

Секція 5

Моделювання та автоматизація робочих процесів

УДК:678.74.002.5

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ В ДВУХШНЕКОВЫХ ЭКСТРУДЕРАХ

Бардадым Ю.В., Спорягин Э.А.

Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара
49050, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 72, (056)776-82-48.

ferocen@i.ua

В настоящее время двухшнековые экструдеры занимают достойное место в промышленности для смешения пластических масс, эластомеров и энергонасыщенных композиций на основе полимерных материалов. По сравнению с одношнековыми экструдерами они имеют лучшие характеристики по загрузке и транспортировке, что дает возможность перерабатывать даже плохо сыпучие материалы. Кроме того, они обеспечивают небольшую продолжительность переработки, а также узкое распределение времени пребывания. Улучшенные характеристики смешения и теплопередачи позволяют обеспечить хороший контроль за температурой перерабатываемого материала и временем переработки, что является очень важным при переработке энергонасыщенных композиций на основе полимерных материалов.

Двухшнековые экструдеры с вращением шнеков в одну и ту же сторону обеспечивают лучшее качество смешения, вследствие большой разницы относительных скоростей в зоне их сопряжения. Процесс осуществляется за счет поперечной и продольной циркуляции расплава, а также массообмена между смежными S-образными секциями, в результате которого спецматериал подвергается интенсивным сдвиговым деформациям в зазорах зацепления на входе (выходе) в валковый зазор. Модели течения материала в таких шнековых машинах с учетом утечек в зоне зацепления шнеков имеют ряд существенных преимуществ. Например, они дают возможность описать хорошее смешение, хорошую теплопроводность, высокую способность плавления и дегазации и хорошую регулировку температуры сырья. Недостатком моделей является их чрезмерная сложность.

В данной работе предлагается методика определения качества смешивания спецкомпозиций, в которой критерием качества смешивания выступает толщина полосы. Толщину слоя в потоке смешиваемых жидкостей обычно используют как количественную характеристику смешения. В сдвиговом поле толщина слоя уменьшается с увеличением деформации сдвига γ в соответствии с уравнением:

$$\frac{S}{S_0} = \frac{1}{\sqrt{1 + \gamma^2}}$$

Использование данного метода дает возможность создания математической модели процесса смешивания, что с достаточной точностью позволяет предсказать качество смешивания.

Литература

1. Соколов, М. В. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин / М. В. Соколов. – М.: Изд-во Машиностроение, 2004. – 248 с.
2. Ким, В.С. Теория и практика экструзии полимеров / В.С. Ким.– М.: Химия, Колос, 2005.– 568 с.

УДК 004.9;519.7;681.5

**СТРУКТУРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
У ЧЕРВ'ЯЧНОМУ ЕКСТРУДЕРІ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ SIMULINK MATLAB**

Жученко О.А., Чегринець К.І., Ярощук Л.Д.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

м. Київ, проспект Перемоги 37, 03057

kafedra.ahv@gmail.com

Екструдери є одним з найпоширеніших видів устаткування на сучасних виробництвах. На них виробляють дуже широкий асортимент продукції (листи, плівку, труби, профільні вироби), перероблюють вторинну сировину, наносять ізоляцію на кабелі тощо.

Сировина, яка надходить для екструзії, має, зазвичай, нестабільні властивості, що вимагає від системи керування певної адаптації її параметрів, а іноді також алгоритму керування.

Процеси, що відбуваються в екструдері, передбачають застосування низки елементів обладнання: завантажувальний пристрій, корпус екструдера, шнек, формуюча головка, нагрівальні та охолоджувальні пристрої. Функціонування кожного з них визначається ще й режимом екструдера (розігрів, пуск, нормальна експлуатація, виведення з експлуатації).

Задачею дослідження є створення імітаційної моделі для визначення параметрів системи керування екструдера при різних типах сировини, продукції та режимах функціонування обладнання.

Автори виконали декомпозицію екструдера як технологічної системи з урахуванням контурів керування, сформулювали загальну задачу керування екструзією та створили дерево ієрархії задач окремих елементів технологічної системи в залежності від режиму функціонування.

Декомпозиція дозволила створити структурну модель процесів переробки пластмаси у екструдері у вигляді системи функціональних блоків, які передбачено пакетом Simulink системи MatLab.

Структурна модель складається із сукупності моделей по окремих каналах керування. Вона надає можливість досліджувати процеси в кожному елементі технологічної системи при впливі лише однієї вхідної змінної, а також визначати особливості їх перебігу при дії декількох змінних.

На основі цієї моделі можна уточнювати параметри окремих технологічних об'єктів керування за результатами як активного, так і пасивного експериментів.

Завдяки зручній роботі з функціональними блоками структуру моделі можна уточнювати в залежності від результатів порівняння її роботи з роботою реальної технологічної системи.

Імітаційне моделювання екструзії у системі MatLab дозволяє досліджувати параметри різноманітних каналів керування при різній сировині (зокрема тих, які важко або неможливо дослідити експериментально), перевіряти алгоритми керування при різних режимах функціонування обладнання, а також порівнювати ефективність альтернативних алгоритмів керування.

УДК 661.531

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПОЛИЧНИХ КОЛОН СИНТЕЗУ АМІАКУ
А.Л. Концевой, О.В. Мошкучело, С.А. Концевой

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

03056, Київ, проспект Перемоги, 37

kontsev@xtf.kpi.ua

Алгоритм матеріального балансу процесу синтезу аміаку під середнім тиском [1] дозволяє, зокрема, розрахувати параметри потоків на вході і виході колони синтезу. Для поличних колон розроблено і реалізовано в середовищі MathCad алгоритм матеріальних, теплових і конструктивних розрахунків. На першому етапі передбачено визначення байпасних потоків за заданим температурним профілем шляхом розв'язування системи 5 рівнянь (для 4-х поличної колони). За заданими концентраціями аміаку на виході полиці і визначеною витратою байпасу розраховується склад і витрата потоків на вході і виході кожної полиці. Отримані результати є вихідними даними для розрахунку об'єму каталізатору на полицях.

