

КИЧАК Р. В., аспірант; НОВОДВОРСЬКИЙ В. В., магістрант; СТЕПАНЮК А. Р., к. т. н., доц.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ОЧИСТКИ ГАЗОВОГО ТЕПЛОНОСІЯ ПРИ ГРАНУЛЯЦІЇ СУШІННЯМ

Розглянуто основні проблеми газоочистки під час процесу грануляції сушінням. Обґрунтовано вибір апаратів газоочистки для забезпечення вловлювання композитних багатокомпонентних викидів та парів води, які виділяються з гранулятора псевдозрідженого шару. Наведено актуальність дослідження процесів газоочистки під час грануляції багатошарових композитів.

Ключові слова: *органомінеральні добрива, схеми сушіння, псевдозріджений шар, газоочистка.*

© Кичак Р. В., Новодворський В. В., Степанюк А. Р., 2019.

Постановка проблеми. Виробництво органомінеральних добрив супроводжується викидами полідисперсних органомінеральних композитів у суміші з водяною парою. До їх складу входять сульфат амонію, який є головним компонентом, що утворює каркас гранули. Його прошарки можуть заповнюватися різноманітними сполуками, зокрема оксидами — калію, фосфору, кальцію, а також стимулюючими гуміновими та розкислюючими речовинами. Саме наявністю в цих багатокомпонентних викидах корисних речовин і обумовлена їх цінність для виробництва [1, 2].

Ці викиди утворюються під час зіштовхування, стирання та відколювання з гранул частинок різного розміру та складу, а також інтенсивного випаровування вологи з них.

Тому, виникає задача видалення з вихідного газового теплоносія полідисперсних, багатокомпонентних частинок та парів води для недопущення втрат компонентів сировини під час виробництва та їх викидів у навколишнє середовище.

Аналіз попередніх досліджень. Зважаючи на необхідність підготовки та очищення газового теплоносія, світовими виробниками, такими як, GEA Bag-Rosin, GEA Niro, Glatt та багатьма іншими, було запропоновано та впроваджено в схеми установок грануляції сушінням різноманітні способи газоочистки. Серед них є установки як відкритого, так і замкнутого типу.

Проаналізуємо запропоновані установочки, а також їх способи та методи вирішення задачі газоочистки [3].

Компанія GEA Bag-Rosin [4, 6] пропонує різноманітні схеми сушіння вологого матеріалу вхідної суміші.

На рисунку 1 а наведена схема з розпилювальною або кільцевою сушаркою. Дана схема призначена для швидкого висушування мулів, відходів фільтрування, суспензій, кристалів, гранул і паст. Вологий матеріал вводиться в потік нагрітого повітря, де він швидко висихає, транспортуючись через систему сушильних каналів. Вловлювання викидів здійснюється шляхом поєднання сухої та мокрої газоочистки при використанні циклону та скрубера, де схема замикається по циклону, який здійснює очистку в рециклі повертаючи частину теплоносія до апарату для змішування.

Недоліком даної установочки є потреба відділення вловлених компонентів від уловлюючої рідини, після очистки теплоносія в скрубери.

На рисунку 1 б зображена схема, в якій поєднано процеси сушіння та охолодження в киплячому шарі.

Наведена схема використовуються для контрольованого видалення поверхневої та зв'язаної вологи в порошкових, кристалічних і гранульованих матеріалах, шляхом поетапного сушіння або охолодження.

