

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут технічної теплофізики НАН України

Інститут Газу НАН України

Грузинський технічний університет

*Присвячено 75 річчю зі дня народження
професора Радченка Леоніда Борисовича*

**Збірник тез доповідей XII міжнародної
науково-практичної конференції студентів,
аспірантів і молодих вчених**

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОБЛАДНАННЯ”**

26-27 квітня
Київ 2017

УДК 66

ББК 35.11я43

Р 43

Збірник тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (26-27 квітня 2017 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 110 с

Збірник тез доповідей XII міжнародної науково- практичної конференції студентів, аспірантів і МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

"РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ"

Рекомендовано до друку
Радою молодих вчених
Інституту технічної
теплофізики
НАН України
Протокол № 2-17
Від 24 квітня 2017 р.

Рекомендовано до друку
Кафедрою машин та апаратів
хімічних
і нафтопереробних виробництв
Протокол № 12
від 29 березня 2017 р.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Україна

Киричок П.О. д.т.н., проф., проректор Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» з науково-педагогічної роботи, голова програмного комітету конференції

Корнієнко Я. М. д.т.н., професор, зав. кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету, заступник голови програмного комітету конференції

Снежкін Ю. Ф. д.т.н., заступник директора Інституту технічної теплофізики НАН України

Ільєнко Б. К. к.т.н., Вчений секретар Інституту Газу НАН України

Ковтун С. І. Рада молодих вчених Інституту технічної теплофізики НАН України

Корінчук Д. М. к.т.н., Рада молодих вчених Інституту технічної теплофізики НАН України

Грузія

Какубава Рєваз (Івері) В. д.т.н., професор Грузинського технічного університету

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Корнієнко Я. М.** д.т.н., професор, зав. кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ», голов організаційного комітету конференції
- Степанюк А. Р.** к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ», заступник голови програмного комітету конференції
- Марчевський В. М.** к.т.н., професор кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ»
- Андрєєв І. А.** к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ»
- Швед М. П.** к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ»
- Зубрій О. Г.** к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ»

СЕКЦІЯ 1

**«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І
НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ЯКОСТІ НЕОДНОРІДНОГО ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ

магістрант Турко С.О., д.т.н., проф. Корнієнко Я.М., асист. Гайдай С.С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ефективне застосування техніки псевдозрідження при зневодненні та гранулюванні рідких систем, суттєво залежить від режиму псевдозрідження.

Підвищення інтенсивності та стійкості кінетики процесу гранулоутворення буде досягнута при максимальному залученні поверхні зернистого матеріалу, визначеної з умов масообміну при відсутності застійних зон на ГРП, що реалізується завдяки особливому гідродинамічному режиму в апараті.

Тому визначення умови та способу взаємодії зріджуючого агента-теплоносія з зернистим матеріалом, з метою забезпечення активного об'ємного трьохмірного перемішування зернистого матеріалу в шарі є актуальним.

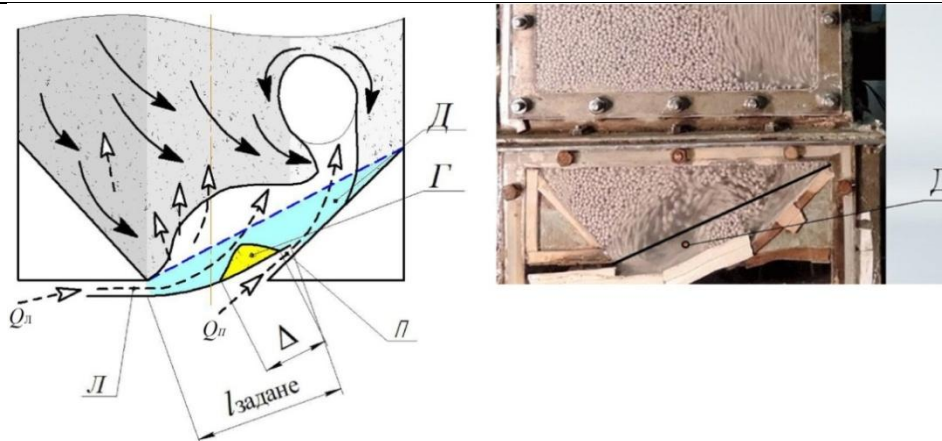
Метою експериментальних досліджень є визначення параметрів струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження при якому відсутні застійні зони на робочих елементах газорозподільного пристрою (ГРП).

Дослідження гідродинаміки проводилися на пілотній установці з розмірами камери гранулятора $A \times B \times H = 0,3 \times 0,11 \times 1,25$ м із прозорою передньою стінкою, яка дозволяє візуально спостерігати та проводити відео-фіксацію режиму гідродинаміки при застосуванні ГРП щілинного типу [1].

Стійкість процесу гранулювання комплексних органо-мінеральних добрив в першу чергу залежить від гідродинамічних умов в зоні ГРП, тому доцільно визначати якість гідродинаміки через відсутність застійних зон на робочих поверхнях ГРП на яких відбувається безпосередній контакт гранул з високотемпературним теплоносієм, зона Д, рисунок 1 а, б.

Цілком очевидним є те, що досягнення бажаного результату можливе тільки при значеннях $\epsilon \geq 0,76$ в зоні Д, рисунок 1 а.

За результатами відео-аналізу найкращий результат дали експериментальні дослідження, при об'ємних витратах зріджуючого агента $v = 0,053$ м³/с, числі псевдозрідження $K_w = 1,37$ та при початковій висоті шару $H_0 = 0,32$ м з еквівалентним діаметром частинок $D_e = 3,97 \cdot 10^{-3}$ м.



а) б)

а – схематичне зображення зони Д; б – фотофіксація стану зони Д;
 Г – застійна зона на пластині ГРП; Д – зона інтенсивного тепломасообміну;
 Л, П – ліва та права щілини ГРП; Δ – поточне значення довжини застійної зони; $l_{\text{задане}}$ – довжина пластини ГРП

Рисунок 1- Миттєве розташування фаз в зоні ГРП

Динаміка експериментально визначених значень порозності $\varepsilon_D = f(\tau)$ в зоні Д наведена на рисунку 2, характер зміни якої свідчить про наявність автоколивального режиму в діапазоні значень $0,765 \leq \varepsilon_D \leq 0,9$ з частотою 3,57 Гц при застосуванні струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження.

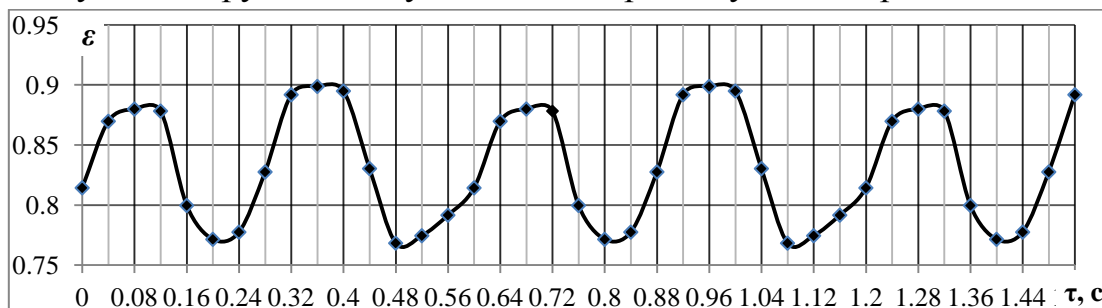


Рисунок 2 - Динаміка зміни порозності в зоні Д $\varepsilon = f(\tau)$

Очевидним є те, що наявність довготривалого існування застійної зони на поверхні ГРП, призводить до оплавлення матеріалу на робочій поверхні ГРП. Тому оцінка якості псевдозрідження яка забезпечує стійкість кінетики процесу гранулоутворення буде визначатися мінімізацією часу існування малорухомої області на робочій поверхні ГРП при мінімальному значенні Δ.

Для кількісної оцінки якості гідродинаміки використано метод Тагучі, який дозволяє розрахувати показник втрати якості [2]:

$$L = K_1(\varepsilon_{\text{задане}} - \varepsilon_{\text{дійсне}})^2 + K_2 \left[1 - \left(\frac{l_{\text{задане}} - \Delta}{l_{\text{задане}}} \right) \right]^2, \quad (1)$$

де $K_1=0,3$ та $K_2=0,7$ – вагові коефіцієнти; $\varepsilon_{\text{задане}}=0,88$ – задане значення порозності шару в зоні ГРП; $\varepsilon_{\text{дійсне}}$ – експериментально визначене поточне

значення порозності при витратах v_i ; $l_{\text{задане}}=0,12$ м – задана робоча довжина пластини ГРП, м; Δ – експериментально визначене поточне значення довжини застійної зони на пластині ГРП при витратах v_i , м.

За методом Тагучі розраховано показник втрати якості для тих же проміжків часу, що і для порозності, рисунок 2. Зона задовільної якості знаходиться при значенні втрати якості $0 \leq L \leq 0,1$.

Тоді якість гідродинаміки може бути записана:

$$Y_a = 1 - L. \quad (2)$$

Максимальне значення якості гідродинаміки буде досягнуте при умові $L \rightarrow 0$, рисунок 3.

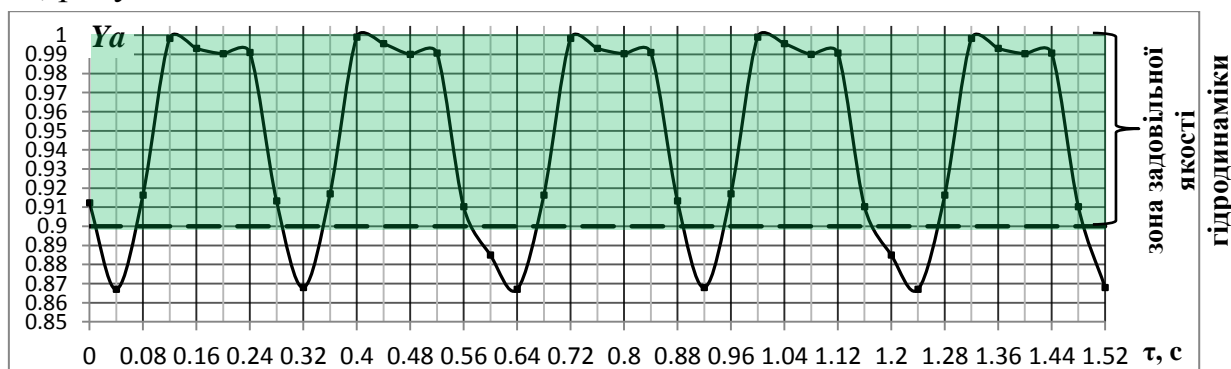


Рисунок 3 - Динаміка зміни якості гідродинаміки

Динаміка зміни загальної якості, рис.3, підтверджує ефективність застосування струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження, оскільки тривалість якісного процесу становить 0,22с, що складає 80% від загальної тривалості циклу $T=0,28$, при задовільному значенні якості гідродинаміки ($Y_a \geq 0,9$).

Таким чином, запропонована методика дозволяє визначити якість гідродинаміки при практично відсутньому інерційному виносу гранул з апарата із забезпеченням кратності циркуляції маси шару ΔM до 3,57 Гц.

Відсутність застійних зон дозволяє реалізувати грануляцію добрив з коефіцієнтом гранулоутворення $\psi \geq 90\%$, та питомим навантаженням поверхні шару за вологою $a_f = 0,8-0,9$ кг_{вол.}/(м²·год) при температурі теплоносія на вході $T_{\text{вх}}=200$ °С та температурі шару $T_{\text{ш}}=95-100$ °С.

Перелік посилань:

1. Патент України на корисну модель № 109509 U B01J 8/44. Газорозподільний пристрій апарата псевдозрідженого шару / Турко С.О., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Мартинюк О.В., Любека А.М.– 25.08.2016.

2. Метод Тагучи. – [Електронний ресурс]. - <http://statistica.ru/local-portals/quality-control/funktsiya-poter-taguchi/> від 27.02.2017 р.

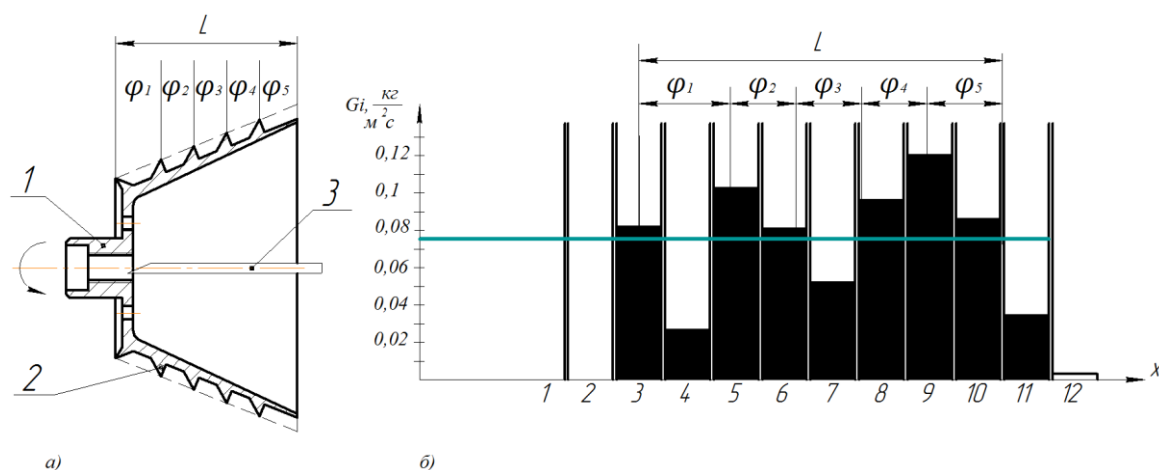
МЕХАНІЧНИЙ ДИСПЕРГАТОР ДЛЯ ВВЕДЕННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ

магістрант Манастирний М.М., д.т.н., проф. Корнієнко Я.М., ас.Любека А.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Створення органо-мінеральних твердих композитів шляхом зневоднення і гранулювання гетерогенних рідких систем в псевдозрідженому шарі можливе при застосуванні механічного диспергатора який встановлений в псевдозрідженний шар і повинен забезпечувати рівномірний розподіл в заданому об'ємі, що дозволить запобігти перезволоженню при збільшенні витрат рідкої фази. Попередніми дослідженнями [1] встановлено, що для виконання цих вимог найбільш відповідає конструкція диспергатора зображена на рисунку 1. З перфорованою поверхнею.



а) – Конструкція механічного диспергатора, 1 – диспергатор, 2 – відбійні кільця, 3 – трубка подачі робочого розчину. б) Масове розподілення при

$$G_v = 0,442 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \text{с}}, n = 60 \text{ Гц}, w_{\text{л}} = 9 \text{ м/с}$$

Рисунок – 1 Механічний диспергатор з розподіленням

При цьому було встановлено, що за рахунок поверхневого натягу на зовнішній поверхні створюються додаткові струмені рідини, що спричинюють перезволоження. Тому була запропонована конструкція диспергатора з площею живого перетину $\varphi = 4\%$ які розподіленні $\varphi_1 : \varphi_2 : \varphi_3 : \varphi_4 : \varphi_5 = 1,2 : 1 : 3 : 5 : 2$ і на зовнішній поверхні встановленні відбійні кільця, рисунок 1а).

Розподілення маси крапель по довжині розраховується за формулою:

$$g_i = \frac{G \cdot h_i}{a \cdot 3600 \cdot \sum h_i},$$

де G – масові витрати рідини, кг/год, h_i – висота стовпа рідини в окремій комірці касети, мм, a – ширина комірки, мм, $\sum h_i$ – сума висот стовпів рідини у всіх комірках, мм.

Це дозволить зменшити локальне перезволоження в зоні крайки диспергатора та досягти більш рівномірнішого розподілення вздовж вісі X. Середнє квадратичне відхилення становить $\sigma = 7,8\%$.

Для підвищення коефіцієнта гранулоутворення та зменшення пиловиносу важливо визначити розмір крапель по зонам диспергування. За оригінальною методикою було створено лабораторний стенд який дозволив визначити кількість краплин та їх розміри. Результати досліджень у вигляді розподілення числа крапель за розмірами зображенні на рисунку 2.

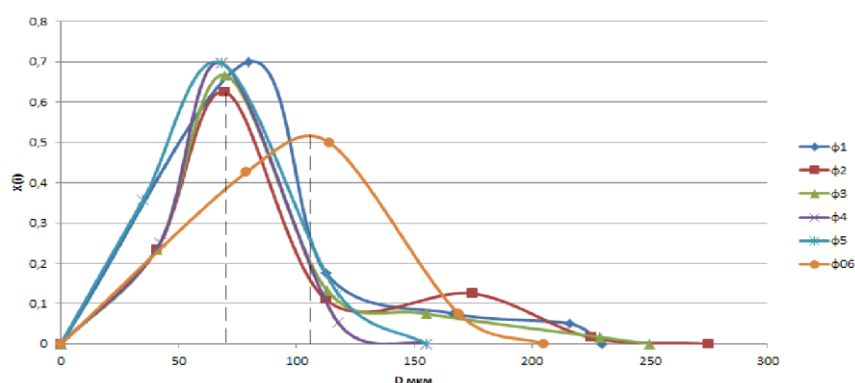


Рисунок – 2 Розподілення щільності краплин за діаметром

Таким чином, при $G_v = 0,442$ кг/м²·с, $w_{л} = 6-11$ м/с в зонах $\phi_1 - \phi_5$ розподілення через зону перфорованої поверхні більш рівномірне з діаметром в межах 65...75 мкм. В зоні ϕ_{06} – характерне збільшення еквівалентного діаметру краплин через джгути рідини, що зриваються з крайки ротора без механічного дроблення.