Для розрахунку часу контактування азото-водневої суміші з каталізатором на i -й полиці нами використано одну з модифікацій рівняння Тьомкіна-Пижова:

$$\tau_n = \int_{X_{i0}}^{X_i} \frac{1}{\frac{Ks \cdot (1 - b \cdot X_i)^{2.5} \cdot (1 + X_i)^3}{P^{0.5} \cdot (1 - I_{inert})^{1.5} \cdot X_i} \cdot \left[\frac{x_{ri}^2}{(1 - b \cdot x_{ri})^4} - \frac{X_i^2}{(1 - b \cdot X_i)^4} \right]} dX_i,$$

де X_{i0} X_i – реальна концентрація аміаку на вході і виході з полиці, частка; x_{ri} – рівноважна концентрація аміаку, частка; b – коефіцієнт; Ks – константа швидкості; P – тиск, атм; I_{inert} – концентрація інертних газів, частка;

$$b = \frac{1 + I_{inert}}{1 - I_{inert}}, \quad Ks = 9400 \cdot \frac{723,16}{T_{ceri}} \cdot e^{-\frac{170000}{8,31} \left(\frac{1}{T_{ceri}} - \frac{1}{723,16} \right)}.$$

Для визначення рівноважної концентрації аміаку x_{ri} знаходять спочатку рівноважний ступінь перетворення за азотом x_{pi} з рівняння константи рівноваги, яке в загальному випадку має вид:

$$K_{pi} = \left(\frac{P}{1 + N_{2'vhid} \cdot x_{pi} \cdot \frac{d}{L_1}} \right)^d \cdot \frac{\left(NH_{3'vhid} + N_{2'vhid} \cdot x_{pi} \cdot \frac{L_3}{L_1} \right)^{L_3}}{\left(N_{2'vhid} - N_{2'vhid} \cdot x_{pi} \right)^{L_1} \cdot \left(H_{2'vhid} - N_{2'vhid} \cdot x_{pi} \cdot \frac{L_2}{L_1} \right)^{L_2}},$$

де $L_1=0,5$; $L_2=1,5$; $L_3=1$; $d=-1$ для реакції синтезу аміаку. Вхідні ($vhid$) концентрації компонентів надано у об'ємних частках.

Рівноважна концентрація аміаку дорівнює:

$$x_{ri} = \frac{NH_{3'vhid} + N_{2'vhid} \cdot x_{pi} \cdot \frac{L_3}{L_1}}{1 + N_{2'vhid} \cdot x_{pi} \cdot \frac{d}{L_1}} = \frac{NH_{3'vhid} + N_{2'vhid} \cdot x_{pi} \cdot 2}{1 - N_{2'vhid} \cdot x_{pi} \cdot 2}$$

Константа швидкості і константа рівноваги визначаються за середньої температури T_{ceri} на полиці. За витратою газу на полицю і часом контактування розраховується об'єм каталізатору. Запропонована модель колони синтезу адекватно описує процес: розрахункові і практичні об'єми каталізатору практично співпадають.

1. Концевой А.Л., Концевой С.А. Алгоритм матеріального розрахунку синтезу аміаку. IV Українська НТК з технології неорганічних речовин «Сучасні проблеми технології неорганічних речовин». Дніпродзержинськ, 2008 р., с.36-37.

УДК 669.183.213: 666.1.031.2

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ НА СТВОРЕННЯ АСР СКЛОВАРНЇ ПЕЧІ

О.В. Ситніков

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
м.Київ, пр. Перемоги, 37
axv_sitnikov@mail.ru

В системах керування скловарним виробництвом, а саме скловарною піччю, основним показником якісної роботи виступає мінімізація затрат палива при якості продукту, що відповідає заданим критеріям. Перед впровадженням на виробництво системи керування досліджується її структурна схема на вплив керуючих дій та збурень.

Структура системи керування піччю, що базується на мікроконтролері Ремікоонт, була запропонована в середині 80-х років [1]. В даній структурній схемі керування, як об'єкт розглядалась скловарна піч разом з пальниками.

Наступним кроком розвитку була системи керування, що містить в своєму складі керуючу ЕОМ. Структурна схема такої систем приведена в роботі [2] та зображена на рис. 1. В склад об'єкта, що являє собою скловарну піч, аналогічним до [1], входять пальники. На відміну від стандартних автоматичних систем регулювання (АСР) присутнє вектор збурюючих дій. Особливістю запропонованої системи є те, що дія збурення вимірюється і в подальшому можна створити систему з ліквідацію негативного впливу.



Рис. 1– Структурна схема дворівневої системи керування тепловим режимом ванної скловарної печі: $u(t)$ – вектор керуючих дій, являє собою керуючу дію для АСР витрати палива, $q(t)$ – вектор витрати палива по горілкам печі, $f(t)$ – вектор збурюючі дій.

Для подальшого дослідження систем керування необхідно дослідити до якої групи належать системи керування скловарною піччю. Температури поверхні скломаси використовуються в якості завдання для регуляторів.

В загальному випадку ідея по створенню системи автоматичного регулювання являє собою задачу створення АСР по температурі скломаси. В якості нижніх підкорених контурів регулювання організовані стабілізаційні ПДконттури по регулюванні витрати палива. Також при створенні системи необхідно врахувати ліквідацію негативного впливу від збурення.

