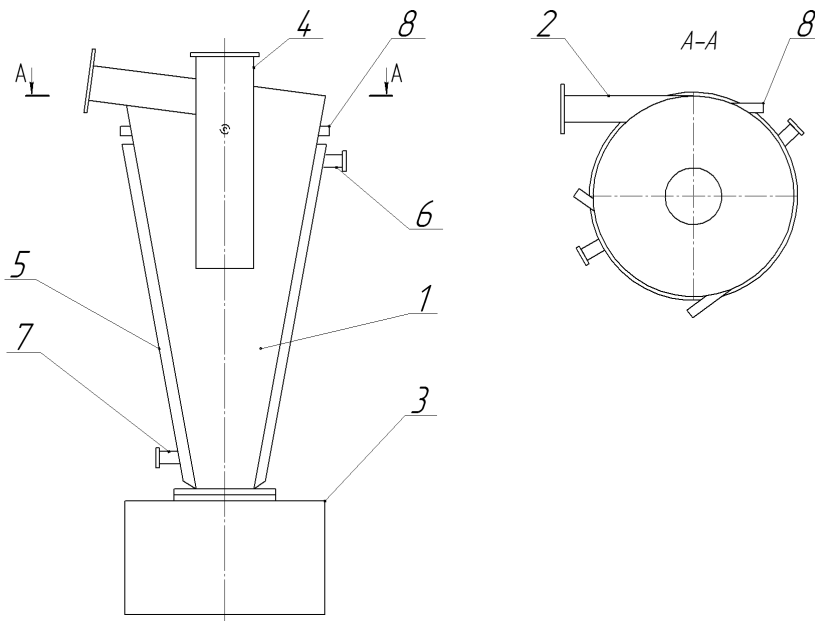
І час осадження за виразом:

$$t_0 = S = \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{w_o}.$$

Рухіною силою процесу, що визначає швидкість осадження, є відцентрова сила *C*, яка знаходиться за виразом:

$$C = \frac{mW_z^2}{r},$$

де *m* — маса твердої частинки; W_z^2 — лінійна швидкість газового потоку; *r* — радіус кривизни траєкторії в даній точці [3].



1 — конічний корпус; 2 — тангенційний вхідний патрубок; 3 — пилозбірний бункер; 4 — осцевий вихідний патрубок; 5 — охолоджуюча оболонка; 6 — вихідний патрубок; 7 — вхідний патрубок; 8 — форсунок.

Рис. 1. Схема циклону

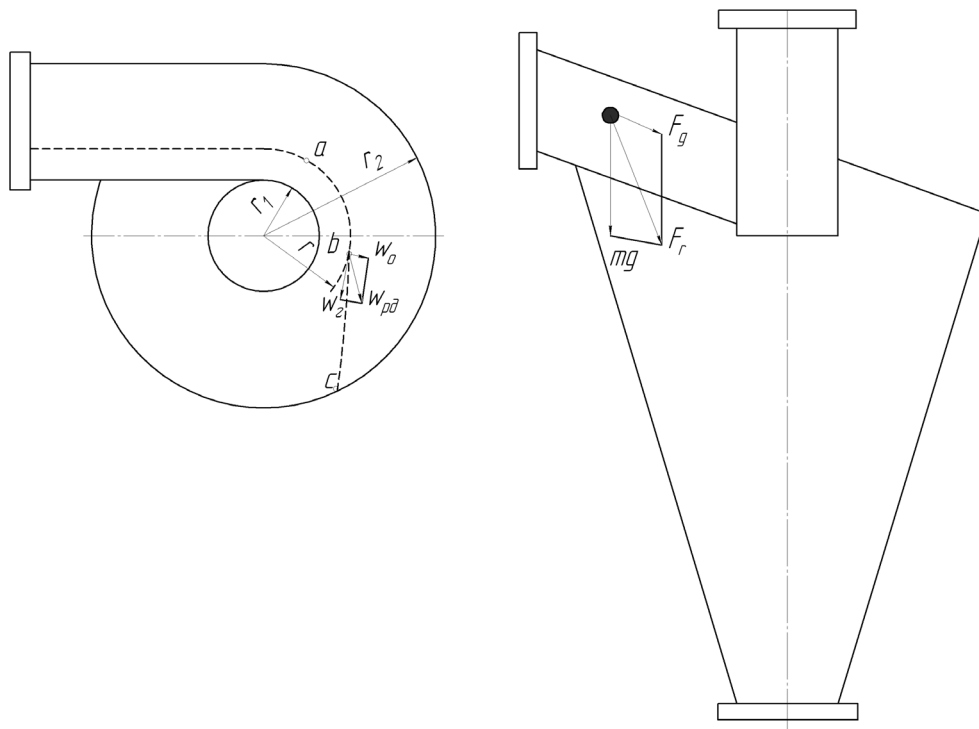


Рис. 2. Схема осадження твердих частинок в полі відцентрових сил

В нашому випадку крім звичайного циклонного процесу присутня ще й конденсація вологи в середині циклону.