В подальшому планується дослідження розмірів крапель в залежності від масових витрат та числа обертів. Та визначити ефективність при проведенні процесу гранулоутворення.

Перелік посилань:

1. Манастирний М.М., Корнієнко Я.М., Любека А.М. Збірник тез доповідей XI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – с. 5-6.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТУЖНОСТІ

В РОТОРНОМУ ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ

магістрант Бишко М.А., к.т.н., доц. Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Потужність є важливою характеристикою роторно-плівкового апарата і, крім того, може бути використана для розрахунку процесів перенесення [1].

Внаслідок складного характеру течії рідини в РПА широко використовуються експериментальні дослідження процесів.

$$N = N_{\text{кін}} + N_{\text{вт}}$$

де $N_{\text{кін}}$ – потужність, що витрачається на передачу кінетичної енергії рідини яка подається в апарат та на перемішування плівки рідини;

$N_{\text{вт}}$ – втрати потужності.

В свою чергу:

$$N_{\text{вт}} = N_{\text{сух}} + N_{\text{оп}};$$

де $N_{\text{сух}}$ – потужність, що витрачається на сухе тертя лопатей ротора об внутрішні стінки РПА;

$N_{\text{оп}}$ – потужність, що витрачається на подолання опору ущільненнях вала.

Щоб експериментально визначити $N_{\text{оп}}$ необхідно мінімізувати $N_{\text{сух}}$, для чого поверхня змащується мильним розчином.

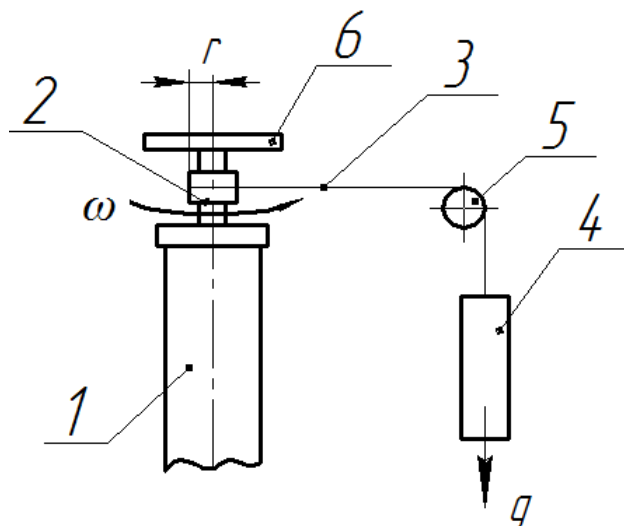
Тобто:

$$N_{\text{сух}} \rightarrow 0;$$

$$N_{\text{вт}} = N_{\text{оп}}. \quad (1)$$

Оскільки потужність в досліді вимірюється за допомогою електроприладів, то виникає необхідність оцінити $N_{\text{оп}}$ виміром величини крутного моменту (рис. 1).

На рисунку 1 зображена принципова схема дослідження крутного моменту механічним способом в роторному плівковому апараті.



1 – корпус РПА; 2 – опора; 3 – шнур; 4 – гиря; 5 – ролик; 6 – шків.

Рисунок 1 – Принципова схема дослідження витрат крутного моменту в роторному плівковому апараті.

Що описується рівняннями:

$$\begin{aligned}G &= m \cdot g; \\M_{\text{кр}} &= G \cdot r; \\N_{\text{оп}} &= M_{\text{кр}} \cdot \omega.\end{aligned}\quad (2)$$

Порівняння результатів за формулою (1) та (2), показує, що розбіжність не перевищує 10%.

Результати експериментальних досліджень пропонується узагальнити відомою залежністю [2]:

$$K_n = \frac{N}{\rho_p \cdot n^3 \cdot D^5};$$

який для роторних плівковий апаратів використовується у вигляді:

$$K_n = \frac{N}{\rho_p \cdot n^3 \cdot D^4 \cdot H}.$$

Перелік посилань:

1. Соколов В. Н., Яблокова М. А. Апаратура микробиологической промышленности. – Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1988.– 278 с.: ил.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии; Изд.2-е. Часть 1. Теоретическое основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия, 1995.- 400 с.

УДК 678.027

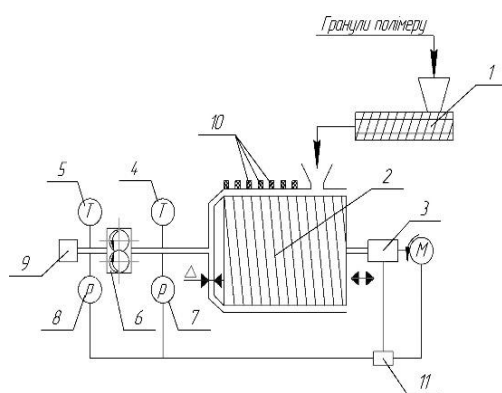
РЕГУЛЮВАННЯ ТЕРМОМЕХАНІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА РОЗПЛАВ В ДИСКОВОМУ ЕКСТРУДЕРІ

магістрант Бояркін О.О., к.т.н., доц. Швед М.П., інж. Швед Д.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Однією з важливих проблем при екструзії полімерів є гнучке регулювання температури розплаву. З метою рішення цієї проблеми в КПІ ім. Ігоря Сікорського на кафедрі машин та апаратів хімічних та нафтопереробних виробництв був створений каскадний дисково-шестеренний екструдер схема якого приведена на рисунку 1.



якого приведена на рисунку 1.

1 – дозатор сировини, 2 – дисковий екструдер, 3 – механізм регулювання дискового зазору Δ , 4, 5 – датчики температури, 6 – шестеренний насос, 7, 8 – датчики тиску, 9 – технологічна головка, 10 – датчики температури, 11 – регулятор частоти обертання

Рисунок 1 – Схема каскадного дисково-шестеренного екструдера

Особливістю цього екструдера є використання для плавлення та гомогенізації дискового екструдера з дозованим живленням, а для дозування – шестеренного насоса. Дозоване живлення дозволяє регулювати термомеханічне навантаження на розплав за допомогою частоти обертання диска та величини робочого зазору при незмінній продуктивності, рисунки 2,3.

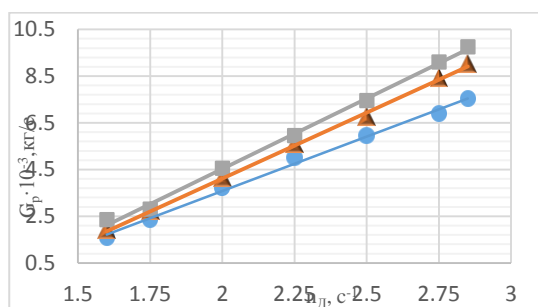


Рисунок 2 – Залежність продуктивності розплавлявача від частоти обертання диска
■ – ПНП марки 15803-020, ▲ – ПНП марки 15303-003, ● – ПНП марки 20303-003

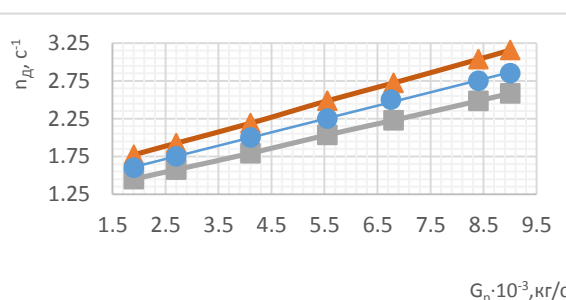


Рисунок 3 – Діапазон частот обертання диска в залежності від продуктивності. Матеріал – ПНП марки 15803-020 ■, ▲, ● – нижні, верхні та оптимальні частоти обертання

Із рисунку 4 видно, що регулюванням частоти обертання диска на $\pm 10\%$ від номінального значення при одній і тій же продуктивності температуру

можна регулювати в межах ± 5 $^{\circ}\text{C}$ (рис. 4), а регулюванням величини робочого зазору в межах від 1 до 5 мм температуру можна змінювати в межах ± 5 $^{\circ}\text{C}$.

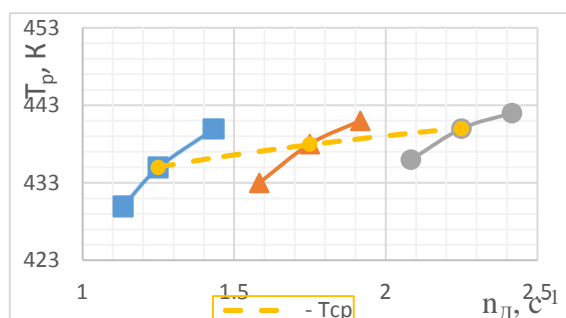


Рисунок 4 – Залежність температури розплаву від частоти обертання диска. Матеріал - ПНГ марки 15803-020. $G_p \cdot 10^{-3}$, кг/с: ■ – 2,33; ▲ – 4,67; ● – 7,02. T_{cp} – середня температура розплаву.

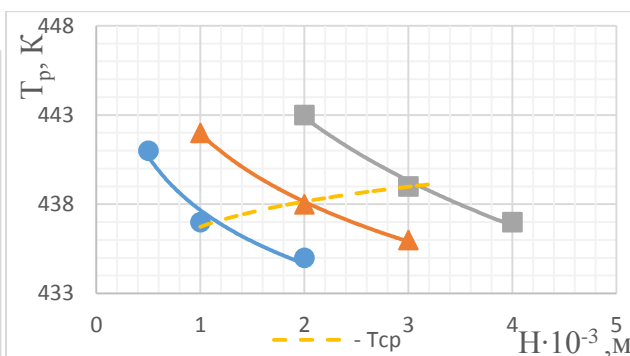


Рисунок 5 – Залежність температури розплаву від величини робочих зазорів. Матеріал - ПНГ марки 15803-020. $G_p \cdot 10^{-3}$, кг/с: ■ – 2,33; ▲ – 4,67; ● – 7,02. T_{cp} – середня температура розплаву.

Таким чином можливість гнучкого керування температурою розплаву в дисковому екструдері дозволяє вибирати раціональні режими переробки полімеру, розширювати номенклатуру перероблюваних матеріалів та підвищувати якість отримуваних виробів.

Перелік посилань:

1. Луценко І. В. "Переваги використання каскадних схем та дозуючих шестеренних насосів при екструзії полімерів" / І.В. Луценко, М.П. Швед, Д.М. Швед, А.С. Богатир // Міжнародний науковий журнал Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2013. – №1/2(9). – С.21–25.

2. Резнік Р.Ю. Визначення потужності в завантажувально-пластикуючій зоні дискового екструдера / Р.Ю. Резнік, М.П. Швед, Д.М. Швед // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2013. – 2/7(62). – С.26–29.

3. Резнік Р.Ю. Особливості і фізична модель процесів плавлення у завантажувально-пластикуючій зоні дискового екструдера / М.П. Швед, Р.Ю. Резнік, Д.М. Швед // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2012. – Випуск 41. – Т. 1. – С. 176–178.

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ КАСКАДНОЇ СХЕМИ ЕКСТРУЗІЇ

студент Великоіваненко С.П., к.т.н., доц. Швед М.П.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

На сьогоднішній день виробництво полімерної продукції потребує значної кількості матеріальних ресурсів, тому однією з задач галузі полімерного машинобудування є створення ресурсо-енергоощадних процесів та відповідного обладнання.

Широкого застосування у виробництві набули одночерв'ячні екструдери. Це пояснюється простотою конструкції та надійністю. Однак при переробці полімерів процес супроводжується коливаннями продуктивності, що вимагає завищених допусків на геометричні розміри і, відповідно, призводить до перевитрат сировини і енергії. В більшості черв'ячних екструдерів такі перевитрати можуть сягати до 8% і пов'язані вони з нестабільністю процесів, які відбуваються в зонах живлення, плавлення та гомогенізації екструдера. Тобто такі параметри як в'язкість, гранулометричний склад, теплофізичні характеристики, температура, властивості сировини впливають на коливання тиску, який в свою чергу впливає на продуктивність [1].

Тому все ширшого використання набувають каскадні схеми екструзії, в яких процес екструзії розділений на окремі операції чи групи операцій з автономним керуванням. Такий підхід дозволяє інтенсифікувати та оптимізувати одну або декілька операцій процесу екструзії [2].

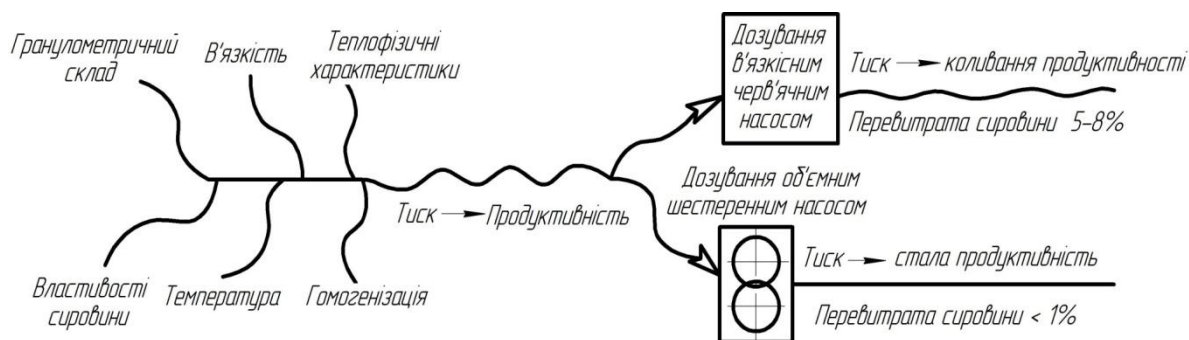


Рисунок 1 – Схема каскадної екструзії

Найбільш енергоємними в екструзії є процеси плавлення та гомогенізації.

Тому доцільно в якості розплавлювача-гомогенізатора використовувати дисковий екструдер з дозованим живленням, який працює в адіабатичному режимі та має високу змішувальну здатність, короткий час переробки (10-12 с), просту конструкцію та низькі питомі показники.

Для процесів створення тиску та дозування доцільно використовувати шестеренний насос, який в каскадній схемі екструзії виконує подвійну роль:

- по-перше, вирівнює пульсацію розплаву і стабілізує коливання продуктивності, які, в більшості випадків, не перевищують 1%, що дозволяє випускати продукцію з меншими допусками на геометричні розміри зі значною економією сировини і енергії, що і є головною економічною підставою використання шестеренних насосів для дозування розплавів полімерів;

- по-друге, знімає частково навантаження з розплавлювача-гомогенізатора, дозволяє працювати з нижчими тиском та температурою [3,4].

Таким чином каскадні схеми дозволяють гнучко керувати процесом екструзії та отримувати вироби вищої якості.

Перелік посилань:

1. Тадмор. Теоретические основы переработки полимеров.
2. Тадмор, К. Гогос. - М.: Химия, - 1984. - 632 с.
3. Швед М. П., Луценко І.В., Богатир А.С. Переваги використання каскадних схем та дозуючих шестеренних насосів при екструзії полімерів. Технологический аудит и резервы производства— № 1/2(9), 2013 – С. – 21 – 24.
4. Швед М.П., Швед Д.М., Петренко О.В. Використання каскадних схем і дозуючих шестеренних насосів екструзії полімерів. Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження/ Випуск №1 – 2012 □ С. □ 25 □ 27.
5. Швед Д.М. Черв'ячно–шестеренний екструдер при переробці полімерних матеріалів. / Швед М.П., Степанюк Д.А., Швед Д.М. //Міжнародний науковий журнал «ScienceRise» – 2015. – №3/2 (8) – С. □ 31–34.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ НІТРАТУ АМОНІЮ У ПРИСУТНОСТІ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ ТА ЛУГУ КАЛІЮ

магістрант Вислогузова Я. М., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Будь-якій рослині для зростання потрібні світло, вода і поживні речовини, які вона одержує із ґрунту. Найчастіше рівень поживних речовин в землі недостатній тому доводиться використовувати додаткові поживні речовини. Добрива дозволяють максимально ефективно використовувати ресурси ґрунту і води. Всі поживні речовини, що входять до комплексних добрив, які пропонуються, впливають на розвиток рослин протягом всього періоду вегетації, і є взаємозамінними [1].

В роботі досліджується отримання добрив у вигляді гранул тому, що гранульовані добрива набагато простіше зберігати та вносити у ґрунт, вони не злипаються під час зберігання, мають кращу сипучість, тобто їх легше дозувати при внесенні [2].

Метою роботи є визначення впливу технологічних параметрів на процес нагріву та сушіння. Фізична модель процесу наведена на рисунку 1.

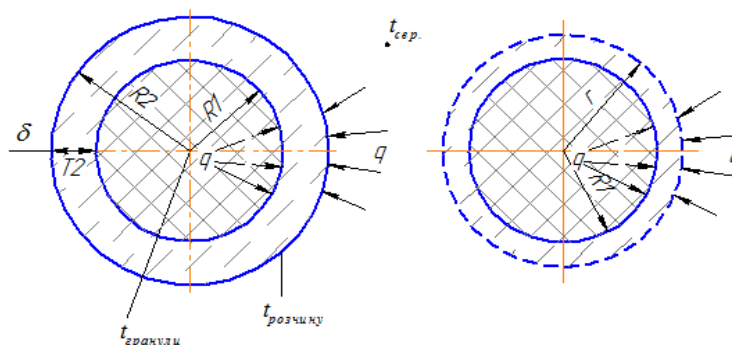


Рисунок 1 – Фізична модель процесу сушіння гранули

Математична модель процесу.