Список літературних джерел

1. Тарунин А.А., Межерицкий П.И. Развитие систем автоматизации в производстве стекла. /А.А. Тарунин, П.И. Межерицкий// АТП в производстве стекла. Сборник научных трудов. – Москва, 1985. – С. 10-14.
2. Малышев С.Н. К вопросу управления тепловым режимом ванной стекловаренной печи. /С.Н. Малышев// АТП в производстве стекла. Сборник научных трудов. – Москва, 1985. – С. 57-61.
3. Кошельник А.В., Кошельник В.М., Долженко Е.Ю. Методика оценки влияния регенеративного подогрева воздуха горения на работу ванной стекловаренной печи. /А.В. Кошельник, В.М. Кошельник, Е.Ю. Долженко//Труды ОПУ – Одесса, 2007. –№2(28). С.1-6.

УДК 681.3.08

ИЗУЧЕНИЕ ВОПРОСА АВТОМАТИЗАЦИИ КОМПЛЕКСА УТИЛИЗАЦИИ БОЕПРИПАСОВ

А.А. Андрусенко, П.С. Пата

Шосткинский институт Сумского Государственного университета

ул.Институтская 1, г. Шостка, Сумской обл., Украина, 41100

aaaus@yandex.ru

На сегодняшний день на территории Украины хранится более 700 тысяч тонн боеприпасов на 54 складах в разных регионах. Количество устаревших боеприпасов продолжает увеличиваться, так как истекают их сроки годности.

Создание автоматизированного комплекса утилизации боеприпасов (УБ) позволит многократно увеличить объемы перерабатываемых продуктов и посредством минимизации ручных операций снизить травмоопасность производства.

Разработка автоматизированных технологий расснаряжения боеприпасов имеет определенную специфику, которую следует обязательно учитывать при проведении работ. Прежде всего, это относится к тому факту, что в боеприпасах используются чувствительные к механическим и тепловым воздействиям вещества, представляющие собой значительную потенциальную опасность.

Отсутствие в настоящее время отечественных автоматизированных систем управления процессом УБ [1] объясняется большим разнообразием как конструкций боеприпасов, взрывателей, так и используемых для их снаряжения рецептур взрывчатых веществ (ВВ), имеющих большой диапазон физико-механических и физико-химических свойств.

В связи с этим встает актуальная задача создания на территории страны экологически чистых автоматизированных производств по расснаряжению и переработке элементов боеприпасов. Схема основных этапов утилизации показана на рис. 1.

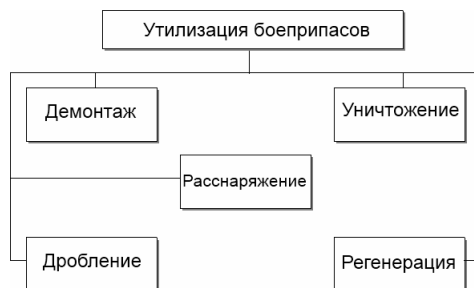


Рис. 1. Схема основных процессов, применяемых при утилизации боеприпасов

Изучение и анализ методов и способов автоматизации процесса утилизации всех видов боеприпасов, применяемых зарубежными странами, показали, что в условиях стран Западной Европы наиболее целесообразными являются: расснаряжение с последующим уничтожением, переработкой компонентов боеприпасов и уничтожение методом дробления и сжигания в специально оборудованных печах с последующей переработкой для промышленного коммерческого применения.

Опираясь на вышесказанное можно сделать вывод, что дальнейшие исследования в направлении автоматизация процесса утилизации боеприпасов позволит снизить риск возникновения аварийных ситуаций, уменьшить объем ручного труда и как следствие снизить процент травматизма на производстве.

1.Кутняшенко, И.В.. Перспективы и проблемы утилизации взрывчатых веществ на предприятиях Украины: сборник научных трудов ДонНТУ серия «Химия и химическая технология» [Текст] / Кутняшенко И.В., Бован Д.В // 1995-2005., 110с.

УДК 621.928.37

ОЧИСТКА ГАЗОВ В ПРЯМОТОЧНЫХ ЦИКЛОФИЛЬТРАХ

К.Б. Шкварун, Ю.А.Безносик

Национальный технический университет Украины «КПИ»

03056, г. Киев, пр. Перемоги, 37

kxtp@list.ru

Циклоны являются наиболее характерными представителями сухих инерционных пылеуловителей, которые, как правило, имеют простую конструкцию, обладают большой пропускной способностью и несложные в эксплуатации. Приводится решение уравнения движения частицы в циклоне с учетом инерционных эффектов относительного движения частиц. Уравнение составлено в неподвижных цилиндрических координатах с учётом сил инерции, сопротивления и внешней силы для нисходящего потока, обусловленной радиальным стоком. Математическая модель (1) - (6) описывает движение и скорость движения твердой частицы в циклонном аппарате.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dw_r}{d\tau} = \frac{w_\varphi^2}{r} + Q(w_{r2} - w_r) \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dw_\varphi}{d\tau} = -\frac{w_r \cdot w_\varphi}{r} + Q(w_{\varphi2} - w_\varphi) \end{array} \right. \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dw_z}{d\tau} = Q(w_{z2} - w_z) \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dr}{d\tau} = w_r \end{array} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\varphi}{d\tau} = \frac{w_\varphi}{r} \end{array} \right. \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dz}{d\tau} = w_z \end{array} \right. \quad (6)$$