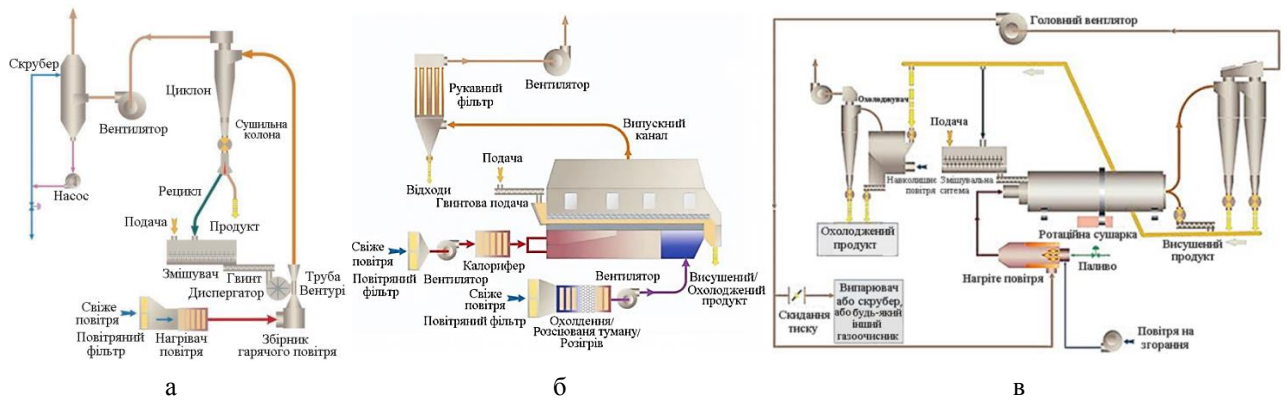
Гаряче або холодне повітря пропускається через перфоровану розподільчу пластину зі швидкістю, необхідною для отримання характеристик барботажної рідини.

Доступна різноманітна конфігурація в залежності від вимог очікуваного продукту та застосування: вібрація, перемішування, інтегральна багатоетапна сушка/охолодження.

Вловлювання викидів відбувається рукавним фільтром, що обумовлено охолодженням в основному апараті, завдяки чому випарена волога конденсується, сприяючи зменшенню концентрації пилових викидів.

Недоліки даної установочки: можливість утворення конденсату в апараті киплячого шару, під час сушіння та неможливість вловлювання водяної пари при очистці теплоносія в рукавному фільтрі.

На рисунку 1 в зображена схема з ротаційною сушаркою, охолоджувачів та кальцинаторів.



а – схема сушіння з розпилювальною або кільцевою сушаркою; б – схема сушіння та охолодження в киплячому шарі; в – схема із ротаційною сушаркою, охолоджувачами та кальцинаторами

Рис. 1 – Установки сушіння вологого матеріалу суміші від GEA Barr-Rosin.

Установки працюють при дуже високих температурах сушіння, значних коливаннях розміру матеріалу, вологості та пропускної здатності.

Під час обертання сушарки, матеріал проходить через гарячий потік газу, виконуючи рух по периферійних прольотах, які можуть змінюються по мірі збільшення сухості.

Вловлювання викидів відбувається у дві стадії з використанням батарейного та одинарного циклонів. Перша стадія це батарейний циклон, після якого повертається частина очищеного ним теплоносія до апарату. На її шляху може встановлюватись мокрий або сухий, або будь який інший газоочисник. Друга стадія очистки відбувається на ділянці доведення готового продукту, який транспортується газовим теплоносієм та відділяється від нього в циклоні.

Недоліком запропонованої технології є неможливість одночасного вловлювання водяної пари та твердих композитних забруднень при очистці теплоносія.

Асортимент продукції GEA Niro [5, 6] пропонує два типи моделей з псевдозрідженим шаром: сушка в псевдозрідженому шарі зворотної суміші – для тих, які вимагають попередньої сушки; сушка з псевдозрідженим шаром – для порошків, які вимагають контрольованого часу перебування.

Апарат монтується або у вигляді окремих блоків, або у вигляді комбінованого блоку.

На рисунку 2, *а–д* представлено різні схеми моделей псевдозрідження та способи їх реалізації від компанії GEA Niro. Рисунок 2, *а* ілюструє установку з використанням комбінованої сушарки CONTACT FLUIDIZER™ з двох блоків. Нагрітий теплоносієм подається паралельно в обидва блоки, з яких далі подається в циклон для очистки.

Рисунок 2, *б* ілюструє установку з використанням аналогічної сушарки з двох блоків CONTACT FLUIDIZER™ з конфігурацією один в одному, замкнутого циклу. Нагрітий теплоносієм проходить через другий блок комбінованої сушарки, розподіляючись по всіх блоках, з яких розбивається на два потоки, які виходять з кожного – утворюючи два контури циркуляції.