Нагрів гранули відбувається за рахунок внутрішньої енергії та енергії

середовища: розподіл температури в межах фронту нагріву $0 \leq r \leq R_2$ описується рівнянням нестационарної теплопровідності [3]:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right)$$

Було розроблено програму розрахунку математичної моделі процесу гранулоутворення, визначено час охолодження гранули при нанесенні на неї робочого розчину, результати зображено на рисунку 2.

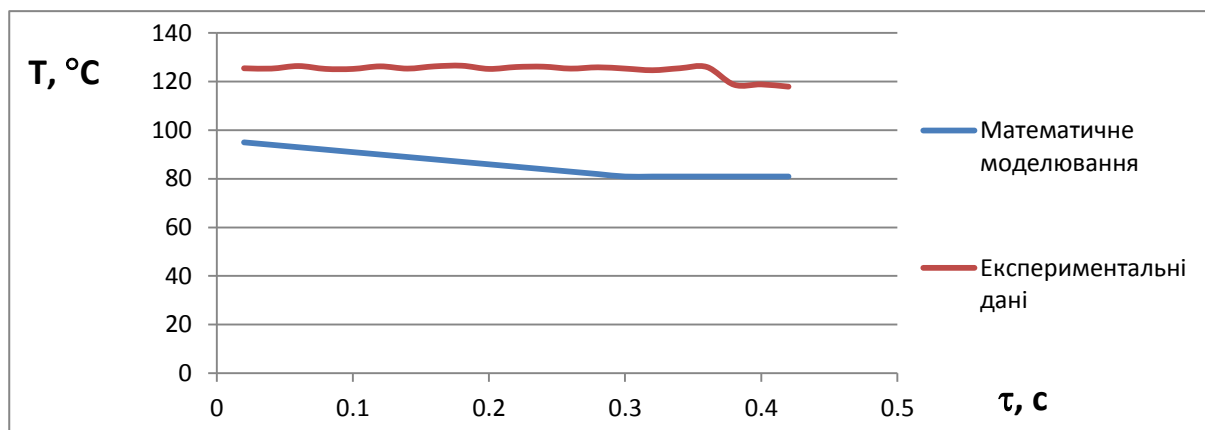


Рисунок 2 – Залежність температури сушіння гранули від радіуса та часу

Висновки: в результаті роботи було розроблено програму розрахунку часу охолодження гранули при нанесенні на неї шару розчину та проведено перевірку адекватності математичної моделі. Розбіжність між теоретичними та експериментальними результатами складає 17%.

Перелік посилань:

1. «Добрива» [електронне джерело]. Режим доступу: <http://www.strojsojuz.ru/blog/87-zachem-nuzhny-mineralnye-udobreniya>–7.03.17 р.

2. «Добрива» [електронне джерело]. Режим доступу: <http://baikal-em.ru/articles/62-granulirovannye-udobreniya.html> – 7.03.2017 Степанюк А.Р., Я.М.Корнієнко, П.М.Магазій, К.О.Гатілов, К.О. Гевліч, В.В.Райда
Особливості процесу утворення твердих композитів із заданими властивостями. Збірка тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство.» 2009, с. 157-158.

ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ РОЗПЛАВУ КОМПОЗИЦІЇ ПОЛІЕТИЛЕН-КАУЧУК

магістрант Гоцький Я. Г., к.т.н., ст. викл. Двойнос Я. Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Процес переробки та створення принципово нових композицій на основі полімерів та інших матеріалів є актуальним, оскільки ці матеріали отримують кращі експлуатаційні характеристики. А саме при незначному додаванні каучуку до полімеру збільшуються механічні характеристики отриманої композиції, такі як еластичність, удароміцність та морозостійкість.

Процес виробництва поліетилен-каучукових композицій є складним оскільки важко досягти рівномірного розподілу каучуку по всьому об'єму матеріалу. Саме тому створення нових методів моделювання цього процесу та модернізацію обладнання актуальним.

На рисунку 1 зображено фізичну модель процесу змішування розплаву полімеру у каналі насадки шнека екструдера, конструкцію насадки зображено на рисунку 2.

Рух розплаву полімеру в каналі насадки шнека є складним, тому для визначення ефективної в'язкості $\mu_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}$ використовується другий інваріант швидкості зсуву:

$\mu_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} = \mu_0 \left(\frac{I}{2} \right)^{\frac{n-1}{2}}$, де μ_0 – в'язкість при нульовому зсуву; I –

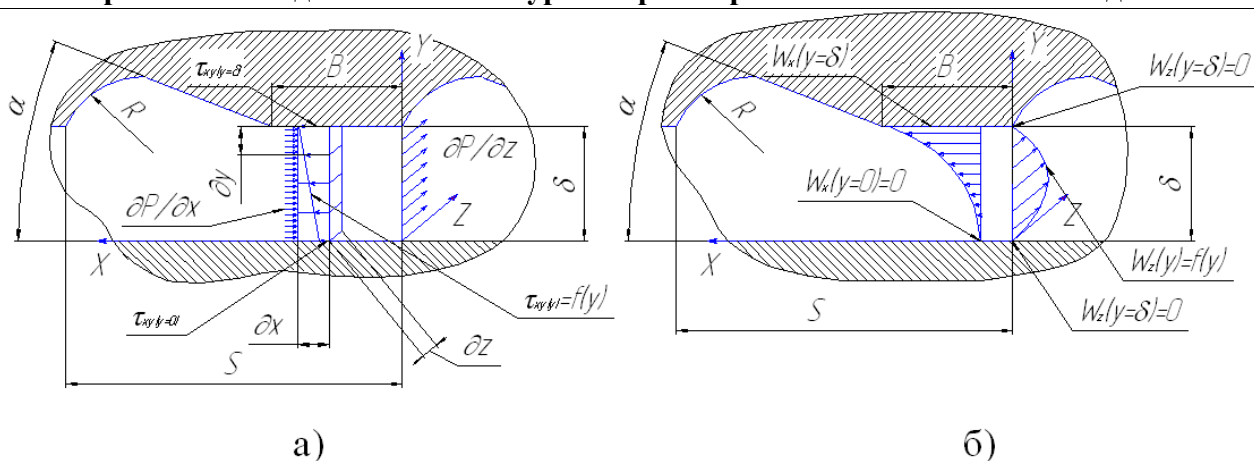
другий варіант тензора швидкостей деформації; n – реологічна константа:

$$I_{22} = 2 \left[\left(\frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2 \right].$$

Зробив припущення плоско паралельної моделі отримаємо рівняння рівноваги сил, що діють на розплав у робочих зазорах насадки:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y}; \quad \tau_{xz} = \mu_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \left(\frac{\partial v}{\partial x} \right); \quad \tau_{yz} = \mu_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)$$

де $\mu_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}$ – в'язкість ньютонівської рідини; v – швидкість потоку; τ_{xz} , τ_{yz} – напруження зсуву.



а – геометричні умови та сили, що діють на розплав полімеру;
 б – граничні умови швидкості потоку.

Рисунок 1 – Фізична модель процесу змішування полімеру в змішувальній секції екструдера

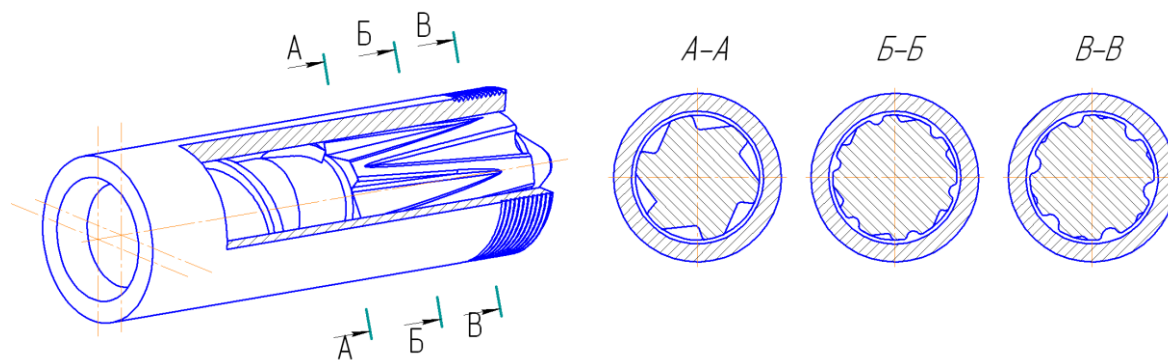


Рисунок 2 – Схема змішувальної секції екструдера

Критерієм якості змішування є величина накопиченої деформації зсуву: $\bar{\gamma} = \bar{\dot{\gamma}}t$

Середня швидкість зсуву: $\bar{\dot{\gamma}} = \frac{1}{b\delta} \int_0^\delta \int_0^b \frac{I_{22}}{2} dx dy$, де b – довжина елемента

насадки, м. Середній час перебування частинок розплаву: $t = \frac{V}{Q}$, де V – об'єм апарату, м³; Q – витрати, м³/с.

Перелік посилань:

1. Ким В. С., Скачков В. В. Диспергирование и смешение в процессах производства и переработки пластмасс. – М.: Химия, 1988. – 240 с., ил.

ПРОЦЕС ТЕПЛОВОЛОГІСНОЇ ОБРОБКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

магістрант Довгаль О.О., к.т.н., доц. Корінчук Д.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

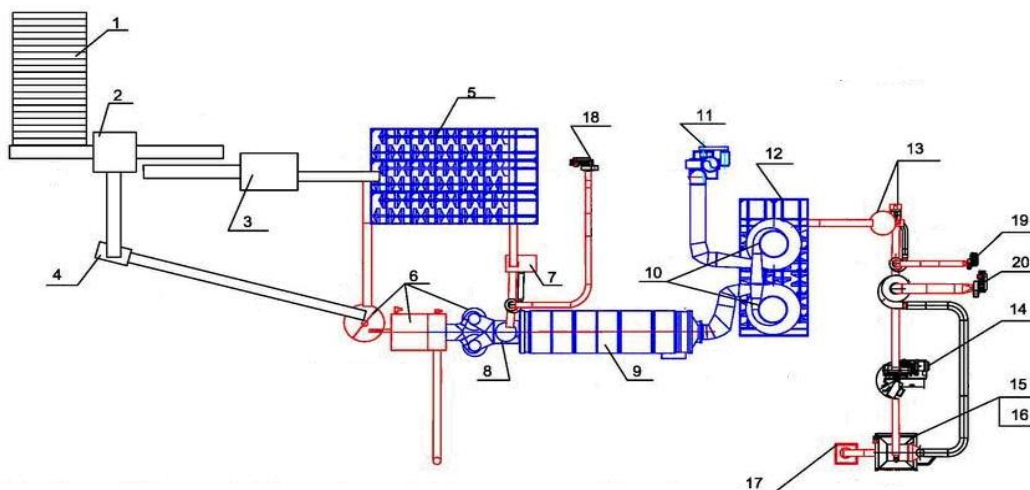
Деревна пелета - один з небагатьох альтернативних видів палива, використання яких є доцільним, як з економічної точки зору, так і з огляду на екологічну безпеку. Основною перевагою є те, що сировиною для виготовлення пелет є деревина - поновлювальний ресурс, що має здатність накопичувати велику кількість сонячної енергії протягом тривалого часу. [1]

Самі пелети бувають наступних видів[2]:

1. Білі пелети- сорт «преміум» світлого кольору виконуються из деревини без кори. Теплотворна здатність таких пелет складає 17,2 МДж/кг.
2. Індустріальні пелети – сорт більш низької якості. До складу продукту входить кора дерева та негорючі рештки. Теплопровідність таких пелет майже така сама, як у преміум сорта.
3. Агропелети – паливо із відходів гречки, насіння соняшника. Мають чорний колір. Теплотворча здатність – 15 МДж/кг. Основна перевага – низька ціна.

На рисунку 1 зображена технологічна схема виробництва пелет. Сировина (тирса, солома тощо) поступає в дробарку, де подрібнюються. Отримана маса поступає в сушарку, з неї - у гранулятор. Під час гранулювання підвищується температура матеріалу і лігнін, що міститься в деревині, розм'якшується та склеює частки. Готові гранули охолоджують, фасують та пакують.

Однією із невирішених зараз проблем є процес тепловологісної обробки енергетичної верби.



1 – розщиплювач колод, 2 – окорочний станок, 3 – розрубуюча машина, 4 – корорубка, 5 – склад тріски, 6 – теплогенератор, 7 – дробарка, 8 – бункер сушильного агрегату, 9 – сушильний барабан, 10 – циклон сушильного агрегату. 11 – димосмок, 12 – склад сухої сировини, 13 – дробарка з бункером-дозатором, 14 – гранулятор, 15 – охолоджувач гранул, 16 – вібросито, 17 – упаковщик гранул, 18-20 – вентилятори систем пневмотранспорту

Рис 1. Технологічна схема виготовлення деревних пелет

На рисунку 2, зображена приближена модель процесу тепловологісної обробки енергетичної верби [2].

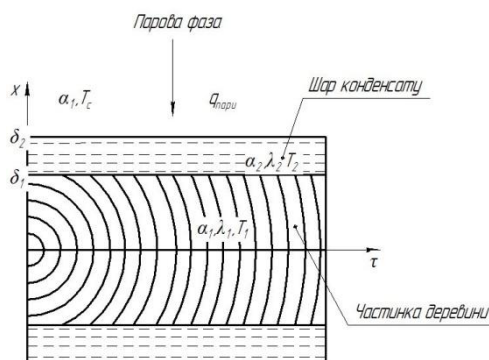


Рис 2. Фізична модель процесу

Перелік посилань:

1. Технологія виробництва різних видів біопалива <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/2344/>
2. В.М.Лыков Сушка в химической промышленности «Химия», М.1970 – 432с.
3. Фізична та математична модель процесу прогріву деревини/ Степчук І.В., Степанюк А. Р., Воронін Л. Г., Корінчук Д. М. Ресурсоенергозберігаючі технології. VII міжнар. наук.-пр. конф. студ., аспірантів та молодих вчених. (Київ 20-21 листопада 2014р.): зб. тез. доп. К.: Видавництво УВОІ „Допомога” УСІ” 2014, с. 66-67.

ПЕРСПЕКТИВИ CFD-МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ В КАНАЛАХ МЕМБРАННИХ МОДУЛІВ

к.т.н., доц. Змієвський Ю.Г.^a, к.т.н., ст.викл. Гулієнко С.В.^b,

к.т.н., ст.викл. Двойнос Я.Г.^b

^aНаціональний університет харчових технологій

^bНаціональний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Гідродинамічні умови в каналах мембранного модуля визначають інтенсивність перенесення маси через мембрану, витрати енергії на перекачування розділюваного розчину та суттєво впливають на поляризаційні явища та утворення осадів на поверхні мембрани [1, 2]. Окрім того, умови течії, як правило, ускладнюються через геометричні особливості каналу – невеликі геометричні розміри (висота каналу, як правило, не перевищує 1 мм) та наявність сітки-сепаратора (рисунок 1).

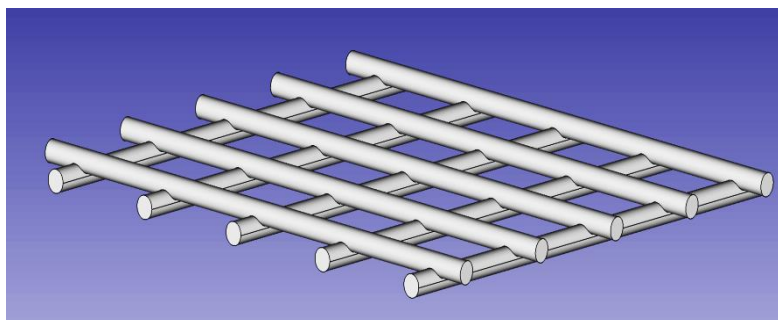


Рисунок 1 – Тривимірний модель сітки-сепаратора

мембранного розділення, як з точки зору масообміну, так і з точки зору умов утворення осадів на поверхні мембрани [2].

Враховуючи принципову складність експериментального дослідження та громіздкість розрахунків за допомогою класичних математичних моделей через наявність турбулентності та складності геометричних характеристик, для вирішення цієї задачі доцільно використовувати методи обчислювальної гідродинаміки (computational fluid dynamics, CFD). CFD-моделювання з використанням спеціалізованих програм дозволяє встановити якісний і кількісний розподіл швидкостей, виявити зони утворення вихорів в каналах мембранного модуля [1].

На рисунку 2 представлений приклад виведення результатів обчислювальних експериментів.

Отже, інформація про розподіл швидкостей в каналах мембранного модуля є важливим підґрунтям для оптимізації процесів

Це дозволяє візуалізувати небезпечні для утворення осадів зони та кількісно оцінити можливість їх утворення, адже на шкалі кольорів, що знаходиться з лівого боку рисунку 2, наведені числові значення параметрів. Вибравши відповідну команду, можна вказати точку робочого простору, в

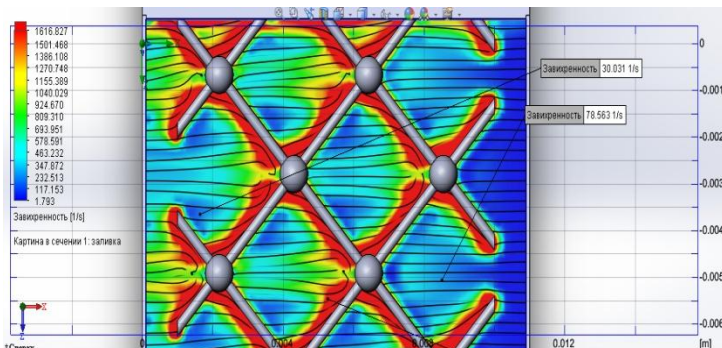


Рисунок 2 – Приклад виведення результатів обчислення за методом CFD

якій необхідно визначити значення конкретного показника. Отже, метод CFD дозволяє візуалізувати результати. Отримані дані також мають велике наукове значення, адже дозволяють пояснити явища, які призводять до значних розбіжностей при класичному математичному моделюванні та експериментальній апробації цих моделей. Саме нерівномірність розподілу швидкостей та наявність застійних зон в напірних каналах мембранних модулів погіршує та ускладнює кореляцію експериментальних та розрахункових даних.