Решение данной системы происходит при начальных условиях (7) - (12):

$$w_\varphi = w_{\varphi2} = r_{нач} \quad (7)$$

$$w_r = w_{r2} = 0 \quad (8)$$

$$w_z = w_{z2} = -0.32 \quad (9)$$

$$r_{нач} = r_1, r_2 \quad (10)$$

$$z_{нач} = -z_1, -z_2 \quad (11)$$

$$\varphi_{нач} = 0 \quad (12)$$

где w_{r2} , $w_{\varphi2}$, w_{z2} - составляющие скорости газа в цилиндрической системе координат; w_r , w_φ , w_z - составляющие скорости частицы; $r_{нач}$, $\varphi_{нач}$, $z_{нач}$ - начальные координаты частицы; Q - множитель который учитывает физические свойства процесса пылеулавливания и частиц; r - начальный радиус траектории газа; r_1 , r_2 - границы движения частицы по r составляющей; $-z_1$, $-z_2$ - границы движения частицы по z составляющей; dw_{r2} , $dw_{\varphi2}$, dw_{z2} - составляющие скорости газа в дифференциальной форме; dw_r , dw_φ , dw_z - составляющие скорости частицы в дифференциальной форме.

Для решения представленной системы был написан программный модуль в программном продукте Visual Studio 2010. В результате решения данной системы мы получаем набор данных, которые описывают скорость и положение частицы в циклонном аппарате. Далее по этим данным строим график, на котором можно проследить, что частица двигается внутри газового потока и вылет за пределы него не наблюдается. В конце траектории частица покидает газовый поток, и чистый газ двигается далее к выходу. Предложенную математическую модель можно использовать для расчета аналогичных процессов и определения эффективности циклонного аппарата до его конструирования. Математическая модель выведена таким образом, что все соотношения, входящие в нее безразмерны, и ее можно применить к другим циклонным аппаратам.

УДК 677.021.12.001.2.57

ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СИНТЕЗУ МЕТАКРИЛОВОЇ КИСЛОТИ

Д.В.Безсінний, Л.М.Бугасва

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
03056, Київ, пр. Перемоги, 37

kxtp@list.ru

Метакрилова кислота використовується у промисловості при виробництві іонообмінних смол, у лакофарбовій, косметичній промисловості, у виробництві засобів побутової хімії та в інших галузях. Такий широкий спектр застосування обумовлює високу потребу у метакриловій кислоті.

Авторами розглядався спосіб отримання метакрилової кислоти окисненням метакролеїну в газовій фазі на гетерогенному катализаторі в присутності водяної пари. Технологічна схема виробництва метакрилової кислоти окисненням метакролеїну складається з реактора окиснення і системи розділення суміші, що відбирається на виході з реактора (рисунок 1).

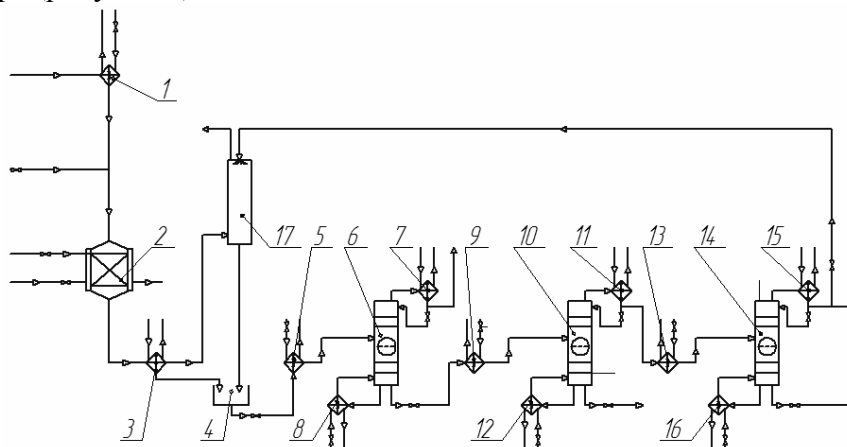


Рис.1 Технологічна схема виробництва метакрилової кислоти окисненням метакролеїну.

1 – теплообмінник-випарник; 2 – реактор окиснення; 3 – холодильник-конденсатор; 4 – резервуар для збору рідини; 5,9,13 – підігрівачі вхідної суміші; 6,10,14 – ректифікаційні колони; 8,12,16 – підігрівачі кубового залишку; 7,11,15 – дефлегматори; 17 – промивна колона

Оскільки схема має значну кількість апаратів та рециклічні потоки, то її розрахунок можливий тільки із використанням сучасних моделюючих програм (симуляторів) таких, як ASPEN PLUS, HYSYS, PRO/II та ChemCad. Для розрахунку схеми отримання метакрилової кислоти була виконана моделююча програма ChemCad. Проводячи розрахунки балансів для різних вхідних даних та керуючих параметрів, а також використовуючи вбудовані в програму процедури аналізу можливих варіантів схем, були знайдені найкращі варіанти схеми процесу отримання метакрилової кислоти. Крім того, був застосований алгоритм мінімізації відходів WAR, який інтегрується із програмою розрахунку матеріальних балансів ChemCad. Ця інтегрована програмна система дозволила отримати відносні значення потенціальних екологічних впливів (рівня шкідливості) різних варіантів технологічних схем. Беручи до уваги сучасні вимоги зеленої хімії та сталого розвитку, такий підхід та застосування сучасних програмних засобів надали можливість вибрати найбільш ефективний із проектних варіантів схеми виробництва метакрилової кислоти.

УДК 62-529

СТЕНДИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ В.І. МАРАХОВСЬКИЙ

Шосткинський інститут Сумського державного університету
4100, м. Шостка, вул. Інститутська, 1
shi_nir@sm.ukrtel.net

Навчальні лабораторні стенди з можливістю симуляції складних розподілених об'єктів управління і натурними компонентами автоматизованої системи - це новий шлях при вирішенні проблеми організації навчальних лабораторій з вивчення складних програмно-технічних засобів автоматизованого управління.