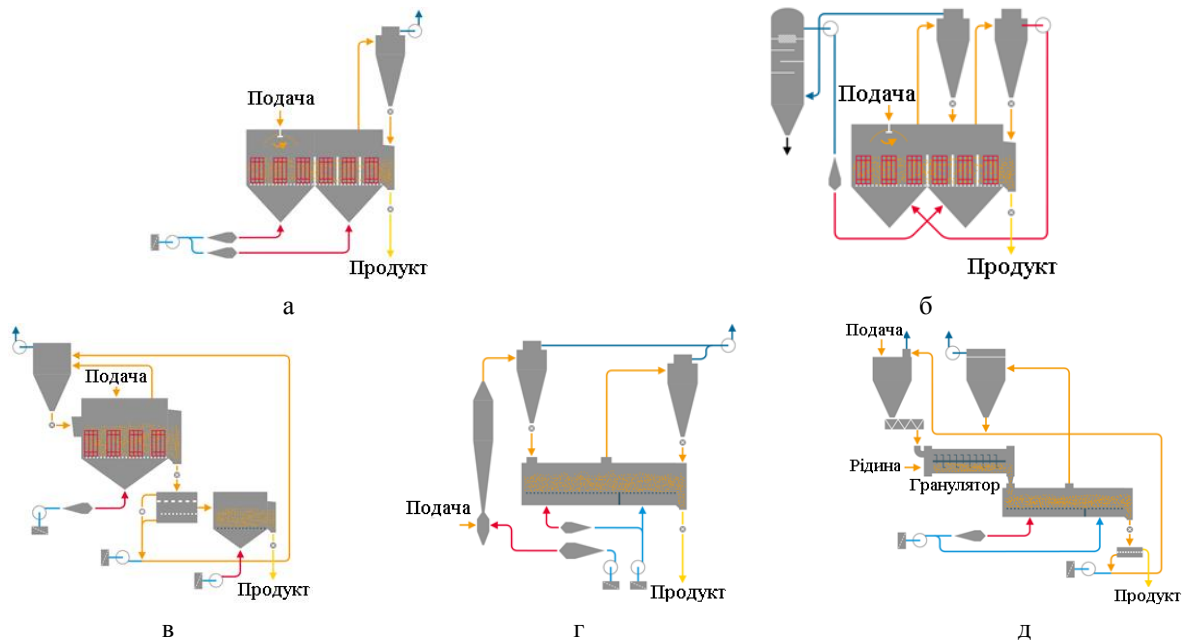
Перший контур утворюється при виході з першого блоку теплоносія, який подається в перший циклон. Другий контур утворюється при виході з другого блоку теплоносія, який подається в другий циклон. Звідки, проходячи через перший блок, повторно потрапляє в перший циклон. Далі, теплоносієм з обох контурів, проходячи через перший циклон в один потік, подається на абсорбер, звідки – знову на нагрів.

Рисунок 2, *в* ілюструє установку з використанням сушарки SPRAY FLUIDIZER™ разом з охолоджувачем киплячого шару, які сполучені віброситом. Гарячий та холодний теплоносієм проходять, відповідно, через сушарку та охолоджувач, звідки в один потік подаються в циклон на очистку.

Рисунок 2, *г* ілюструє установку з використанням двокамерної сушарки киплячого шару, з камерами нагріву та охолодження відповідно, в яку суміш подається рухомим газовим потоком. Теплоносієм надходить з двох точок апарату. З однієї він проходить через трубу Вентурі та перший циклон, звідки надходить до другого циклону. З іншої, в два потоки подаються гарячі та холодні теплоносії, які проходять через камери сушарки. Звідки, теплоносії в один потік надходять до другого циклону. Таким чином, теплоносії з усіх точок, в один потік покидають установку через другий циклон.

Рисунок 2, *д* ілюструє установку з системою Mechanical Granulation System з використанням аналогічної сушарки. Теплоносієм проходить через сушарку в два потоки до камер нагріву та охолодження відповідно. Звідки, в один потік надходять в циклон.

Спільним недоліком розглянутих установок є неможливість одночасного вловлювання водяної пари та твердих композитів при очистці теплоносія.



а – установка з двобочною сушаркою CONTACT FLUIDIZER™; б – установка з аналогічною сушаркою, конфігурацією один в одному, замкнутого циклу; в – установка з сушаркою SPRAY FLUIDIZER™, з охолоджувачем киплячого шару, які сполучені вібростом; г – установка з двокамерною сушаркою киплячого шару, нагріву та охолодження відповідно, з подачею суміші через трубу Вентури; д – установку з системою Mechanical Granulation System з використанням аналогічної сушарки, з подачею через змішувач.