Провівши попередні чисельні експерименти, автори дійшли висновку про достатньо високу точність та достовірність отриманих результатів. Метод CFD може бути використаний для моделювання гідродинамічних та масообмінних процесів у середині напірних каналів мембранних модулів, незважаючи на їх маленьку висоту (до 1 мм) та значну зміну фізико-хімічних показників рідин в процесі їх розділення. Можливість моделювати проникність мембран, робить придатним цей метод для визначення ступеню концентраційної поляризації у будь-якій точці каналу, заповненого сіткою-сепаратором. Такі дані практично відсутні у науково-технічній літературі, що підтверджує актуальність та важливість цієї роботи.

Перелік посилань:

1. Fimbres-Weihs G.A., Wiley D.E. (2007), Numerical study of mass transfer in three-dimensional spacer-filled narrow channels with steady flow, *Journal of Membrane Science*, 306, pp. 228–243
2. Geraldés V., Semiao V., de Pinho M. N. (2002), The effect on mass transfer of momentum and concentration boundary layers at the entrance region of a slit with a nanofiltration membrane wall, *Chemical Engineering Science*, 57, pp. 735 – 748

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРОЦЕСУ ГАЗИФІКАЦІЇ

магістрант Захарова Д. Р., к.т.н., доц. Собченко В. В.

Інститут газу НАН України

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

В даний час є багато причин для використання на підприємстві або в сільському господарстві альтернативних енергетичних ресурсів і джерел. Деякі з цих причин мають загальний характер, інші - місцевий, тобто локальний.

Деякі вітчизняні підприємства вже відмовилися від централізованого енергопостачання і успішно перейшли на вироблення власної електроенергії за допомогою газопоршневих генераторів великої потужності (500-1100 кВт). Електроенергія виробляється на газопоршневих установках при використанні природного газу виявляється істотно дешевше отримуваної з енергомереж. Однак, не у всіх регіонах і не на всіх підприємствах є природний газ.

Для синтезу можна використовувати також газ, отриманий газифікацією рослинної біомаси парою. Таким чином, представлений процес отримання рідких моторних палив з рослинної сировини - відходів сільського господарства та лісопереробки, який можна здійснити на пересувних або стаціонарних установках. Процес складається з газифікації органічної сировини (неповного згорання) повітрям при 900-1500 ° С, в результаті чого утворюється газ, що містить CO, H₂, CO₂, H₂O, N₂. В результаті каталітичної конверсії газу при 200-250 ° С і 1,0 МПа виходить суміш рідких вуглеводнів. Азот повітря в реакцію не вступає. При цих процесах 1 т компонентів моторного палива виходить з 8 т вихідної сировини. Загальний ККД синтез рідкого палива з вихідної сировини (біомаси) складає близько 40%. З лісосічних або сільськогосподарських відходів з 1 кв. км на пересувних установках можна отримати від 100 до 200 т рідкого палива.

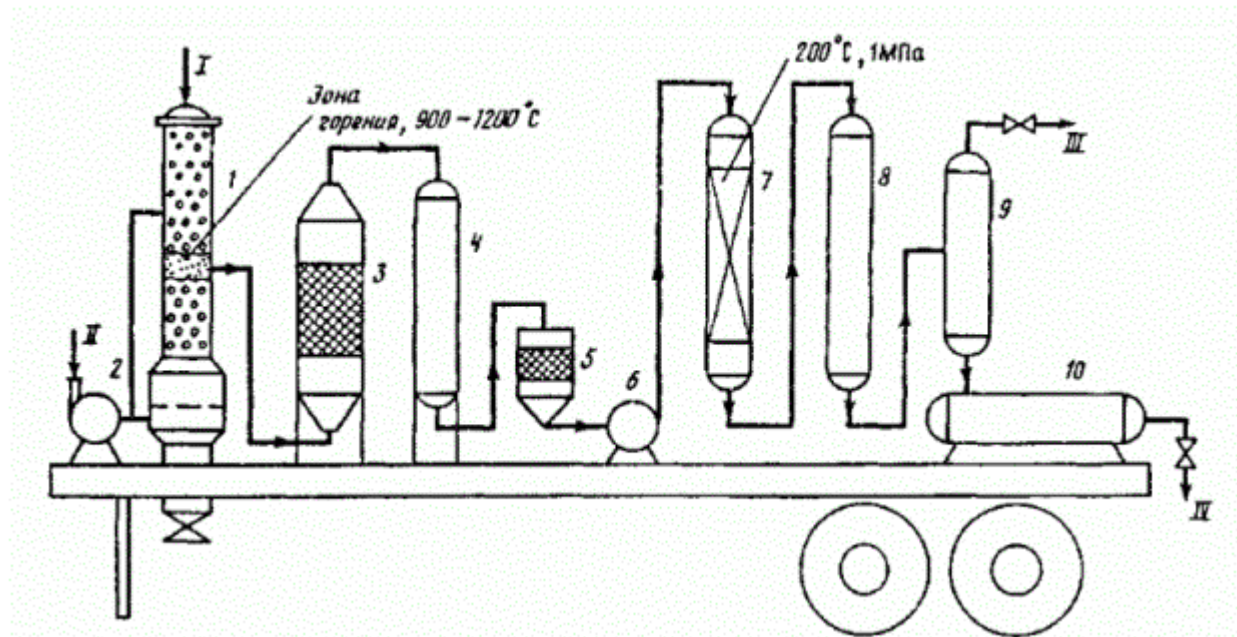


Рис. 1 – Схема газифікаційної колони для отримання рідкого палива
1 - газогенератор; 2 - повітряний компресор; 3 - адсорбер; 4 - холодильник; 5 - фільтр тонкого очищення; 6 - компресор; 7 - реактор; 8 - теплообмінник; 9 - сепаратор; 10 - приймач рідкого палива. Лінії: I - біомаса, II - повітря, III - відпрацьований газ, IV - синтетичне рідке паливо.

На рисунку 1 представлена схема газифікації для отримання рідкого палива. У газогенератор 1 поступає біомаса і проходячи через адсорбер 4, охолоджується в холодильнику 5. Далі, йде на реактор 7, де при температурі у 200 градусів рідина надходить до теплообмінника 8. На сепараторі 9 відводиться відпрацьований газ і з приймача рідкого палива 10- відбирається готовий продукт.

Перелік посилань

1. Гинзбург, Газифікація твердого палива, 1958.
2. Storl E. // Energia. 1988
3. <http://www.km.ru/referats/67D526C2F3FC4451B9B24C72C76FCD14> від 05.03.2017 р.

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ РОТОРА НА ТЕПЛОВІДДАЧУ В РОТОРНО-ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ

магістрант Іскамов А. Г., к.т.н., доц. Зубрій О. Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

В працях [1,2], присвячених дослідженню коефіцієнта тепловіддачі на вертикальній поверхні запропоновано узагальнювати дослідні дані у вигляді залежностей критерія Нусельта від критеріїв Рейнольдса плівкового і відцентрового, а також критерія Прандтля та конструктивних коефіцієнтів:

$$Nu = C \cdot Re_{пл}^{\alpha} \cdot Re_{ц}^{\beta} \cdot Pr^{\gamma}$$

де C, α, β, γ – константи, які визначаються по результатам дослідів.

В більшості досліджень при впливі теплофізичних властивостей, степінь при $Pr^{\gamma}, \gamma = 0,33$.

При збільшенні кількості обертів, зростає коефіцієнт тепловіддачі, що продемонстровано на рисунку 1.

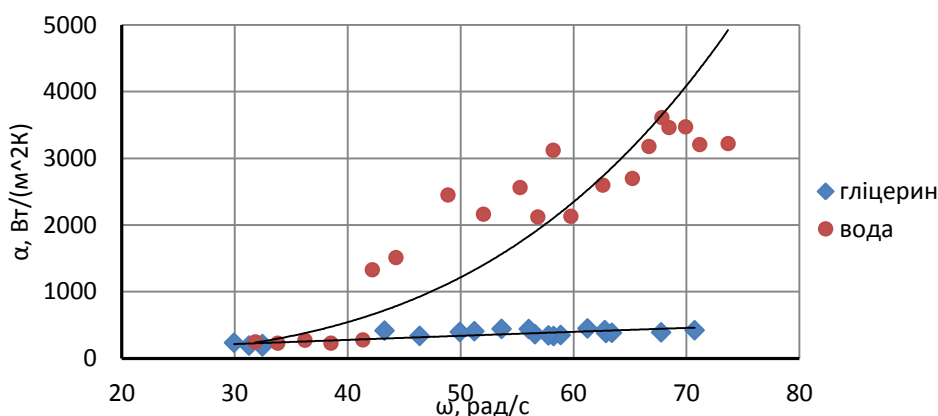


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта тепловіддачі від кутової швидкості

Дослідження по визначенню впливу цих параметрів проведені в апараті діаметром 50 мм. В якості робочої рідини використовувалась вода і розчин 50 % гліцерину у воді.

Критеріальне рівняння для оцінки коефіцієнта тепловіддачі:

$$\frac{Nu}{Pr^{0,33}} = C \cdot Re_{\text{ц}}^{\beta}$$

Обробка дослідних даних виконана методом найменших квадратів, в результаті чого отримані значення $\beta = 0,7189$, (рисунок 2).

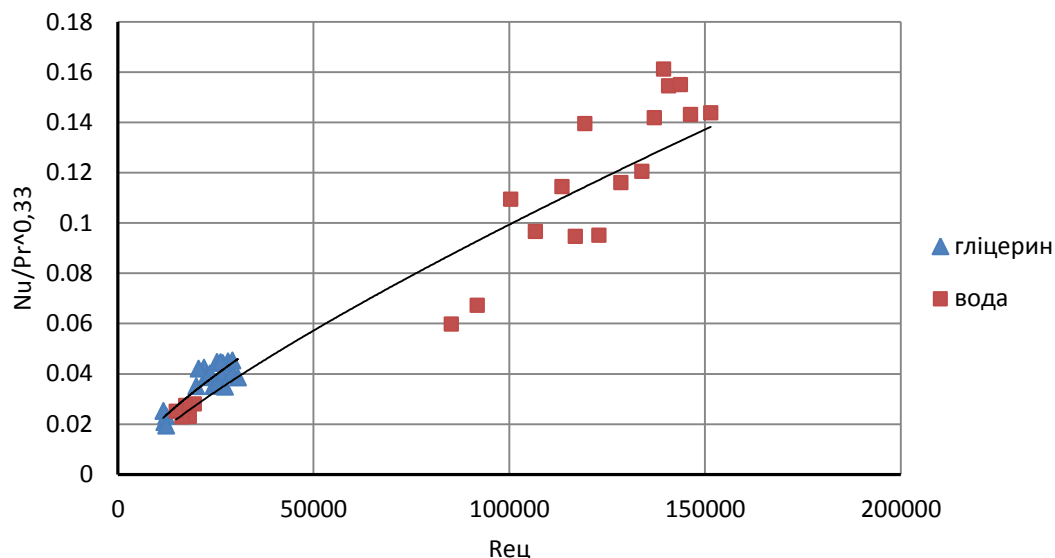


Рисунок 2 – Залежність $\frac{Nu}{Pr^{0,33}}$ від критерію Рейнольдса відцентрового

Після чого отримаємо рівняння:

$$\frac{Nu}{Pr^{0,33}} = 2,259 \cdot 10^{-5} \cdot Re_{\text{ц}}^{0,7189}$$

Для більш повного судження про надійність отриманого емпіричного рівняння необхідно знати наскільки явне відношення між залежною і незалежними змінним. Для оцінки такого відношення служить коефіцієнт множинної детермінації. Розрахунки дають наступні значення коефіцієнта множинної детермінації: коефіцієнт кореляції становить $R^2 = 0,946$.

Рівняння отримано при зміні критерія Рейнольдса відцентрового в межах $11500 < Re_{\text{ц}} < 152000$.

Перелік посилань:

3. Boott T. R., Azoory S.: Scraped surface heat transfer with Knitmesch srappers. Brit. Chem. Eng.”, 1969, Т-3, 372-374.
4. Boot T. R., Romero J. J. B.: Heat transfer across a scraped surface. “Canad. J. Chem. Eng.”, 1963, 41, №5, 213-219.

**ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНО
ПЛАСТИКУВАЛЬНОЇ ЗОНИ ДИСКОВОГО ЕКСТРУДЕРА
ПРИ КАСКАДНІЙ ЕКСТРУЗІЇ**

студент Кеба О.В., к.т.н., доц. Швед М.П., інж. Швед Д.М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Каскадні дисково-шестеренні екструдери вирізняються високим змішувальним ефектом і відносно низькою енергоємністю. Вони також характеризуються незначним часом перебування матеріалу в зоні переробки, суттєвими регульованими швидкостями зсуву, легкістю забезпечення економічного, адіабатичного режиму процесу екструзії та ефективною переробкою вихідної сировини.

Основна ідея створення такого екструдера – це гнучке керування процесом та ресурсоенергозбереження. Однією з умов надійної роботи каскадних екструдерів є створення і підтримування тиску між шестеренним насосом і розплавлювачем гомогенізатором з метою повного заповнення міжзубних впадин шестерень та забезпечення надійних процесів плавлення та гомогенізації в розплавлювачі гомогенізаторі. Це значить, що завантажувально пластикувальна зона (ЗПЗ) дискового екструдера повинна створювати достатній надлишковий тиск. В практичних умовах, це досягається шляхом регулювання частоти обертання дискового екструдера. Розглянемо процес який відбувається в ЗПЗ дискових екструдерах. Гранули які надходять із дозатора рівномірно розподіляються між багато західною гвинтовою нарізкою в кінці якої змішуються з часткою розплаву і поступають на доплавлення в зону гомогенізації.

Дослідження процесів які відбуваються в ЗПЗ приводилися різними авторами [1,2]

Основним параметром від яких залежать процеси які відбуваються в ЗПЗ екструзійного обладнання є тиск довжина та місце ділянки на якій створюється заданий тиск [3].

$$P_2 = P_1 \exp \left\{ \frac{\pi D f_u \Delta L}{bH} \left[\cos(\omega + \varphi) - f \sin(\omega + \varphi) - \frac{f}{f_u} \frac{D - 2H}{D} \right] \right\} \quad (1)$$

Рішенням рівняння 1 відносно ΔL дає нам формулу для визначення довжини і місця де створюється необхідний тиск:

$$\Delta L = \frac{\ln(P_2 - P_1)}{\ln e} \frac{\pi D f_c}{bH} \left[\cos(\omega + \varphi) - f \sin(\omega + \varphi) - \frac{f}{f_c} \frac{D - 2H}{D} \right] \quad (2)$$

На рис. 1 зображена схема каскадного дисково-шестеренного екструдера

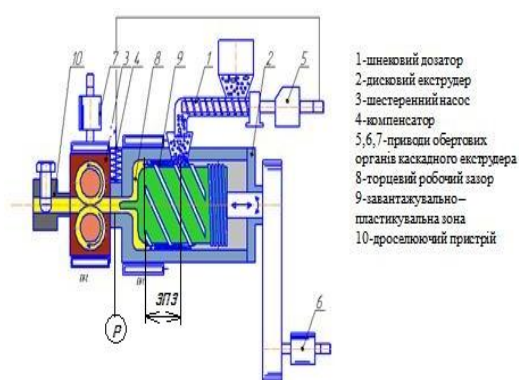


Рисунок 1 – Схема каскадного дисково-шестеренного екструдера

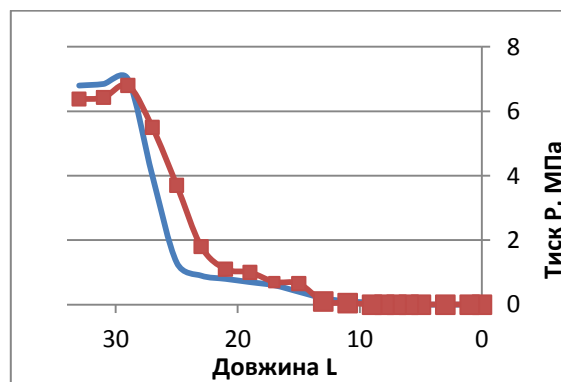


Рисунок 2 – Залежність тиску по довжини ЗПЗ
 — теоретичні дані,
 ■ експериментальні дані

Перелік посилань

1. Радченко Л.Б. Переробка термопластів методом екструзії. Наук.посібник. – К.: ІЗМН, 1999. 220с.
2. Раувендааль К. Экструзия полимеров / Пер. с англ, под ред. А. Я. Малкина – СПб.: Профессия, 2006. – 768 стр., ил.
3. Кеба О.В., Швед М.П., Швед Д.М. Экструзия эластомеров // Удосконалення процесів і обладнання харчових та хімічних виробництв: Зб. тез доп. XVI міжнародної наукової конференції. – Одеса. – 2016. – ст. 218-220

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ В ПРИСУТНОСТІ САПОНІТУ ТА ГУМАТІВ

магістрант Кушнір О.С., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Задачею математичного моделювання є визначення температурного розподілу в гранулі та плівці розчину в будь-якій точці в будь-який момент часу, та часу випарювання гранули по запропонованій фізичній моделі процесу випарювання гранули [1].