На сьогодні відсутні, які серійно випускаються вітчизняною промисловістю, що дозволяють безпечно, але максимально наближено до реальності, працювати з віртуальними і реальними об'єктами управління, вивчати основи побудови та нові технології АСУ ТП.

Виходячи з ситуації, що склалася розробляється багатофункціональний навчально-лабораторний комплекс у складі персонального комп'ютера, навчально-лабораторного стенду і моделей об'єкта управління.

Персональний комп'ютер використовується для установки програмного забезпечення для діагностики, конфігурування та програмування ПЛК, що входить до складу навчально-лабораторного комплексу, а також для створення середовища візуалізації та керування технологічним об'єктом.

Навчально-лабораторні стенди будуються на базі промислових контролерів (програмованих логічних контролерів) з процесорним модулем, модулем живлення, модулями аналогового і дискретного введення-виведення і комунікаційними модулями; модулями віддаленого аналогового і дискретного введення-виведення; вимірювальними розділовими перетворювачами; пультом інженера; імпульсним блоком живлення; автоматичними вимикачами, реле, комутаторами, перетворювачами інтерфейсів, пристроями захисного відключення, клемники, кнопки.

Моделі об'єкта управління реалізуються у вигляді реальної фізичної моделі управління і за допомогою програмної моделі, з використанням пакету LabView.

Основу програмного забезпечення комплексів становить SCADA_система - пакет CoDeSys. Візуалізація процесів автоматизації технологічних процесів забезпечується SCADA-пакетом. Компоненти SCADA дозволяють оптимально вибудовувати режими взаємодії об'єкта управління з ПЛК по ряду різних інтерфейсів.

Типи навчально-лабораторних комплексів:

- «Системи управління технологічними процесами»;
- «Інтегровані комп'ютерні системи управління»;
- «Резервовані розподілені системи управління технологічними процесами».

Література

1. http://www.kdu.edu.ua/statti/Tezi/Tezi_2012/21.pdf.
2. <http://elesy.ru/products/products/labs.aspx>.

УДК 66.099.2

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОТРИМАННЯ МОНОДИСПЕРСНИХ ГРАНУЛ

В.І. Склабінський, А.Є. Аргюхов, М.С. Скиданенко

Сумський державний університет

40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2

pohnp@yandex.ru

На сьогоднішній день в хімічній промисловості для виробництва гранульованого продукту з розплавів активно використовуються обертові віброгранулятори. Але вони мають деякі недоліки: забивання отворів витікання при диспергуванні рідини з домішками, що спричиняє перетин траєкторії руху крапель та їх об'єднання, порушуючи гранулометричний склад продукту, вони не можуть працювати в широкому діапазоні навантажень по розплаву. У даній роботі розглянуто один із варіантів усунення зазначених недоліків, шляхом підвищення швидкості витікання рідини з отворів пристрою. Збільшення швидкості витікання рідини з пристрою досягається шляхом монтажу в нижню частину вже існуючої конструкції обертового пристрою напірних лопатей, які повторюють форму днища. Вказане дослідження проводилося за допомогою чисельного моделювання за допомогою програмного забезпечення ANSYS CFX (<http://www.ansys.ru/>). Отримані результати чисельного моделювання гідродинаміки потоку пристрою без лопатей показують, що основна маса рідини, за винятком дуже тонкого прикордонного шару, який прилягає до внутрішньої поверхні оболонки (рис. 1а), рухається з великим відставанням від оболонки. У кожний проміжок часу в області отвору витікання знаходиться нова мала частка рідини. За цей час за рахунок надлишкового тиску буде переданий імпульс у напрямку осі отвору. У цей момент відбувається витікання рідини з отвору. Так як рідина потрапляє в зону неперфорованої частини стінки оболонки, то радіальна складова швидкості рідини, яка не встигла увійти в отвір, у наступний момент часу знову стане рівною нулю. У зв'язку з тим, що зі збільшенням частоти обертання оболонки зростання тиску в ній незначне, то час перебування частки рідини зменшується, а, отже, зменшується і витрата рідини. При монтуванні лопатей спостерігається збільшення швидкості потоку рідини, під дією відцентрових сил, від вала до отворів витікання (рис.1 б). Збільшення швидкості витікання потоку рідини, в середньому на 7%, відбувається зі збільшенням кількості напірних лопатей. Максимальна кількість напірних лопатей в пристрої повинна бути 6, тому що при подальшому збільшенні елементів, в прикордонному шарі перед отворами витікання спостерігається утворення вихорів, які створюють додаткові слабкі коливання, що призводять до нерівномірного режиму диспергування розплаву.

Таким чином, можна стабілізувати та управляти витратами розплаву, що дасть можливість роботи в широкому діапазоні навантажень по розплаву з отриманням монодисперсного складу продукту.