Рис. 2 – Моделі псевдозрідження та схеми їх реалізації від GEA Niro

Компанія Glatt [7, 8] пропонує установки, псевдозрідження, де повітря попередньо фільтрується і підігрівається з подальшою тонкою фільтрацією. Після цього, для всіх внутрішніх частин апаратів, використовується тільки нержавіюча сталь. Нагрів, зволоження і осушення зосереджено в одній установці, разом з фільтрами HEPA, які ходять в її комплект.

В якості стандартного оснащення компанія Glatt використовує тканинні рукавні фільтри для різних умов (рисунок 3 а – в): з однією або двома камерами, з очищенням струшуванням або за допомогою імпульсної продувки, з фільтруючими рукавами або патронами, тканинні або металеві фільтруючі елементи.



а – однокамерний вібраційний фільтр з різними способами струшування; б – двокамерний вібраційний фільтр; в – тканинний фільтр з продувкою.

Рис. 3 – Газоочисні елементи від Glatt

Замість фільтрувального матеріалу в даній конструкції використовується сітка, яка зображена на рисунку 4, з досить великими комірками, які затримують частинки з покриттям, дозволяє дрібному пилю безперешкодно залишати установку.



Рис. 4 – Уловлююча сітка компанії Glatt

Нововведенням в компанії Glatt є розроблений металевий патронний фільтр SC SuperClean®, наведений на рисунку 5 а, який очищається, промивається та висушується під час роботи завдяки висувним форсункам системи безрозбірної очистки та промивки обладнання CIP/WIP, якою обладнана установка (рисунок 5 б).

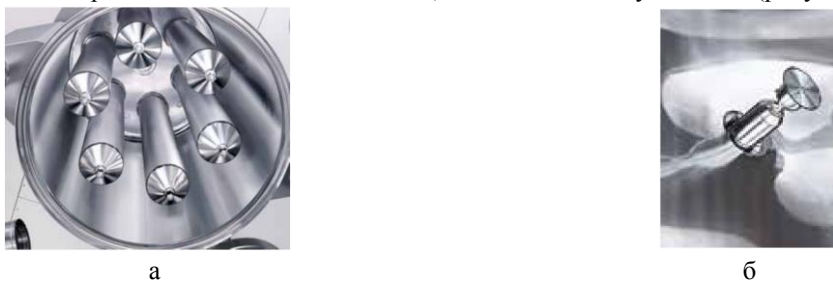
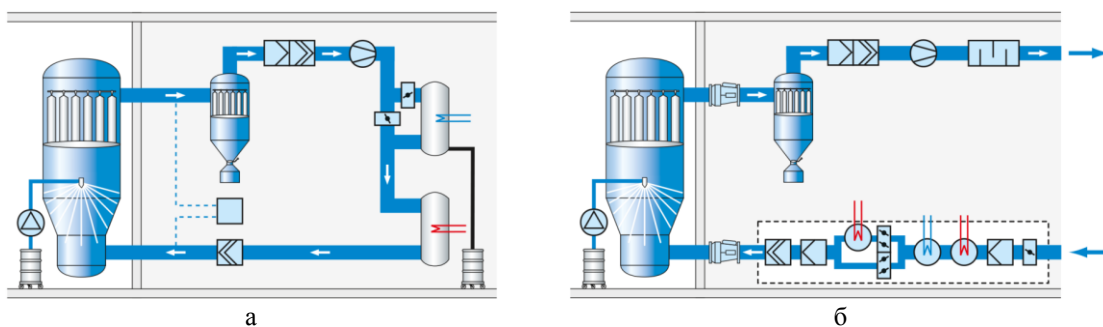


Рис. 5: а – металевий патронний фільтр SC SuperClean® з продувкою; б – висувна форсунка системи безрозбірної очистки та промивки.

Недоліком роботи запропонованої технології є періодичність роботи та значний гідравлічний опір фільтруючих перегородок і неможливість вловлювання водяної пари разом з композитним забрудненням водночас.

На рисунку 6 а, б представлена замкнута система з псевдозрідженим шаром від Glatt.