З урахуванням зроблених припущень математична модель випаровування рідкої фази на одиничній гранулі формулюється наступним чином (рисунок 1):

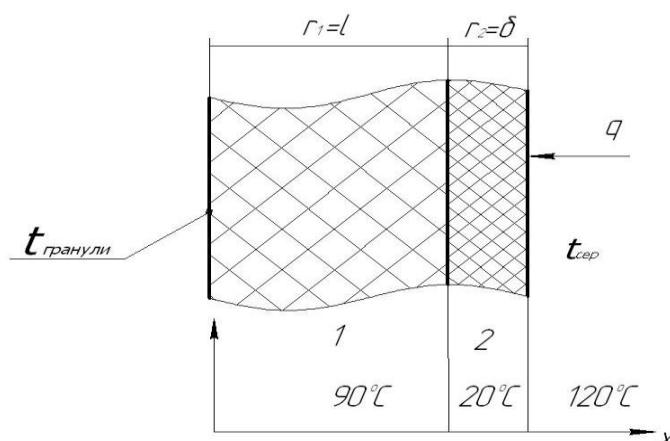


Рисунок 1– Фізична модель процесу представлена у декартовій системі координат

Розподіл температури в межах фронту випаровування :

з початковими умовами:

$$T = 90^{\circ}\text{C} \text{ при } 0 < T < r_1, T = 20^{\circ}\text{C} \text{ при } r_1 < T < r_2, T = 120^{\circ}\text{C} \text{ при } > r_2$$

з граничними умовами: $q = \alpha(t_{nl} - t_{сеп})$ та $q = \lambda_2 \frac{\partial T}{\partial x}$, тоді $\lambda_2 \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha(t_{nl} - t_{сеп})$.

Нагрівання гранули та плівки рідини [2]: $\frac{\partial U}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}$

Апроксимуємо похідні за формулами числового диференціювання:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{T_{ij} - T_{ij-1}}{\Delta \tau}$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{T_{i-1,j-1} - 2T_{i,j-1} + T_{i+1,j}}{\Delta x^2}$$

$$\frac{T_{ij} - T_{i,j-1}}{\Delta \tau} = a^2 \left(\frac{T_{i-1,j-1} - 2T_{i,j-1} + T_{i+1,j-1}}{\Delta x^2} \right)$$

$$T_{ij} = \frac{a^2 \Delta \tau}{\Delta x^2} (T_{i-1,j-1} - 2T_{i,j-1} + T_{i+1,j-1}) + T_{i,j-1}$$

Розв'язок математичної моделі процесу масової кристалізації методом випарювання плівки розчину з одиничної гранули представлений на рис. 2:

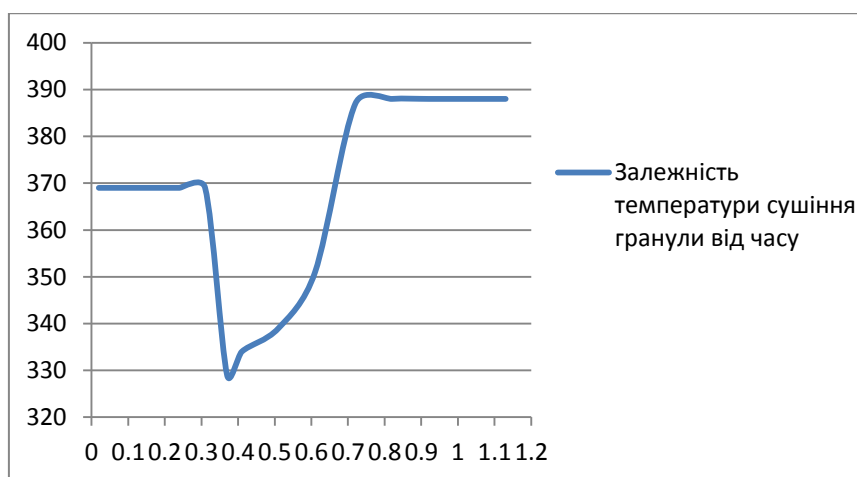


Рисунок 2 – Динаміка зміни температури T (К) одиничної гранули залежно від часу τ (с) перебігу процесу сушіння

Розв'язок математичної моделі дав можливість визначити час висушування гранули після нанесення композитного розчину добрив

Перелік посилань:

1. Я.М. Корнієнко «Математичне моделювання гуміново-мінеральних добрив» / Я.М. Корнієнко, А.Р.Степанюк // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2009. – №6. – С. 73-76
2. О.С.Кушнір «Ізотермічна кристалізація сульфату амонію з органічними домішками» / О.С.Кушнір, А.Р.Степанюк // Збірник тез доповідей XI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання» / Укладач Я.М.Корнієнко. – К.:НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016. – С. 11-12.

ВПЛИВ РЕЖИМІВ ОСУШЕННЯ ТЕПЛОНОСІЯ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОНАСОСНОГО СУШІННЯ

магістрант Кхан Р.Х., член-кор. НАНУ, д.т.н., професор Снежкін Ю.Ф., к.т.н., ст. наук. співр. Дабіжа Н.О., аспірант Малащук Н.С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Процеси конвективного сушіння широко застосовуються в агропромисловому комплексі та на підприємствах харчової промисловості. Термічне зневоднення є одним з найбільш енергоємних технологічних процесів і, зважаючи на високу вартість енергоресурсів, в значній мірі визначає економічні показники виробництва. Перспективним шляхом підвищення енергетичної ефективності сушильного обладнання є оснащення сушарок сучасними енергозберігаючими системами підготовки теплоносія з використанням теплонасосних циклів.

Оснащення конвективної сушильної установки парокомпресійним тепловим насосом (ТН) дозволяє за рахунок конденсації вологи в випарнику ТН знижувати вологовміст сушильного агента, а також здійснювати утилізацію теплоти вологого повітря, що йде з сушарки, з наступним поверненням її в процес сушіння на більш високому температурному рівні.

В процесі теплонасосного сушіння величина поточних енерговитрат значною мірою залежить від вологовмісту сушильного агента і температурного режиму його осушення у випарнику теплового насоса [1].

В циклі теплонасосного сушіння осушення теплоносія, після його проходження над висушуваним продуктом (рис. 1, процес $a-b$), може бути здійснено такими шляхами: а) з осушенням усього теплоносія ($b-c-d-a$) (схема А); б) з осушенням частини теплоносія ($b-c-d, d-e + b-e, e-a$) (схема Б); в) з осушенням частини теплоносія і рекуперацією холоду ($b-b', d-d'$) (схема В).

Розрахункові величини питомих енерговитрат теплового насоса в залежності від режиму осушення теплоносія наведені на рис. 2. Як видно з графіків, при теплонасосному сушінні може бути досягнуто зниження питомих енерговитрат на видалення вологи у 1,5-2 рази в порівнянні з традиційними конвективними сушарками.

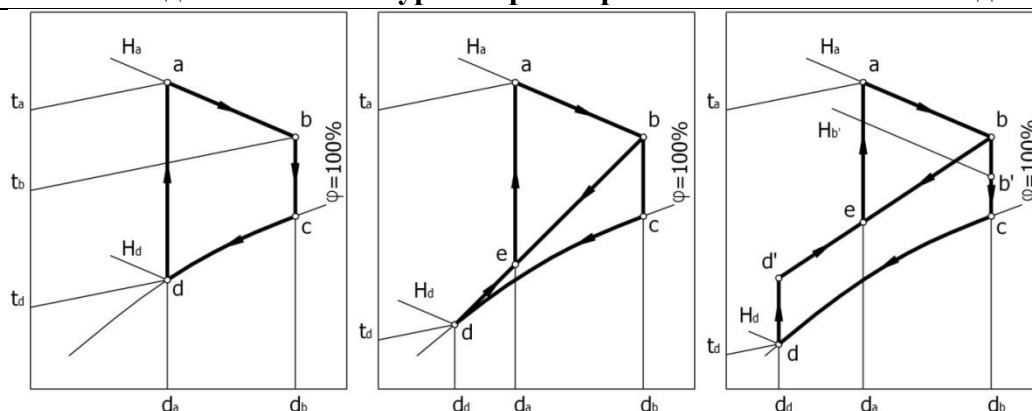


Схема А

Схема Б

Схема В

Рис. 1. $H-d$ діаграми процесу теплонасосного сушіння за різними схемами осушення теплоносія.

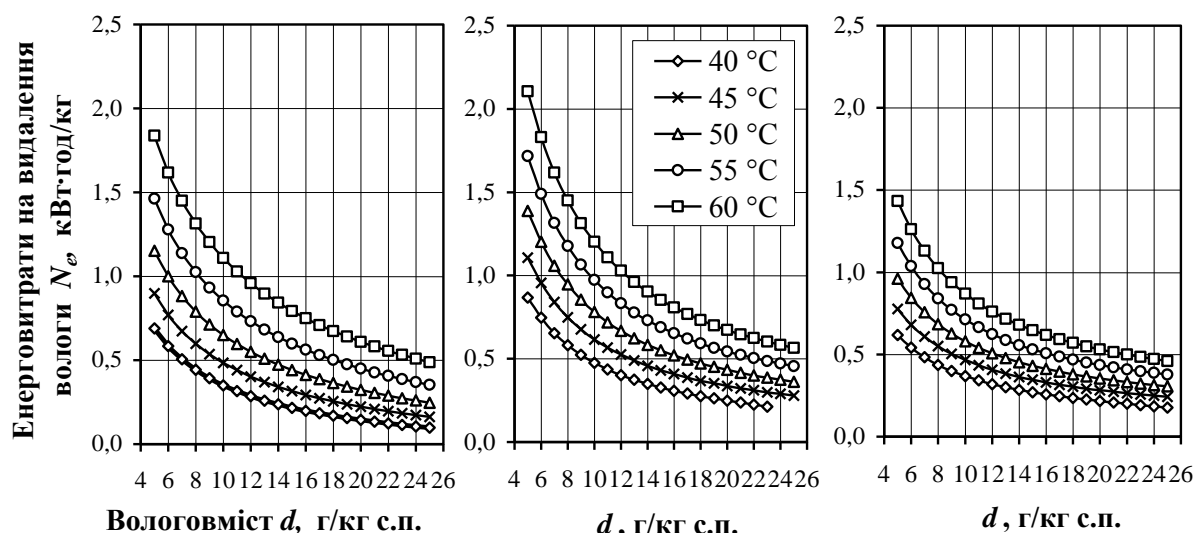


Схема А

Схема Б

Схема В

Рис. 2. Вплив режимів осушення теплоносія на енергетичні показники теплонасосного циклу.

Висновки. В процесах теплонасосного сушіння питомі енерговитрати на видалення вологи при раціональних режимах роботи теплового насоса зменшуються у 1,5-2 рази. Найменші витрати енергії досягаються при роботі теплонасосного агрегату за схемою, в якій передбачається осушення частини теплоносія і рекуперація холоду.

Перелік посилань:

1. Снежкин Ю.Ф. Эффективность применения тепловых насосов в процессах конвективной сушки / Ю.Ф. Снежкин, Д.М. Чалаев, В.С. Шаврин, Н.А. Дабижа, К.А. Гатиллов // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса: 2007. – Вип.30. – Т.1. – С.185-189.

УДК: 666.96.12

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІДРОСИЛКАТНОГО МАТЕРІАЛУ

магістрантка Мурзак М. С.¹, к.т.н., доц. Собченко В. В.²

¹ Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”,

² Інститут газу НАН України

У будіндустрії широко використовуються неорганічні полімери, до яких відносяться і водорозчинні силікати лужних металів. Виробництво матеріалу на базі гідросилікатів натрію, які виробляються з порід, що вміщують аморфний кремнезем є енерго- та ресурсозберігаючими матеріалами. В той час як виробництво більшості пористих теплоізоляційних будівельних матеріалів пов'язано з великими витратами теплової та електричної енергії, що призводить до подорожчання продукції [1, 2].

Дослідження проводилось на капілярному віскозиметрі типу ПТР-3 в НТУУ “КПІ ім. І. Сікорського” на кафедрі МАХНВ. Визначення в'язкості гідросилікатного матеріалу проводилось при температурі 105°C. Принцип дії приладу базується на вимірюванні об'ємної продуктивності розплаву крізь каліброване сопло за різних фіксованих значень тиску та температури. Прилад складається з двох блоків: вимірювального пристрою та автоматичного регулятора температури.

Вимірювальний пристрій призначений для нагрівання і видавлювання матеріалу та для проведення замірів продуктивності [3]. За результатами експериментальних досліджень отримано залежність:

$$\tau_R = F(\dot{\gamma})$$

Результати наведено в таблиці 1, де Q – об'ємна продуктивність;

T_ш – температура матеріалу; P_L – тиск на вимірювальному циліндрі;

τ_R – напруга зсуву; $\dot{\gamma}$ – швидкість зсуву.

Таблиця 1 – Результати обробки результатів вимірів.

Збірник тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

№ п/п	$T_{ш},$ °C	$P_L \cdot 10^{-4},$ Па	$\tau_R,$ Па	$\dot{\gamma},$ с ⁻¹
1	105	16	15000	0,377
2	105	28	26250	0,755
3	105	36	33750	1,13
4	105	40	37500	1,51
5	105	45	42187	1,886
6	105	50	56250	2,263

Після обробки результатів отримуємо залежність:

$$y = 0,7962x + 10,345;$$

тобто
$$\tau = 10,345 \cdot \dot{\gamma}^{0,7962}$$

Середньоквадратичне відхилення результатів апроксимації складає:

$$R^2 = 0,982$$

Отримане реологічне рівняння дозволяє розрахувати значення теплофізичних властивостей матеріалу при $T = 105^\circ\text{C}$, з точністю не менше ніж 98%, що відповідає заданій точності.

Перелік посилань:

1. Хвастухин Ю. И., Эйне И.А., Кремнезит-новый энерго- и ресурсосберегающий строительный материал [Текст]/ Эйне И.А., Хвастухин Ю. И.: Научно-технический журнал «Экотехнологии и ресурсосбережение», 2000, 80 с.

2. Мурзак М.С., к.т.н. Собченко В.В., Математичне моделювання процесу термообробки в апараті з псевдозрідженим шаром //Збірник тез доповідей IX міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсозберігаючі технології та обладнання» - 2016 - с. 41-42.

3. Швед М.П., Степанюк А.Р. Дослідження реологічних властивостей розплавів полімерів. Метод. вказівки . – К.: НТУУ “КПІ”, 1997.-16с.

ВИКОРИСТАННЯ ПРОЦЕСІВ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ НАФТОПЕРЕРОБКИ

с.н.с., к.т.н. Недбайло А.Є., к.т.н., с.н.с. Радченко Н.Л.,

пров.н.с., к.т.н. Коник А.В., н.с. Гоженко Л.П., с.н.с., к.т.н. Целень Б.Я.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Процес кавітації характеризується пульсацією, зростанням і захопуванням парових або газових бульбашок, що спричинено зниженням та наступним підвищенням тиску в системі. Дане явище супроводжується рядом ефектів: створення мікромасштабних зсувних напружень, локальні підвищення температури та тиску до надкритичних, суттєве зростання границі розділу фаз. Мікромасштабність ефектів кавітації в часі та просторі визначає їхню здатність впливати на молекулярні структури середовищ та отримувати речовини з принципово новими властивостями. Тому даний процес знайшов широке застосування в світовій та вітчизняних нафтопереробних галузях на різних стадіях процесів переробки.

Так, на стадії підготовки нафти для її транспортування, оброблення в кавітаційному реакторі з додаванням присадки знижує в'язкість більш ніж в два рази, а застосування даної технології дозволяє знизити енергетичні витрати на цей процес на 15-25 % порівняно з термічним способом. Докрекінгове оброблення нафти дозволяє підвищити вихід світлих нафтопродуктів за рахунок подрібнення парафінових утворень. Також процеси кавітації використовуються для отримання якісних воднопаливних емульсій.

Незважаючи на широке практичне значення та застосування гідродинамічних пристроїв для оброблення нафти, теоретична база розрахунку процесу гідродинамічної кавітації та її реалізації в робочих пристроях потребує удосконалення. Більш точне визначення термодинамічних та геометричних параметрів процесу дозволить досягати тонкого регулювання параметрів вихідного продукту і є завданням наступних досліджень.

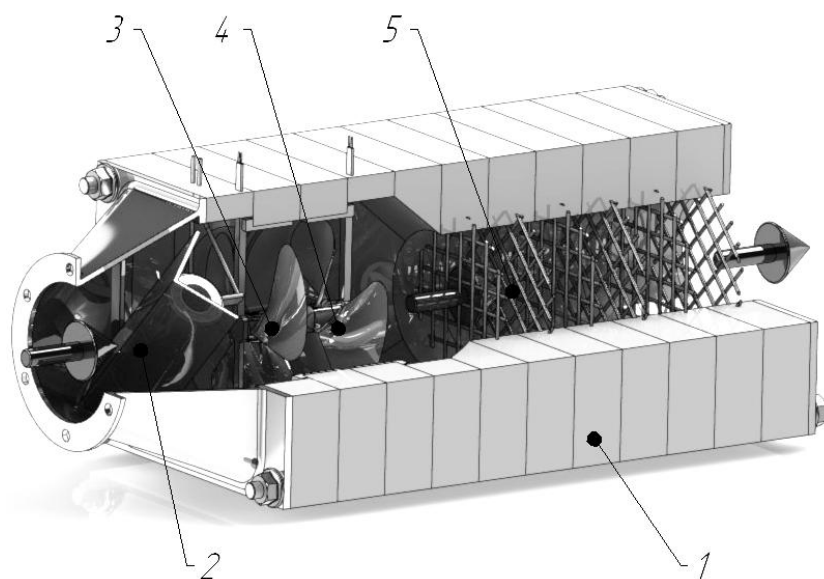
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛА В СИСТЕМІ ПОВІТРЯ-ПОВІТРЯ

магістрант Одарчук В. В., к.т.н, ст. викл. Двойнос Я. Г..