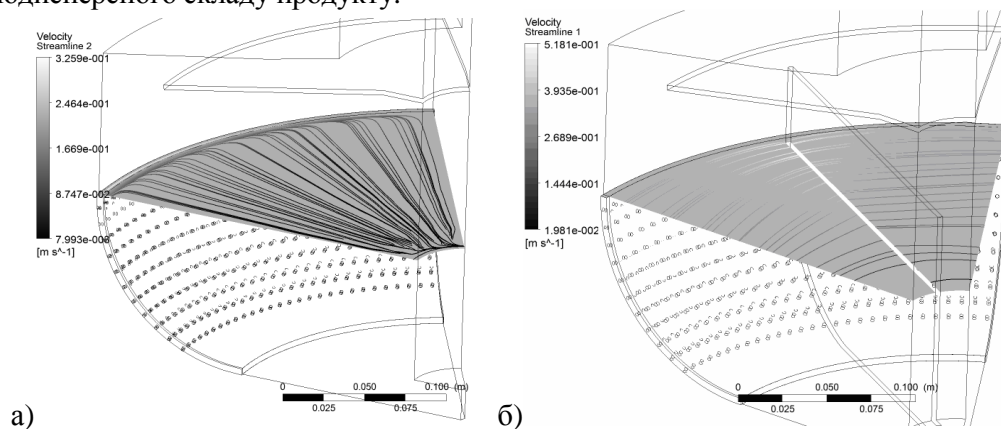


Рис.1 Схеми ліній току рідини : а) без лопатей; б) 6 лопатей

УДК 66.099.2

ВПЛИВ ДИНАМІКИ РУХУ ДИСПЕРСНОЇ ФАЗИ НА РОЗМІРИ ГРАНУЛЯЦІЙНИХ ВЕЖ

А.Є. Артюхов, А.М. Демченко

Сумський державний університет

40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2

pohnp@yandex.ru

Гідродинаміка руху висхідного газового потоку і краплі (гранули) в ньому значною мірою впливає на якість готового продукту та розміри сучасних грануляційних веж. Аналіз зовнішніх сил, які діють на дисперсну фазу, і внутрішніх напружень, що виникають в ній, дозволяють спрогнозувати умови її деформації, руйнування, траєкторію руху і час перебування в об'ємі грануляційної вежі. Вибір оптимального гідродинамічного режиму руху суцільної і дисперсної фаз дозволило ефективно використовувати існуючі конструкції грануляційних веж та створювати нові зі зменшеними габаритами.

Методика аналізу полягає у визначенні умов балансу дії зовнішніх сил та внутрішніх напружень, при яких досягаються необхідні гідродинамічні характеристики рівноваги системи.

Під час руху краплі, на неї діють такі основні сили: тяжіння, виштовхуюча (у випадку, коли щільність суцільного середовища значна), аеродинамічного опору повітряного потоку і тертя між поверхнею краплі і повітряним потоком. Визначається залежність швидкості руху краплі (W) від її розміру (d) та початкової траєкторії руху ($x; y$). При розрахунку враховується зміна форми краплі, яка виникає внаслідок нерівномірності розподілу тиску по її поверхні і напружень в ній від дії сили поверхневого натягу.

Отримана залежність $W = f(d; x; y)$ дозволяє розглянути задачу теплообміну між дисперсною і суцільною фазами, рішенням якої є час (τ), необхідний для початку кристалізації поверхневих шарів краплі. Після проходження відстані вплив тиску, зовнішніх сил і внутрішніх напружень на формування краплі різко знижується.

При подальшому русі краплі зі створеним поверхневим шаром стає можливим збільшити час її перебування в грануляційній вежі за рахунок таких конструктивних рішень:

- створення закрученого потоку повітря за рахунок встановлення в нижній частині грануляційної вежі направляючих, що дає можливість захоплення краплі в обертальний рух по спіралеподібній траєкторії після кристалізації її поверхневого шару;
- конструювання змінного за перерізом корпусу грануляційної вежі, внаслідок чого стає можливим управління швидкістю руху краплі по мірі її переміщення за вертикальною складовою траєкторії;
- створення умов прямотечійного руху дисперсного і суцільного середовища, чим створюються умови для збільшення відстані польоту краплі при збереженні габаритів грануляційної вежі, а також досягається зменшення деформації її поверхні і внутрішніх напружень в ній;
- комбінація вказаних методів.

Таким чином, раціональний підбір гідродинамічних параметрів руху дисперсної фази, врахування її початкової траєкторії і швидкості дозволяють максимально ефективно використовувати робочий простір грануляційної вежі, управляти польотом краплі і створити умови для забезпечення необхідного часу її кристалізації без втрати первинної форми.

УДК 66.047

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КІНЕТИКИ СУШІННЯ ЗЕРНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ У ГРАВІТАЦІЙНИХ ПОЛИЧНИХ АПАРАТАХ

Н.О. Артюхова, М.П. Юхименко

Сумський державний університет

40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2

pohnp@yandex.ru

Перспективним напрямом зменшення енергетичних витрат при проведенні тепломасообмінних процесів у завислому шарі є використання багатоступеневого протитечійного контакту зріджуючого агента та дисперсної фази. Такі процеси (знепилювання, пневмокласифікація, гранулювання, теплообмін та ін.) реалізуються в апаратах поличного типу. Використання представленої організації руху потоків в застосуванні до сушіння не знайшло широкого огляду в сучасній науковій літературі, тому потрібен більш глибокий аналіз гідродинамічних умов та кінетики проведення цього процесу, розробка надійних методів розрахунку поличних сушарок та вдосконалення їх конструкцій.

При описі гідродинамічних та кінетичних параметрів процесу сушіння зернистих матеріалів у гравітаційних поличних апаратах загальна математична модель складається з окремих елементів (рівнів). Кожен наступний рівень математичної моделі є узагальнюючим по відношенню до попереднього та враховує одержані в ньому параметри. Така ієрархічна структура дозволяє провести аналіз процесу сушіння від елементарного об'єму потоку до поступеневої зміни гідродинамічних і кінетичних параметрів в цілому і в кінцевому результаті отримати математичний опис процесів, які відбуваються у всьому об'ємі апарата.

На першому рівні математичної моделі визначається інтенсивність передачі тепла від сушильного агенту до поверхні зернистого матеріалу за результатами опису кінетики його нагрівання. При цьому визначається необхідний час прогрівання поверхні зернистого матеріалу до визначеної температури. При розгляді кінетики процесу сушіння одиночної сферичної частинки на першому рівні при умові вмісту вологи до 2% масових, час сушіння приймається рівним часу прогрівання, тому розглядається процес міжфазного теплообміну між її поверхнею та потоком сушильного агенту, а також перенесення тепла всередині неї.