До моделювання міжфазного тепломасообміну при інерційно-фільтруючій сепарації з конденсацією в інерційно-фільтруючих сепараційних каналах підбрано фізичну модель зображену на рисунку 3.

Запропонована фізична модель звести систему диференціальних рівнянь гідродинаміки (рівнянь Нав'є-Стокса) та конвективного теплообміну (рівнянь Фур'є-Кірхгофа) в приватних похідних до двох незв'язних крайових задач:

$$a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} \right) = w_\varphi \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{w_\varphi}{r} \frac{\partial T}{\partial \varphi}.$$

При цьому на границі плівки, яка стікає по охолоджуваних стінках сепараційного каналу, слід ввести такі граничні умови (рисунк 3):

$$\begin{aligned} r = r_2, T = T_{cm} = \text{const}; r = r_2, \lambda \frac{\partial T}{\partial r} &= \alpha(T_{cm} - T_{gp}); \\ r = r_{gp}, T = T_{gp} & \\ (r_{gp} = r - \delta). & \end{aligned}$$

Приймаючи, що закон розподілу температури по товщині плівки апроксимується квадратичним поліномом $T = a + br + cr^2$ [4]:

$$\left\{ \begin{aligned} T(r_2) &= a + br_2 + cr_2^2 \\ T'(r_2) &= b + 2cr_2 = -\frac{\alpha}{\lambda}(T_{gp} - T_{cm}) \\ T(r_2 - \delta) &= a + b(r_2 - \delta) + c(r_2 - \delta)^2 = T_{gp} \end{aligned} \right.$$

Висновки. Вирішення задачі дозволить підвищити ефективність процесу вловлювання, тобто генерувати розчин сульфату амонію з гуматами під

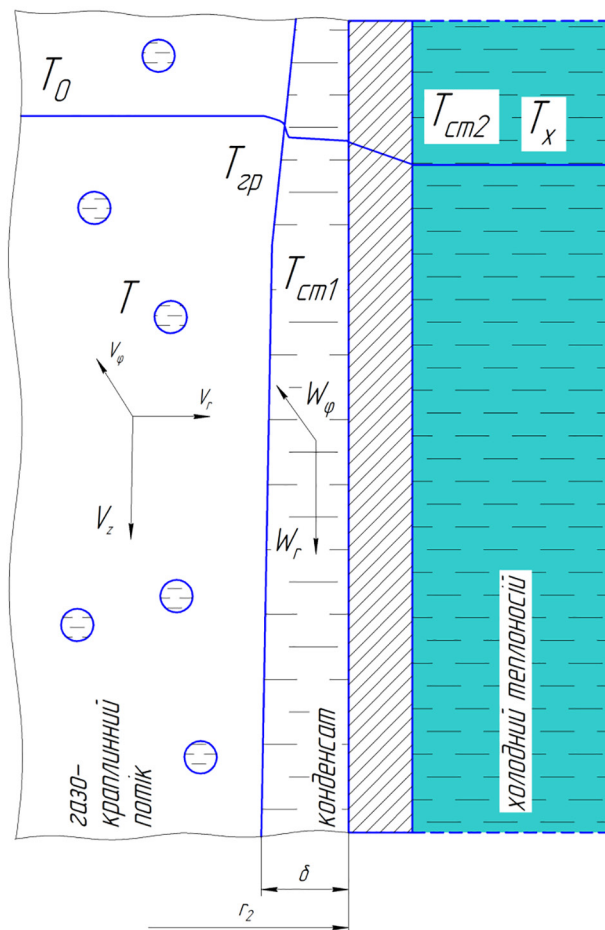


Рис. 3. Фізична модель процесу конденсації водяної пари

час очищення повітря — це дозволить зменшити витрати води на етапі змішування сухого розчину з водою. Також це підвищить екологічний ефект процесу за рахунок того, що після скрубера зменшиться кількість шкідливих речовин, що буде подаватися у систему очистки.

Література

1. Позитивне рішення по патенту № (UA) МПК (2017.01) B04C3/00. Циклон/Я.М. Корнієнко, А.Ю. Орленко, А.Р. Степанюк(UA); — Заявл. 15.06.2017.
2. Чикирис Я. М., Степанюк А. Р. Моделювання процесу сушіння нітрату амонію у присутності сульфату амонію, гуматів та сульфату калію: Міжнародний науковий журнал «Інтернаука» № 3 (25)/ т. 1// Київ, 2017. — 184–188 с.
3. Корнієнко Я. М., Степанюк А. Р. Процес вилучення гуміновмісних речовин з торфу: Монографія. [Електронне видання] / Київ, 2015. — 146 с.
4. Ляпощенко О. О. Теоретичні основи процесів інерційно-фільтруючої сепарації: Автореферат / Львів, 2016. — 27 с.