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

З метою експериментальної перевірки математичної моделі та алгоритму розрахунку установки регенерації тепла повітря створено установку, рисунок 1.



1- корпус; 2 – нагрівач з радіатором; 3 – вентилятор прямого току;
4 – вентилятор зворотного току; 5 – нерегулярна насадку

Рисунок 1 – Схема експериментальної установки регенерації тепла повітря

Методика проведення експериментальних досліджень передбачає вимірювання теплової потужності нагрівача, та температур перед насадкою, та після неї. Тепле повітря, проходячи насадку з дроту охолоджується, передаючи тепло насадці. При зворотному ході (працює вентилятор зворотного току) тепло з насадки повертається повітрю.

Для вимірювання теплової потужності нагрівача використовувались цифрові амперметр та вольтметр, з точністю вимірювання 0,1А та 0,1В відповідно.

Для вимірювання температури повітря використано термопари ТХК та аналоговий перетворювач. Точність вимірювань 0,1°C, періодичність фіксації вимірювань – 1 секунда. Експериментальну установку зображено на рисунку 2, розташування дротової насадки – на рисунку 3.



Рисунок 2 – Конструкція регенератора повітря

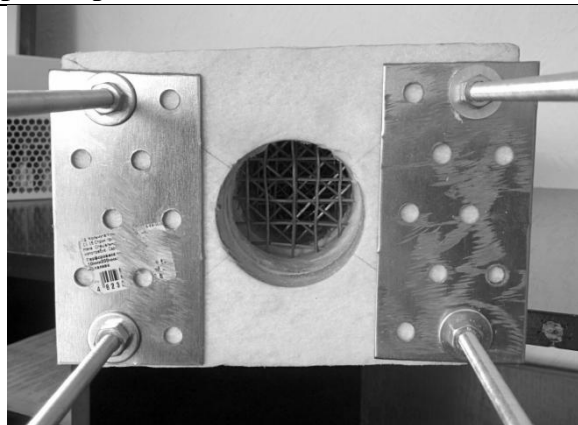


Рисунок 3 – Регенеративна насадка

Шаг розташування насадки по довжину апарату – 20 мм.

У експерименті масова витрата повітря склала, кг/с:

$$G = \frac{N_{i\dot{a}\ddot{a}}}{c_p (t_{\dot{a}\ddot{a}i} - t_{\dot{a}\ddot{a}o})} = \frac{24,5}{1005 \cdot (36,86 - 15,385)} = 0,00114$$

Об'ємна витрата повітря, м³/с: $V = \frac{G}{\rho} = \frac{0,00114}{1,226} = 0,000926$

Кількість теплоти, яку віддала насадка при зворотному потоці повітря (250 секунд):

$$Q_{\dot{a}\ddot{a}o} = c_p G \int_{\tau_2}^{\tau_3} (t_{\dot{a}\ddot{a}o} - t_{\dot{a}\ddot{a}i}) d\tau \approx c_p G \sum_{\tau_2}^{\tau_3} (t_{\dot{a}\ddot{a}o}(\tau) - t_{\dot{a}\ddot{a}i}) \approx 1005 \cdot 0,00114 \cdot 13773,78 = 15715,17 \text{ Дж}$$

Коефіцієнт корисної дії регенератора тепла повітря [1] склав:

$$\eta = \frac{\frac{1}{2}(Q_{\dot{a}\ddot{a}o} + Q_{\dot{a}\ddot{a}i})}{(\tau_2 - \tau_1) \cdot N} \cdot 100\% = \frac{\frac{1}{2}(15715,17 - 6249,44)}{250 \cdot 24,5} \cdot 100\% = 77,27\%$$

Перелік посилань:

1. Беккер А. Системы вентиляции /пер. нем. Казанцевой Л. Н., под ред. Резникова Г. В., – М.: Техносфера, Евроклимат, 2005. — 232 с. — ISBN: 5-94836-047-4.

**ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ТА СПОСОБУ ВИДАЛЕННЯ
КОМПОЗИТНИХ ЗАБРУДНЕНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ
ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ**

магістрант Орленко А.Ю., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Сульфат амонію (амоній сірчаноокислий) - хімікат, який вітчизняна промисловість випускає у великих кількостях. І не дивно, адже спектр його застосування дуже різноманітний. В якості добрива, даний тук 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 одним із етапів процесу є очистка повітря від композитних забруднень. За допомогою циклону ефективність процесу досягає 96%. Для підвищення ступеня вловлювання краще використовувати конструкцію в якій буде відбиратися волога із теплоносія. Це дасть змогу підвищити ефективність процесу до 98% і подавати шлам у мішалку. Тобто подати уже зволожений розчин сульфату амонію з гуматами – це дозволить зменшити витрати води на етапі змішування сухого розчину з водою.

В даному випадку розрахувавши точку роси за наступними формулами:

$$T_p = \frac{b\gamma(T, RH)}{a - \gamma(T, RH)}$$

$$\gamma(T, RH) = \frac{aT}{b+T} + \ln RH,$$

де $T=130^{\circ}\text{C}$ – температура теплоносія на вході в циклон; $RH=0,5$ – відносна вологість в об'ємних долях; $a=17,37$ і $b=237,7^{\circ}\text{C}$ – константи [2].

Отримаємо значення температури ($T_p=82,7^\circ\text{C}$) при якій можна сконденсувати вологу, яка міститься у теплому повітрі.

Охолодження та конденсацію водяних парів можна зробити двома способами: встановити охолоджуючу оболонку, у цьому випадку потрібно додатково встановити теплообмінник для підтримання оптимальної температури; встановити форсунку на вході в циклон, яка буде розпилювати холодну воду.

Схему циклону зображено на рисунку 1 [3].

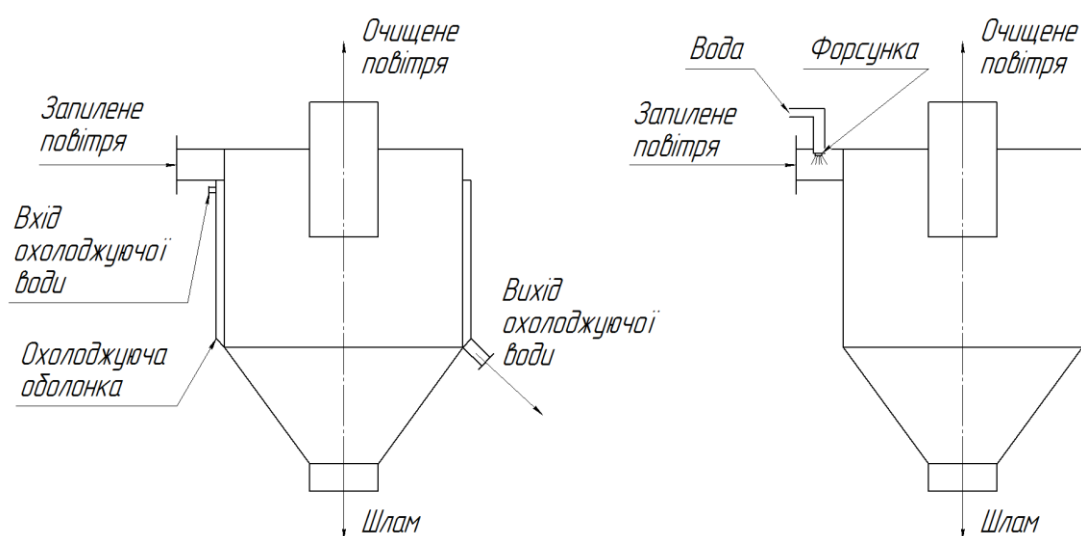


Рисунок 1 – Схема циклону

Висновки: отримані результати дозволять зменшити витрати води на етапі змішування сухого розчину з водою та підвищити ефективність уловлювання.

Перелік посилань:

- 1) Корнієнко Я.М., Степанюк А.Р. Процес вилучення гуміновмісних речовин з торфу: Монографія. [Електронне видання]// Київ, 2015. – 146с.
- 2) pro8du.ru/vidy-vody/rosa/tochka-rosy-opredelenie.html від 05.03.17 р.
- 3) <http://msd.com.ua/apparaty-ximicheskoy-texnologii/mokraya-ochistka-gazov/> від 05.03.17 р.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИПАРОВУВАННЯ В РОТОРНО-ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ

студент Осадчий В.О., к.т.н., доц. Дахненко В.Л.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

На сьогоднішній день все частіше використовуються роторно – плівкові апарати з зовнішнім підведенням тепла для випаровування речовин. В апаратах цього типу протікають тепло-масобомінні процеси які супроводжуються постійним упарення речовини та виведення пари з апарату.

Складність математичного описання тепломасопереноса базується на емпіричних відношеннях та обумовлена необхідністю розгляду окрім процесів міжфазового та всередині фазового переносу теплоти та маси, ще необхідно розглянути надзвичайно складну гідродинамічну обстановку. В роторно-плівкових випарних апаратах з шарнірно закріпленими лопатями формується потік зі складною просторовою структурою: носова хвиля(а), тонка плівка що стікає по стінці апарату(б), хвостова хвиля за лопаттю(в), частина рідини в вигляді спіненого шару(г) та хмара малих капель перед лопаттю(д).

Існує наступна математична модель процесу дистиляції в РПА з шарнірно закріпленими лопатями і базується на наступних допущеннях:

1. Рідка фаза рухається в вигляді рідинної плівки;
2. Потік рідинної плівки і тепломасопернос в ній постійні;
3. Рідина однорідна і не стискується;
4. На межі розділу фаз виконується умова фазової рівноваги;
5. Пара в стані насичення;

$$V \frac{\partial V}{\partial r} + U \frac{\partial V}{\partial z} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot T_{rr}) + \frac{\partial T_{rz}}{\partial z} - (V + VT) \frac{V}{r^2} + \omega^2 r;$$

$$V \frac{\partial U}{\partial r} + U \frac{\partial U}{\partial z} = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial s}{\partial z} (r \cdot T_{rz}) + \frac{\partial T_{zz}}{\partial z} + g;$$

$$\frac{\partial(r \cdot V)}{\partial r} + \frac{\partial(r \cdot U)}{\partial z} = 0;$$

$$V \frac{\partial x}{\partial r} + U \frac{\partial x}{\partial z} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot ([D] + [I] \cdot D_T) \frac{\partial x}{\partial r}) + ([D] + [I] \cdot D_T) \frac{\partial^2 x}{\partial z^2} + \frac{[K_p] \cdot F}{V_p} (x^* - x);$$

$$V \frac{\partial T}{\partial r} + U \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot (a + a_T) \frac{\partial T}{\partial r}) + (a + a_T) \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$$

де $T_{rz} = (v + v_T) \left(\frac{\partial U}{\partial r} + \frac{\partial V}{\partial z} \right)$, $T_{rr} = 2(v + v_T) \frac{\partial V}{\partial r}$, $T_{zz} = 2(v + v_T) \frac{\partial U}{\partial z}$, U, V - радіальна і осьова напрямки швидкостей; ω - кутова швидкість обертання ротора; V і V_T - коефіцієнти кінематичної і турбулентної вязкості рідини; K_p - матриця коефіцієнтів масопердачі D_T - коефіцієнт турбулентної дифузії; a, a_T - коефіцієнти турбулентної і молекулярної дифузії; F - поверхня масопередачі V_p - поверхня рідини; T - температура.

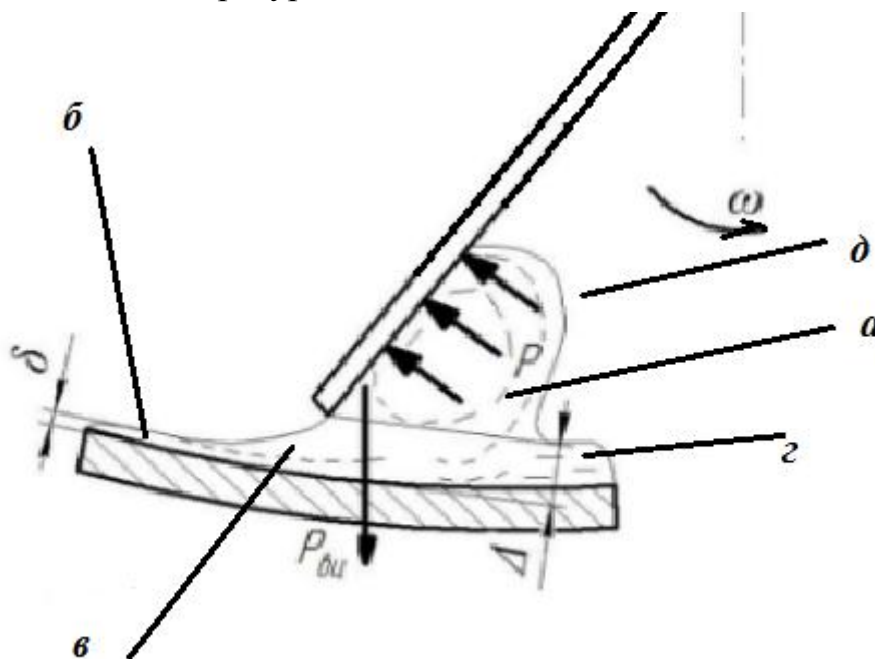


Рисунок 1 – Фізична модель процесу утворення плівки в роторно плівковому апараті.

Перелік посилань:

1. Стенцель Й.І. Математичне моделювання хімічних процесів на основі теорії реологічних переходів. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал. –Луганськ, 2007.- №5 (111), Ч.2. – с. 91–96.

1. Олевский, В.М. Роторно-пленочные тепло- и массообменные аппараты / В.М. Олевский, В.Р Ручинский. –М.: Химия, 1977. - 207 с.

УДК 662.641.047

**ФІЗИЧНА ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ
КВАЗИЦИЛІНДРИЧНИХ ЧАСТИНОК ДЕРЕВИНИ**

магістранти: Пашенько М.А., Довгаль О.О., доц., к.т.н. Корінчук Д.М.,

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Інститут технічної теплофізики НАН України

Подрібнення деревини, сушіння та пресування це необхідні технологічні етапи виробництва твердого біопалива. Основними критеріями вибору подрібнюючого обладнання є спосіб подрібнення, який враховує фізико-механічні властивості матеріалу, початковий розмір сировини та необхідний за технологією її кінцевий розмір [1]. При подрібненні рослинних твердих пружньо-в'язких матеріалів у виробництва біопалива, найчастіше застосовують руйнування ударом, розколюванням, стиранням та їх комбінації на машинах для середнього та дрібного подрібнення (дробарках молоткового типу та дизентиграторах). На виході з дробарки, при подрібненні 90% частинок мають повздовжній розмір, який набагато більший двох інших розмірів, тому приймаємо, що ці частинки мають квазіциліндричну форму.

Модель сушіння одиначної циліндричної частинки в загальному випадку пов'язана з розв'язанням доволі складної задачі руху двофазної газорідинної суміші за наявності фазового переходу та одночасного переносу тепла в трифазній системі [2]. Ця задача істотно нелінійна і тим більше ускладнюється необхідністю врахування кінетики фазового перетворення та міжфазового теплообміну, капілярних явищ, що спричиняють перетікання рідини в порах, а також явищ десорбції або переходу хімічно зв'язаної рідини у вільний стан.

Для розробки спрощеної математичної моделі прийнято вважати частинки деревини циліндричної форми.

Основні припущення що лягли в основу моделі сушіння:

1. кількість випареної вологи з поверхні, дорівнює кількості теплоти підведеної до частинки;
2. тепло в середину буде проводитись за рахунок прогріву частинки до температури вище 100°C ,

Розподіл температури в межах фронту випаровування $0 \leq r \leq k$ описується

рівнянням нестационарної теплопровідності [3]:
$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} \right)$$

з початковими умовами $T|_{\tau=0} = T_0$ при $0 \leq r \leq R_1$; $T|_{\tau=0} = T_0$ при $R_1 \leq r \leq R_2$

з граничними умовами: відсутність теплового потоку в центрі (гранична умова II-го роду):
$$\frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=0} = 0$$

рівність температур та теплових потоків в контакті двох фаз (гранична умова IV-го роду):
$$T \Big|_{r=R_1} = T \Big|_{r=R_1}, \quad \lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_1} = \lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=R_1}$$

конвективний теплообмін на поверхні (гранична умова III-го роду):

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial r} \Big|_{r=k} = \alpha (T - T_c)$$

Рівняння балансу теплоти і вологи в межах фронту випаровування:

$$\lambda \frac{T_n - T_f}{\Delta r} = L \cdot U_0 \cdot \rho \frac{\Delta \xi}{\Delta \tau}$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності, який враховує явище термодифузії, конвективний рух в порах та теплоперенесення порами води.