На другому рівні проводиться опис гідродинаміки процесу сушіння, визначається поле швидкостей газового потоку та частинок матеріалу на кожному зі ступенів гравітаційної поличної сушарки, час перебування частинок в апараті, здійснюється співставлення значень часу перебування частинки і часу її прогрівання.

На третьому рівні проводиться рекурентний розрахунок процесу видалення вологи з матеріалу в об'ємі всього апарату, визначається ефективність кожного зі ступенів гравітаційної поличної сушарки залежно від необхідного часу перебування та інтенсивності масопереносу; визначаються оптимальні конструктивні параметри сушарки (кількість ступенів, кут нахилу та довжина полиць) залежно від початкових характеристик сушильного агенту та зернистого матеріалу. Дані з двох попередніх рівнів математичної моделі (час і температура прогріву матеріалу, гідродинамічні характеристики потоків) є вихідними для визначення максимальної ефективності кожного зі ступенів сушіння в межах поличного апарату.

Результати математичного моделювання дозволяють провести оптимізаційний розрахунок гравітаційної поличної сушарки з визначенням конструктивних і технологічних параметрів процесу, при яких ефективність кожного зі ступенів каскаду буде максимальною.

УДК 66.074.1

**ІНЕРЦІЙНО-ФІЛЬТРУЮЧІ СЕПАРАТОРИ
ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМИСЛОВИХ ГАЗІВ І РОЗДІЛЕННЯ
ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ СУМІШЕЙ ХІМІЧНИХ
І ГАЗОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ**

О.О. Ляпощенко, А.В. Логвин, О.В. Настенко

Сумський державний університет
40007, вул. Римського-Корсакова, 2.

Сепараційне обладнання є обов'язковим елементом установок підготовки (очищення, осушення та сепарації) промислових газів та очищення газових викидів в атмосферу в хімічній, нафтогазовій та інших галузях промисловості. Тому пошук нових способів обробки газорідних сумішей та прогресивних конструкцій сепараційних пристроїв для їх здійснення безперечно постає актуальним.

Традиційні конструкції жалюзійних сепараційних елементів відрізняються геометричною конфігурацією сепараційних каналів. В останній час було розроблено високоефективні конструкції інерційно-фільтруючих сепараторів, що поєднують переваги як інерційного, так і фільтруючого методів розділення аеродисперсних систем [1,2]. В зв'язку з цим виникає необхідність глибокого теоретичного і експериментального вивчення процесів інерційно-фільтруючої сепарації газорідних сумішей.

На основі проведених експериментальних досліджень гідродинамічних процесів розроблено методики розрахунку інерційно-фільтруючих газосепараторів, що дозволяють визначити параметри процесу сепарації та геометричні розміри сепараційних вузлів. Комп'ютерним моделюванням руху потоку природного газу у сепараційних каналах визначено місце доцільного розташування та розміри фільтруючих елементів.

При розробці фізичної моделі інерційно-фільтруючої сепарації процес розділено на стадії [3]: рух газокраплинного потоку інерційною секцією криволінійного сепараційного каналу, проникнення газокраплинного потоку у фільтруючі секції, коалесценція вловлених часток на волокнах у шарі фільтру, утворення та відведення плівки вловленої рідини до дренажних каналів. Враховано, що основний процес сепарації активно супроводжується вторинними процесами (бризкоунесення).

Подальші дослідження мають бути спрямованими на розв'язання основних рівнянь гідродинаміки методами обчислювальної гідродинаміки (computational fluid dynamics (CFD)), рухливих клітинних автоматів (movable cellular automata (MCA)), або дискретного елемента (discrete element method (DEM)), вирішення задачі моделювання механізмів (процесів) інерційно-фільтруючої сепарації та впливу на них сполученого міжфазного тепломасообміну.

Список літературних джерел

1. Ляпощенко О.О. Гідродинаміка інерційно-фільтруючих сепараційних пристроїв очищення природного газу: дис.. ... канд. техн. наук, Суми, 2006 р., - 152с
2. Склабинский В.И., Ляпощенко А.А., Логвин А.В. Гидродинамические особенности движения двухфазных потоков в инерционно-фильтрующих сепараторах: Вісник СумДУ. — 2009. — №1(94). — С. 79-83.
3. Мустафа Аль Раммахи, Логвин А.В., Ляпощенко О.О. Фізична модель руху газокраплинних потоків сепараційними каналами та фільтруючими секціями інерційно-фільтруючих газосепараторів, Нафтогазова енергетика. — 2011. — №2(15). — С. 5-11.

УДК: 662.235.432.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЛИМЕРА В ПРОЦЕССЕ ОТЛИВА НИТРОЦЕЛЛЮЛОЗНОЙ ОСНОВЫ

В. А. Багута Г. В. Кулинченко

Шосткинский институт Сумского государственного университета
41100, г. Шостка, ул. Институтская, 1

shi_nir@sm.ukrtel.net

Суть теории управления состоит в построении математической модели на основе системного анализа объекта управления и синтезе алгоритма управления для получения желаемых характеристик протекания процесса. В данной работе приводится математическое описание движения полимера в трубопроводе при отливе нитроцеллюлозной пленки, с учетом реологии жидкости.