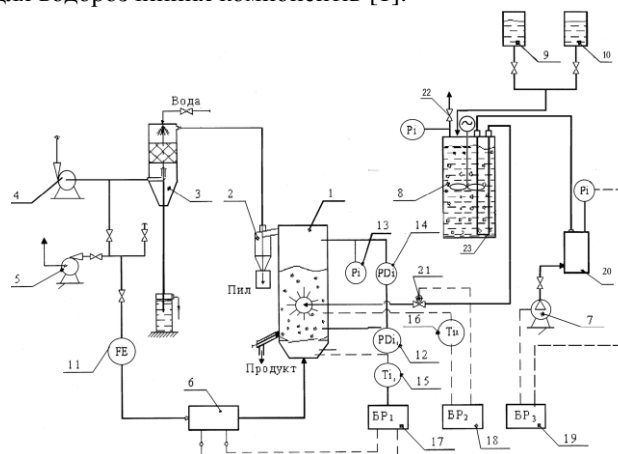
а – замкнута система з псевдозрідженим шаром з продувкою азотом із системою регенерації розчинника; б – підготовка вхідного і очищенням вихідного повітря.

Рис. 6 – замкнута система з псевдозрідженим шаром від Glatt

Недоліком даних установок є неможливість одночасного вловлювання водяної пари з полідисперсними композитами, а конфігурація обладнання ускладнює вилучення вловлених компонентів.

Мета роботи: Забезпечення екологічної безпеки шляхом усунення викидів багатокомпонентних полідисперсних композитів при виробництві гранульованих органо-мінеральних добрив у присутності парів води, що дозволить зменшити витрати на виробництво та покращити добрив характеристики.

Виклад основного матеріалу. На рисунку 7 наведена експериментальна установка, напівзамкнутого типу, з сушаркою киплячого шару для водорозчинних компонентів [1].



1 – апарат з псевдозрідженим шаром; 2 – циклон; 3 – скруббер; 4 – вакуум-насос; 5 – газодувка; 6 – електрокалорифер; 7 – компресор; 8 – ємність робочого розчину; 9, 10 – ємності вихідних розчинів; 11 – діафрагма виміру витрат повітря; 12, 13, 14 – дифманометри; 15, 16 – термомари; 17 – блок регулювання температури теплоносія на вході в апарат; 18 – блок регулювання температури теплоносія в шарі через зміни витрат розчину; 19 – блок регулювання тиску повітря в ресивері; 20 – ресивер компресора; 21 – регулюючий клапан, 22 – регулюючий клапан тиску; 23 – барботер.

Рис. 7 – Схема експериментальної установки

Для вдосконалення установки модернізуємо її за схемою із замкнутим циклом на ділянці газоочистки, шляхом вдосконалення циклону, таким чином, щоб він міг вловити пил та сконденсувати частину водяної пари одночасно.

Для цього на циклон встановлюється охолоджувальні обичайки в різних місцях: на вході – охолоджує вище температури конденсації пари – поступово охолоджуючи та підготовляючи її; на корпусі – охолоджує близько температури конденсації; на виході – конденсує залишкову пару, при відведенні конденсату з вихідного патрубку апарату.

Отже, можна забезпечити безперервну роботу установки та безвідходне виробництво за замкненим циклом.

Висновок: Для забезпечення одночасного вловлювання пилу та парів води в замкненому циклі найбільш раціональним підходом є модернізація циклону.

Список використаної літератури

1. Корнієнко Я. М., Сачок Р. В. Х89 Процеси переносу в дисперсних системах: Навч. посіб. [Електронне видання]. 132 с.: іл.
2. <http://ecology-lectures.ru/inzhenerna-ekologiya/zasobi-i-tehnologii-ochishnennya-vidhidiv/>.
3. http://dn.khnu.km.ua/dn/k_default.aspx?M=k0272&T=03&lng=1&st=0.
4. httpswww.gea.comenbinariesdryer-flash-fluidized-bed-calciner-gea_tcm11-34828.pdf.
5. httpswww.gea.comenbinariesdrying-spray-atomizer-fluid-bed-particle-formation-chemical-gea_tcm11-34869.pdf.
6. GEA Niro Процессный инжиниринг, ООО. – [Електронний ресурс] – <http://www.gea-pe.ru/gpru/cmsdoc.nsf/WebOoc/webb7gdb66>.
7. httpswww.glatt.comfileadminuser_uploadcontentpdf_downloadsProduktbroschuerenrussischWirbelschichtanlagen_RU_141022.pdf.
8. Технологии грануляции компании Glatt. – [Електронний ресурс]. <http://www.glatt.com>.

Надійшла до редакції 22.04.2019