Математичну модель розв'язують за методом кінцевих різниць за неявною схемою.

Перелік посилань:

1. Суміщення технологій подрібнення та сушіння при виробництві біопалива/ Корінчук Д.М., Безгін М.М./Збірник тез доповідей IX міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсозберігаючі технології та обладнання» - 18-19 квітня 2016 – 133 с.

2. Модель высокотемпературной сушки сферических торфяных частиц и ее экспериментальное подтверждение / Ю.Ф. Снежкин, Д.Н. Коринчук // Промышленная теплотехника. — 2004. — Т. 26, № 6. — С. 134-137. — Библиогр.: 6 назв. — рос.

3. Лыков А.В. Теория теплопроводности – М. «Высшая школа», 1967 – 596 с.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ КОНВЕКТИВНИЙ СУШИЛЬНИЙ СТЕНД

д-р техн. наук, гол. наук. співр. Ж.О. Петрова¹, студент О.В. Перепеличний²,

1-Інститут технічної теплофізики НАН України,

2- Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імен Ігоря Сікорського"

Сушіння – один із перспективних методів переробки сировини, має різноманітне та широке поширення. Процес сушіння знаходить широке використання, наприклад, для обробки та отримання цукру, крохмалю, кави та молочних продуктів, мучних сумішей, картопляних продуктів, закусок, фруктів, овочів [1]. Даний процес приводить до значних змін всіх характеристик продукту, виключно до відносної концентрації його окремих компонентів. Внаслідок цих змін процеси сушіння важко піддаються теоретичному опису, але дозволяють вирішити велику кількість практичних задач [2]. Тенденція розвитку цього методу складається з розробки більш досконалих технологічних процесів. Вибір оптимального способу сушіння завжди визначається природою матеріалу та вимогами до якості кінцевого продукту.

Для дослідження кінетики процесу сушіння функціональної сировини використовували експериментальний конвективний стенд (рис. 1) [3, 4].

Температура теплоносія 30 – 150°C

Швидкість руху теплоносія 0,5 – 5 м/с

Експериментальний стенд складається із системи ізольованих повітропроводів з пристроями для нагрівання та циркуляції теплоносія, сушильних камер, системи контролю і підтримання температури теплоносія, автоматичного збору і обробки інформації про перебіг процесу зневоднення матеріалу.

Для точної підтримки заданої температури калорифер підключений до автоматичної системи регулювання, яка складається з електричного регулятора температури ЕРТ – 4 (4) та термометрів опору ТСМ-50 (6).

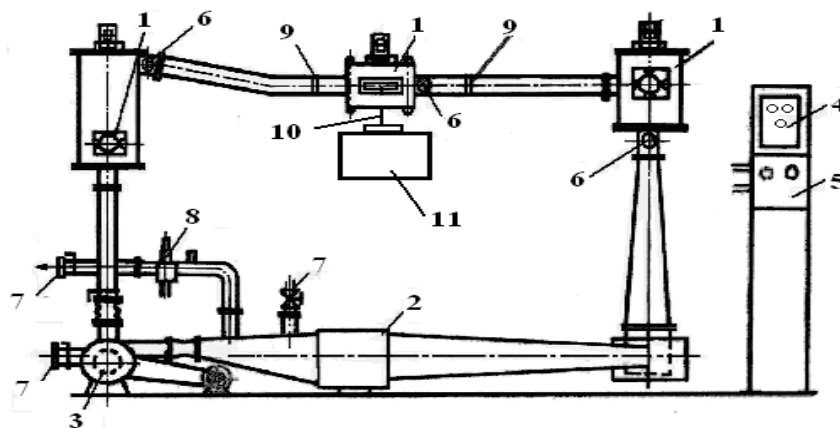


Рис. 1. Схема експериментального стану:

1 – сушильна камера; 2 – калорифер; 3 – вентилятор; 4 – регулятор температури; 5 – щит керування; 6 – термометри опору; 7 – патрубки з шиберами; 8 – психрометр; 9 – спеціальні решітки; 10 – штанга терезів; 11 – терези.

Технічна характеристика конвективного сушильного стану:

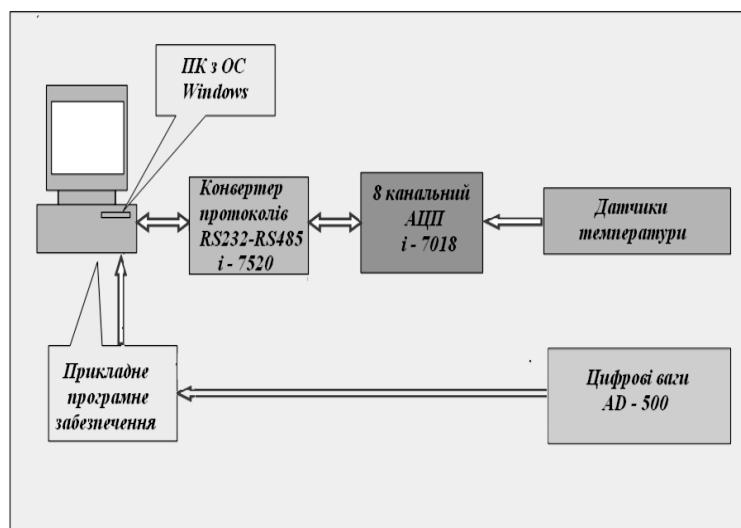


Рис. 2. Структурна схема автоматизованого збору та обробки інформації із конвективного сушильного стану

Стенд доукомплектований допоміжним обладнанням (рис. 2): аналоговим цифровим перетворювачем *i-7018*, конвертором-інтерфейсом *i-7520* та персональним комп'ютером, що дозволяє проводити процес сушіння в автоматичному режимі за допомогою розробленої прикладної програми "Sooshka". Програмою досліджень передбачено виявлення основних закономірностей сушіння рослинної сировини в широкому діапазоні зміни

факторів з проведенням автоматичного збору та обробки інформації про зміну маси, температури зразка та розрахунків кінетики.



Рис. 3 Експериментальний стенд

Перелік посилань

1. SCIENTIFIC COMMITTEE ON FOOD OF THE EUROPEAN COMMISSION (2001) 'Guidance on Submissions for Food Additive Evaluations by the Scientific Committee on Food' SCF/CS/ADD/GEN/26 Final of 12 July 2001.

2. Снежкин Ю.Ф. Состояние и перспективы развития сушильной техники в Украине / Ю.Ф. Снежкин // Труды 2-ой международной научно-практической конференции «Современные энергозберегающие тепловые технологии процессы)». – 2005. - Т.2. – С. 225 – 230.

3. Снежкин Ю.Ф. Исследование кинетики сушки семенного рапса в элементарном слое / Ю.Ф. Снежкин, В.М. Пазюк, Р.А. Шапарь, Т.А. Михайлик, Ж.А. Петрова // Вібрація в техніці та технологіях. – 2008. – № 1. – С. 93 – 95.

4. Снежкин Ю.Ф. Исследование влияние параметров на кинетику и всхожесть семян рапса / Ю.Ф.Снежкин, В.М. Пазюк, Ж.А. Петрова, Т.А. Михайлик // Промышленная теплотехника. – 2010. – Т. 32, № 3. – С. 37 – 42.

ПРОЦЕС КРИСТАЛІЗАЦІЇ РОЗПЛАВУ ПОЛІПРОПІЛЕНУ

магістрант Подиман Г.С. к.т.н, ст.викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Аналітичне розв'язання задачі нестационарного охолодження трубної заготовки з розплаву поліпропілену з використанням критеріальних залежностей не забезпечує достатньої інженерної точності розрахунку, а відомі чисельні методи не враховують залежність теплофізичних властивостей від температури, рисунок 1, 2 [1].

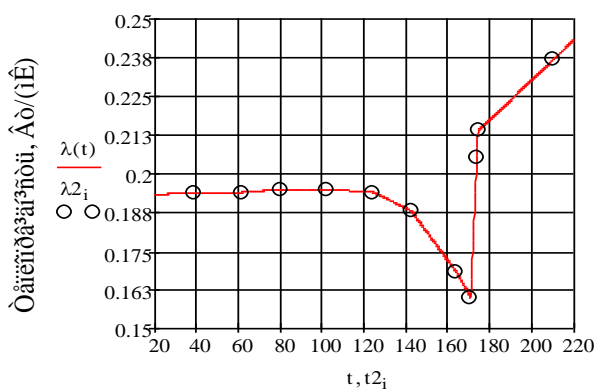


Рисунок 1 – залежність теплопровідності від температури

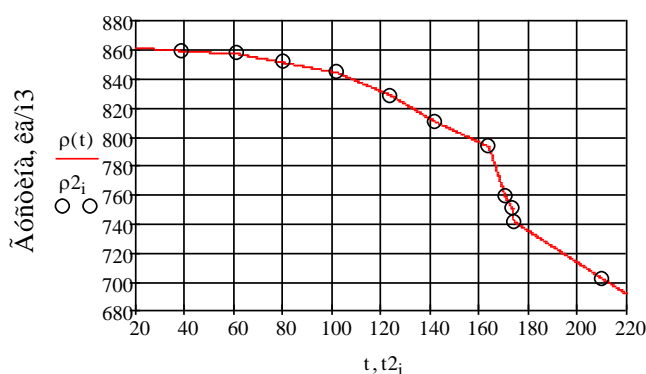
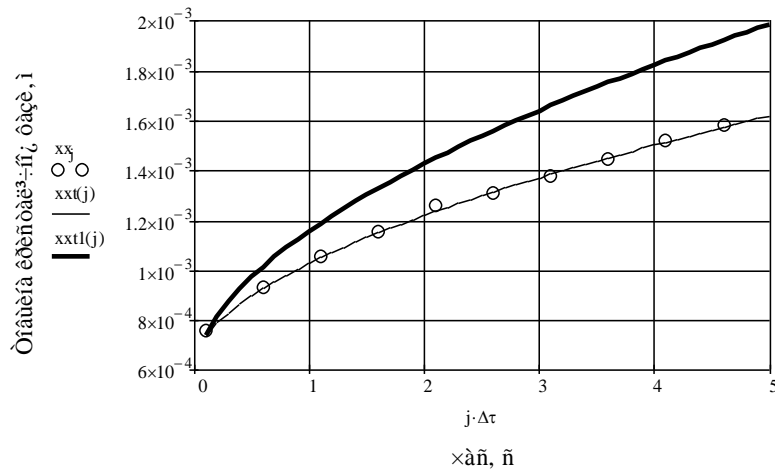


Рисунок 2 – залежність густини від температури

Для граничних умов першого роду (стала температура зовнішньої стінки труби) відомі класичні алгоритми чисельних методів [2], які було вдосконалено з метою врахування залежності теплофізичних властивостей від температури, а саме неявний спосіб апроксимації похідних визначає температурні поля, після чого перераховуються теплофізичні властивості як функція координати та часу, та розрахунок повторюється до задовільного сходження результатів. Створено алгоритм та програму розрахунку у середовищі MathCad, результатом роботи програми є залежність товщини пропілену, у кристалічній фазі, від часу, рисунок 3.

Отримана апроксимуюча залежність товщини поліпропілену у кристалічній фазі, від часу в аналітичному вигляді. з урахуванням змінних

$$x = 1,089 \cdot 10^{-4} \cdot \tau^{0,564} + 6,24 \cdot 10^{-4} \quad R^2 = 0,998$$



x_{xj} – товщина кристалічного шару, розрахована за теплофізичних властивостей поліпропілену, які змінюються в залежності від температури; $x_{xt}(j)$ – товщина кристалічного шару, отримана з апроксимуючої залежності, розрахована за теплофізичних властивостей поліпропілену, які змінюються в залежності від температури; $x_{xt1}(j)$ – товщина кристалічного шару, отримана з апроксимуючої залежності, розрахованої за теплофізичних властивостей поліпропілену, які відповідають температурі 20°C;

Рисунок 3 – Залежність товщини пропілену, у кристалічній фазі, від часу.

Висновок: в інженерних розрахунках необхідно враховувати залежність теплофізичних характеристик від температури, так як це збільшує точність розрахунку.

Перелік посилань:

1. Теплофизические свойства полимерных материалов. Справочник. Пивень А.Н., Гречаная Н.А., Чернобыльский И.И. Издательское объединение "Вища школа", 1976, 180с.
2. Разностные методы решения задач теплопроводности: учебное пособие./ Г.В. Кузнецов, М.А. Шеремет. – Томск: издательство ТПУ, 2007. – 172с.

УДК 666.97

ВІБРОЕКСТРУДЕР ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ФІБРОБЕТОННИХ

ВИРОБІВ КРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ

студент Пригорницький Т.М., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

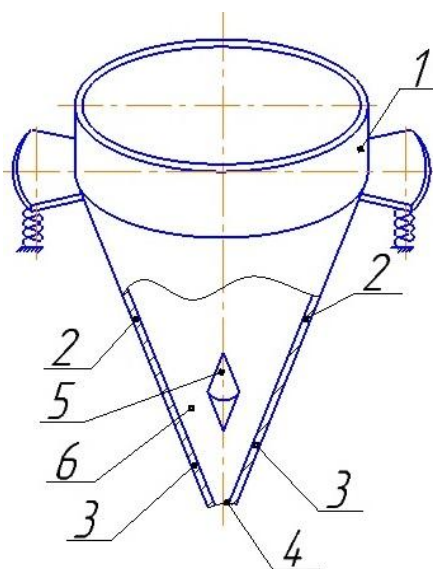
"Київський політехнічний інститут імені І.Сікорського"

Для виготовлення якісних фібробетонних виробів круглого поперечного перерізу авторами була запропонована нова конструкція віброекструдера, яка дозволяє використовувати фібробетонні суміші різних складів, досягаючи при цьому переважно поздовжню орієнтацію фібр у всьому виробі [1].

Віброекструдер містить бункер 1 у вигляді перевернутого зрізаного конуса зі стінками 2, який своїми нижніми ділянками 3 утворює роздавальне вікно 4, а також змонтований всередині бункера 1 направляючий пристрій 5 у вигляді подвійного конуса з можливістю його переміщення по висоті бункера 1 і фіксації на його стінках 2 у заданому положенні. Цим забезпечується необхідна ширина кільцевого каналу 6 між направляючим пристроєм 5 і похилими стінками 2 бункера 1. До бункера 1 жорстко закріплено збудник коливач (на кресленні не показаний) (див. рисунок).

Пристрій працює таким чином. Залежно від властивостей і складу бетонної суміші, що містить відрізки фібр, направляючий пристрій 5 у вигляді подвійного конуса встановлюють на необхідній висоті всередині бункера 1, забезпечуючи розрахункову ширину кільцевого каналу 6 між направляючим пристроєм 5 і похилими стінками 2 бункера 1. У верхню частину бункера 1 завантажують бетонну суміш з фібрами і вмикають збудник коливач, після чого внаслідок коливач, які передаються від збудника коливач до стінок бункера 1 і направляючого пристрою 5, фібробетонна суміш у бункері розріджується і перетікає через кільцевий канал 6 в напрямку роздавального вікна 4, одночасно переміщуючись за рахунок зсувних деформацій. При протіканні суміші в каналі 6 біля нижньої частини направляючого пристрою 5, де зсувні деформації найбільші, здійснюється розвертання фібр у напрямку, близькому до поздовжнього, який залежить від конфігурації нижньої частини

направляючого пристрою 5. Виходячи з роздавального вікна 4 сформований фібробетонний виріб подається у форму.



1– бункер, 2 – стінки, 3 – нижні ділянки стінок, 4 – роздавальне вікно,
5 – направляючий пристрій, 6 – кільцевий канал

Рис. – Віброекструдер для змішування і формування фібробетонних виробів круглого поперечного перерізу

Виконання віброекструдера із зазначеними відмітними ознаками забезпечує переважно поздовжнє орієнтування фібр в центральній частині виробу круглого поперечного перерізу при його формуванні за рахунок направленою зсувного руху фібробетонної суміші поблизу нижньої частини направляючого пристрою, а отже і більш ефективного використання армуючих властивостей фібр.

Перелік посилань:

1. Заявка на патент України. МПК (2016.01). В28В13/00. Віброекструдер для змішування і формування фібробетонних виробів круглого поперечного перерізу. Андреев І. А., Пригорницький Т. М.; заявник вони ж. — № у 201613025; заявл. 20.12.2016.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ

с. н. с., к. т. н. Коник А. В., н. с. Гоженко Л. П., с. н. с., к. т. н. Целень Б. Я., с. н. с., к. т. н. Недбайло А. Є., с. н. с., к. т. н. Радченко Н. Л.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Метою роботи є підвищення ефективності процесу екстракції та отримання широкого спектру високоякісних екстрактів різного призначення з лікарських рослин, плодово-ягідної сировини та різноманітних кореневищ.

Для вирішення цих завдань в Інституті технічної теплофізики НАН України розроблена нова конструкція апарата пульсаційного типу, принцип роботи якого ґрунтується на застосуванні гідродинамічної кавітації [1, 2]. Вплив кавітаційних ефектів сприяє оптимізації процесу екстракції: зменшення опорів клітинного і міжклітинного простору рослинної сировини, збільшення коефіцієнтів масопереносу та скорочення тривалості процесу екстрагування. У створеному енергоефективному апараті пульсаційного типу оптимальне вилучення біологічно активних речовин досягається при температурі екстрагента в діапазоні значень від 20... 40 °С, тобто без додаткового підігріву суміші, що є необхідною умовою для традиційних технологій (перколяція, мацерація). Вказаний діапазон температур вилучення є важливим для удосконалення та розробки технологій обробки термолабільних речовин.