При заданных технологических параметрах течение имеет ламинарный характер, и для ньютоновской жидкости в установившемся состоянии описывается законом Пуазейля, который является одним из самых простых и точных решений уравнения Навью-Стокса:

$$V(r) = \frac{p1 - p2}{4\eta L} (R^2 - r^2)$$

где: V - скорость жидкости вдоль трубопровода; r - расстояние от оси трубопровода; R - радиус трубопровода; $p1-p2$ - разность давлений на входе и на выходе из трубы; η - вязкость жидкости; L - длина трубы.

Однако пленкообразующий раствор является неньютоновской псевдопластичной жидкостью, кривая течения сохраняет нелинейный характер при отсутствии первоначального напряжения сдвига, уменьшая кажущуюся вязкость с возрастанием напряжения сдвига [1]. И, описываемый степенным реологическим уравнением Освальда и де Виля:

$$\eta = B|\dot{\gamma}|^{n-1} \quad (1)$$

где: η – вязкость жидкости; B – характеризует вязкость системы; $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига; n – отклонение свойств данной жидкости от свойств ньютоновской жидкости.

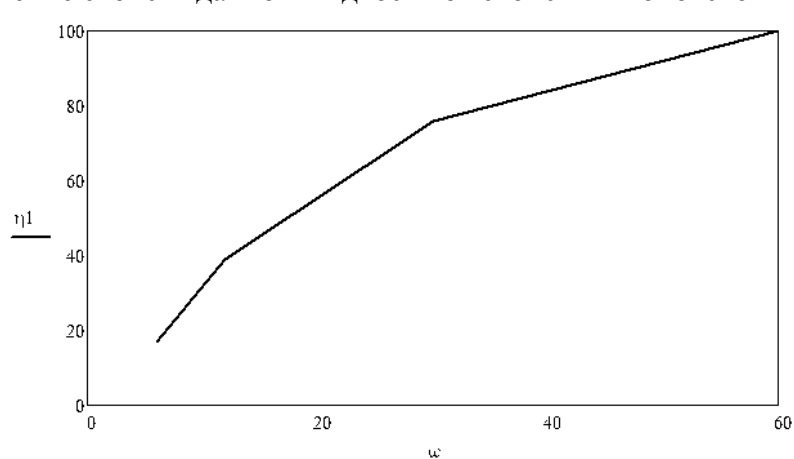


Рисунок 1 – Зависимость вязкости от скорости сдвига, полученные с помощью ротационного аналогового вискозиметра Брукфильда.

Во время движения полимера вблизи твердых поверхностей проявляется аномалия, заключающаяся в возникновении проскальзывания, называемую пристенным эффектом или π -эффектом. Наличие пристенного эффекта приводит к нарушению гипотезы о прилипанию и необходимости задавать соответствующие граничные условия [2].

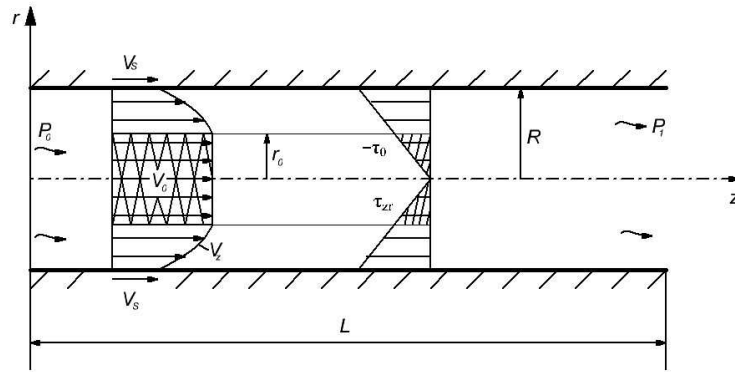


Рисунок 2 – Схема течения вязкопластической жидкости со скольжением.

Граничные условия у стенок трубы описываются выражением:

$$v_s = \begin{cases} 0 & \text{при } \tau \leq \tau_{CT} \\ \frac{\beta_s (\tau_{CT}) |\tau_{CT}|}{R^{m_0}} & \text{при } \tau > \tau_{CT} \end{cases} \quad (2)$$

где: β_s – «истинный» коэффициент скольжения жидкости; τ_{CT} – касательное напряжение на стенке; R – радиус трубопровода; m_0 – коэффициент определяемый экспериментально.

Расход жидкости через трубу согласно (рис.2) с учетом пристенного проскальзывания вычисляется следующим образом:

$$Q_z = \pi r_0^2 v_0 + 2\pi \int_{r_0}^R v_z r dr \quad (3)$$

Выразив скорости v_0 и v_z с учетом граничных условий (2) и аномалии вязкости (1), подставим полученные скорости в выражение (3) получим расход жидкости, подчиняющийся степенному закону с учетом пристенного скольжения:

$$Q_{zT} = \frac{n}{1+3n} \left(\frac{AR}{2B} \right) \pi R^2 + \frac{1}{2} \pi \beta_s AR^{3-m_0}$$

где: $A = |\partial P / \partial z|$

При получении математического описания процесса выявлено две нелинейные зависимости, степенная функция вязкости, и релейная характеристика граничных условий скорости на стенках, что усложняет анализ объекта управления, и не позволяет использовать классические подходы анализа объектов управления используемые для линейных систем. Полученное описание позволяет уточнить модель процесса отлива пленок.

Список литературы

1. Багута В. А., Кулинченко Г. В. Идентификация формирующего инструмента как объекта управления при отливе пленок. III Міжнародна науково-практична конференція «Комп'ютерне моделювання в хімії, технологіях і системах сталого розвитку». - Київ-Рубіжне., 2012, с. 160-162.
2. Янков В.И. Боярченко В.И. Переработка волокнообразующих полимеров. Основы реологии полимеров и течения полимеров в каналах. – Москва – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика». Институт компьютерных исследований, 2008. – 264с.