В результаті проведених експериментальних досліджень відпрацьовано технологічні режими процесу екстракції рослинної сировини, що дозволило суттєво скоротити енерговитрати (приблизно в 2 рази, порівняно з прототипами класу імпульсних апаратів). Розроблене обладнання може застосовуватись для одержання екстрактів з різноманітних лікарських трав, зокрема, чебрецю, кропиви, хвої, ромашки, звіробою, календули (для парфюмерії, миловаріння), різноманітних ягід, зокрема, з вичавок, які залишаються в технологіях

приготування виноматеріалів, соків та нектарів, а також екстрактів для використання у виробництві алкогольних та безалкогольних напоїв. Окрім цього, в апараті можна здійснювати екстракцію з пророщених зерен пшениці, ячменю, насіння льону і т.д., можливість використання яких поширюється на кондитерську та хлібопекарську галузь. Перспективним напрямком також є використання екстрактів у виробництві кормових добавок для тварин і риб.

В цілому, використання кавітації в процесах екстракції – перспективний, сучасний, високоефективний, економічно вигідний, високопродуктивний та екологічно чистий метод виробництва.

Перелік посилань:

1. Іваницький Г.К. Аналитическое исследование условий возникновения кавитации в трубе пульсационного диспергатора ударного типа / Г. К. Іваницький, Л.П. Гоженко // Пром. теплотехника. – 2014. – Т. 36, № 6. – с. 49 – 56.

2. Іваницький Г. К. Застосування кавітаційного реактора пульсаційного типу для екстрагування з рослинної сировини // Г. К. Іваницький, О. І. Чайка, Л. П. Гоженко // Наукові праці ОНАХТ – Одеса, 2015. – Вип. № 47 – т. 2. – с. 138 – 142.

УДК 66.081.63

ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ КЕРАМІЧНИХ МЕМБРАН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД НАФТОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

магістрант Симан І. В., д.х.н., доц. Кучерук Д.Д.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Відходи НПЗ, потрапляючи у водне середовище, негативно впливають на якість води і санітарні умови життя і водокористування населення. Забрудненість стічних вод нафтопереробних заводів залежить від складу перероблюваної нафти, профілю заводу, стану технологічного обладнання, правильності підключення установок до систем каналізації. В загальному випадку забруднення відбувається нафтопродуктами, солями, амонійним азотом, фенолами, сульфідами, парафінами. Зазвичай для очищення стічних вод НПЗ використовують адсорбцію. Але цей метод досить незручний через необхідність регенерувати сорбент і його високу вартість. [1]

В той час використовують керамічні мембрани для очищення від органічних сполук. У роботі [2] було досліджено очищення стічних вод від органічних забрудників на прикладі барвників (прямого червоного та брильянтового зеленого). Такі керамічні мембрани внаслідок великого середнього діаметра пор практично не затримують органічні речовини. Тому, з метою зменшення діаметра пор з вузьким розподілом їх за розміром, їх модифікували. Модифікаторами для таких мембран виступають гідроксокомплекси.

Випробування модифікованих керамічних мембран здійснювали на лабораторній баромембранній установці, що працювала в проточно-циркуляційному режимі. Розчин, що очищувався, протікав під тиском у режимі рециркуляції вздовж зовнішньої поверхні трубки та фільтрувався в її середину і виводився з неї з торцевого боку фільтра.

У роботі [3] показано, що динамічна мембрана, яка сформована при рН 4.8-5.0, складалася переважно з найдрібніших частинок гідроксокомплексів і виявляла свою затримуючу дію. Також результати експериментів показали, що підвищення робочого тиску від 0.4 до 1.2 МПа при концентрації прямого

червонго у початковому розчині 295 мг/дм^3 (рН 9.0-9.2) і тривалості експерименту 2 години для мембрани, яка модифікована гідроксокомплексами Al^{+3} , виникало практично повне затримання аніонного барвника. Це можна пояснити електростатичним відштовхування між однойменно зарядженими аніонами барвника і поверхнею модифікуючого шару із гідроксокомплексів Al^{+3} , а також ущільненням структури додаткового затримуючого шару з асоціатів барвника на поверхні мембрани.[2]

Також були проведені експерименти зі збільшенням концентрації барвників у вихідному розчині і зі збільшенням часу проведення експерименту. Було показано, що модифікована керамічна мембрана за певних умов практично повністю затримує прямий червоний. Затримуюча здатність модифікованої керамічної мембрани до брильянтового зеленого має дещо складніший характер, який можна пояснити поєднанням стеричного та зарядового механізмів при рН 5.0-7.5 і адсорбційною взаємодією при рН>7.5,[2]

Ефективність використання керамічних мембран для очищення стічних вод від барвників дозволяє висунути припущення про перспективи використання цих мембран для очищення стічних вод нафтопереробних заводів, однак систематичних досліджень в цьому напрямку не проводилось. Тому такі дослідження на сьогодні є актуальними.

Перелік посилань

1. Ластовкина Г.А., Радченко Е. Д., Рудина М.Г. Справочник нефтепереработчика. – Л.: Химия, 1986. – 648 с., ил.
2. Дюльнева Т. Ю., Чіркова К. М., Кучерук Д. Д., Гончарук В.В. Очищення води від барвників модифікованими керамічними мембранами з глинистих мінералів // Доповіді національної академії наук України. – 2016. – 1. – с. 110-116.
3. Кучерук Д.Д. Динамические мембраны из гидроксополимеров алюминия // Химия и технология воды. – 1991. – 13, №7. – С.664-669.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СПОСОБОМ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ

магістрантка Столітня Н.В.; к.т.н., ст. викл. Целень Б.Я.

Інститут технічної теплофізики НАН України,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дискретно-імпульсне введення енергії (ДІВЕ) досить нова сфера наукових досліджень. Розуміння та вивчення процесів, які відбуваються при впливі на водні системи способом ДІВЕ є актуальною темою на сьогодні [1].

Спільно з Інститутом технічної теплофізики НАН України було проведено експериментальні дослідження на розчинах органічних та неорганічних кислот. Для приготування розчину використовували дистильовану і водопровідну воду. Введення кислоти у воду проводили за півгодини до початку обробки розчину. Тривалість обробки становила 8 хв в режимі рециркуляції розчину при продуктивності 2 т/год. Вимірювання значень pH і температури проб здійснювали портативним pH -метром *Hanna Instruments HI8424*.

Установка для дослідження процесу ДІВЕ при обробці водних систем базується на основі РПА спеціальної конструкції з технічними характеристиками: модель – ШАГ-3, напруга живлення – 220В, частота обертання ротора – 3000 об/хв, габаритні розміри – 610х465х250 мм, маса – 78 кг, електродвигун – АИР90 L2У3 (3 кВт), та складається з вакуумної камери, вакуумного насоса, роторно-пульсаційного апарата, крану для відбору проби, крану для зливу розчину, вакуумметра та манометра типу МЗ-ТУ, термопари типу ТХК [2].

У вакуумну камеру подається необроблений розчин, який під дією різниці тисків, що створюється вакуумним насосом, поступає в РПА, де обробляється і повертається назад у вакуумну камеру. Таким чином відбувається циркуляція розчину в системі. Вимірювання тиску, який створюється у вакуумній камері, проводиться за допомогою вакуумметра. Тиск після РПА вимірюється за допомогою манометра. Температура розчину вимірюється за допомогою термопари.

В результаті отримали показники динаміки зміни pH розчину сірчаної кислоти та нітратної кислоти у дистилаті до і після обробки, які наведено в таблиці 1. Концентрація кислоти в розчині становила 0,7 ммоль/л. Кількість компонентів в розчині: $H_2SO_4(1:3)$ –4мл; $HNO_3(56\%)$ – 1 мл. Об'єм розчину в апараті склав 30 – 40 л.

Таблиця 1 – Динаміка зміни рН 0,7 ммоль/л розчину сірчаної кислоти та нітратної кислоти у дистилаті до і після обробки

Найменування проби	рН проби			Температура проби, °С		
	Після обробки	Через 3 доби	Через 4 доби	Після обробки	Через 3 доби	Через 4 доби
Дистилат	5,75	6,30	6,29	20,5	20,5	20,8
Вих.	3,99	4,00	3,99	20,2	20,5	21,0
2 хв.	4,63	4,63	4,63	24,8	20,6	21,1
4 хв.	4,86	4,86	4,86	26,1	20,5	20,9
8 хв.	5,18	5,18	5,16	30,7	20,5	20,9

Після 4 хв обробки почалося видиме випаровування розчину. Температура зразків розчину під час відбору проб: 4 хв $\approx 38^{\circ}\text{C}$, 8 хв $\approx 50^{\circ}\text{C}$. Закислення дистилату проводилось в баку установки. Через 25 хв після закислення почалася обробка.

Вивчення процесів, які відбуваються при впливі на водні системи способом ДІВЕ–це новий, перспективний метод, який потребує поглибленого вивчення і може знайти широке промислове використання. В даний час проводяться теоретичні і експериментальні дослідження з метою отримання якісних водних систем з подальшим використанням їх в промисловому виробництві України.

Перелік посилань:

1. Целень Б.Я. Математична модель процесу нейтралізації кислих водних розчинів способом дискретно-імпульсного введення енергії /Целень Б.Я., Яроцький С.М. //Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання:VII міжнародна науково-практичної конференція студентів, аспірантів і молодих вчених (Київ, 20-21 листопада 2014 р.): тез. допов. – 2014.– С. 75-76.

2. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа. Теория и практика // Москва – Машиностроение. – 2001 – С.247.

УСТАНОВКА ДЛЯ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ КОНДЕНСАТУ

ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Целень Б.Я.^{1,2}, Коник А.В.¹, Радченко Н.Л.¹, Гоженко Л.П.¹, Недбайло А.Є.¹

¹Інститут технічної теплофізики НАН України

²Національний технічний університет України «КПІ ім.Ігоря Сікорського»

Мета роботи полягала у виготовленні дослідного зразка установки для нейтралізації конденсату продуктів згоряння природного газу в котельних промислових підприємств і підприємств теплопостачання оснащених системою глибокої утилізації теплоти димових газів.

Кислий конденсат з рН близько 4.2, що утворюється при спалюванні природного газу, на сьогоднішній день не знаходить застосування і надходить у стічні води підприємства. З огляду на те, що він є водним розчином вуглекислоти з незначною кількістю домішок оксидів азоту і не містить солей жорсткості, після нейтралізації його доцільно використовувати для технологічних потреб підприємств, а також як води для живлення водогрійних котлів промислових і комунальних котельних. Попередні розрахунки показали, що утвореної кількості кислого конденсату повинно повністю вистачити на задоволення потреб котельних у воді для живлення котлів.

Існуючі способи нейтралізації, що передбачають використання реагентів, не дають можливості повторно використовувати нейтралізований конденсат. Використання з цією метою декарбонізаторів недоцільне в зв'язку з високими показниками енерговитрат і матеріалоемності.

При виконанні роботи проведені аналітичні розрахунки і експериментальні дослідження перебігу фізичних процесів, що покладені в основу принципу роботи установки нейтралізації конденсату. Визначення основних фізико-хімічних параметрів модельної рідини і конденсату продуктів згоряння природного газу проводили в екологічній лабораторії підприємства «ЕКОМЕДСЕРВІС».

Результатами виконаної науково-технічної роботи і її новизною є:

Збірник тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

а) виготовлений дослідний зразок установки, впровадження якого в котельній, оснащений котлом з системою глибокої утилізації теплоти димових газів, дозволить здійснювати процес нейтралізації кислого конденсату продуктів згоряння газу без використання реагентів;

б) розроблена робоча конструкторська документація на виготовлення дослідного зразка установки, яку можна передати на машинобудівні підприємства з метою розробки робочої конструкторської документації для серійного виготовлення цієї установки;

в) виконане аналітичне дослідження процесу десорбції діоксиду вуглецю з конденсату вперше застосувавши для цього спосіб дискретно-імпульсного введення енергії.

Створений дослідний зразок установки дозволить зменшити витрати на підготовку води для живлення котлів за рахунок зменшення споживання природної води замінивши її нейтралізованим конденсатом, а також скоротити кількість стічних вод після регенерації іонообмінних фільтрів установок пом'якшення води і хімічно забрудненого нейтралізованого конденсату.

Основні техніко-економічні показники розробленого дослідного зразка установки: продуктивність по нейтралізованому конденсату – до 450 л/год; споживання електроенергії – 3,75 кВт-год; габаритні розміри – 650x800x1100 мм; рН нейтралізованого конденсату – не нижче 6,0.

Отримана продуктивність установки 290÷450 л/год дозволить нейтралізувати кислий конденсат від конденсаційних газових котлів тепловою потужністю 2,1÷3,2 МВт при умові максимальної ефективності роботи системи глибокої утилізації теплоти димових газів. Так як в реальних умовах кількість утвореного конденсату зазвичай нижча, дослідний зразок установки може працювати з котлами вищої теплової потужності.

Науково-технічна робота виконувалась в Інституті технічної теплофізики НАН України згідно договору №ДЗ/52-2015 з МОН України.

УДК 532.137:666.97

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІ ВІБРОЕКСТРУДЕРА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ШАХТНИХ ЗАТЯЖОК

студент В.О.Ящук, к.т.н., доц. І.А.Андреєв

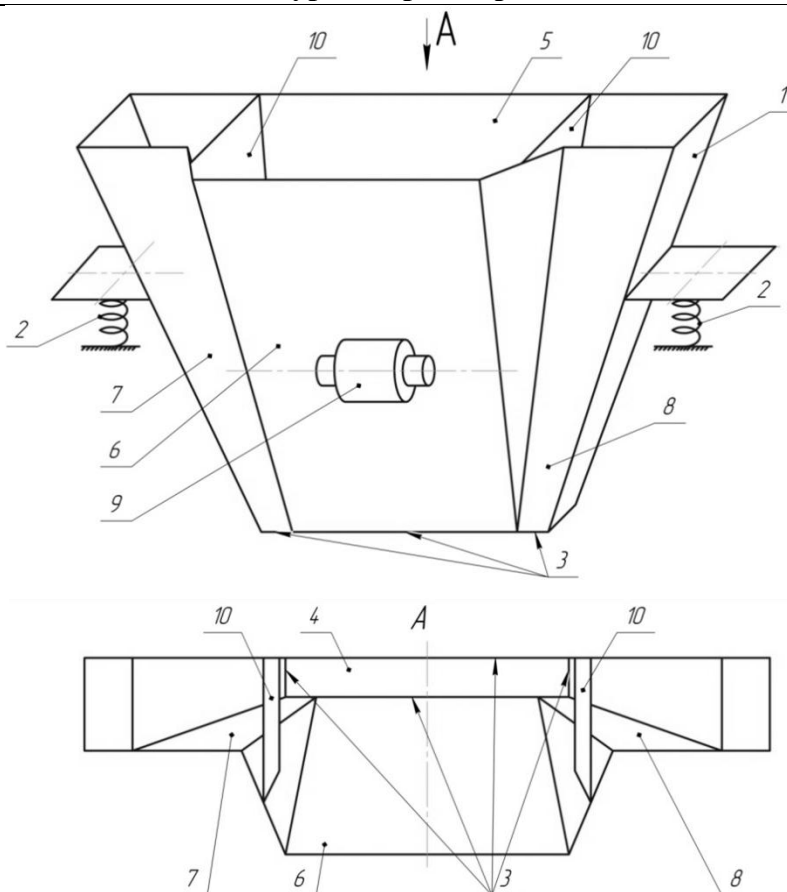
Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Продуктивність у плоских збіжних каналах віброекструдера збільшується з ростом кута нахилу похилої стінки каналу до вертикалі. Ця закономірність була використана при розробці конструкції формуючого віброекструдера, який призначений для виготовлення плоских фібробетонних шахтних зтяжок зі збільшеною кількістю фібр у середній частині виробів. Для зменшення різниці в об'ємних витратах різних сумішей по перерізу роздавального вікна і, відповідно, покращення якості виробів нахили похилих стінок бункера віброекструдера до вертикалі на ділянках течії фібробетонних сумішей різних складів змінюються пропорційно величинам вібров'язкостей цих сумішей [1, 2].

Більш ефективного змішування компонентів фібробетонної суміші можна досягти при виконанні однієї з протилежних плоских стінок бункера віброекструдера вертикальною (см. рисунок). В цьому випадку здійснюється більш рівномірний розподіл зсувних деформацій в об'ємі суміші при її плинні в збіжних несиметричних каналах. В результаті покращується якість фібробетонних виробів [3].

Віброекструдер містить бункер 1, який має плоскі стінки 5-8 і встановлюється на пружних зв'язках 2. При цьому стінки 5-8 своїми нижніми крайками 3 утворюють прямокутне роздавальне вікно 4, а кут між вертикальною стінкою 5 і похилою стінкою 6, де формується середня частина плити, більший за кут, що утворюється між вертикальною 5 і похилими стінками 7, 8, де формуються краї плити. До бункера 1 жорстко закріплено збудник коливань 9, а верхня частина порожнини бункера розділена перегородками 10.



1 – бункер, 2 – пружні зв'язки, 3 – нижні крайки стінок, 4 – роздавальне вікно, 5-8 – похилі стінки, 9 – збудник коливань, 10 – перегородки

Рис. – Віброекструдер для формування фібробетонних шахтних затяжок

Перелік посилань:

2. Андреев И. А. Виброекструзия плоских фибробетонных изделий / И.А.Андреев, В.О.Ящук // Хімічна промисловість України. – 2016. – №5-6 (136-137). – С. 62-65.

3. Пат. 108690 U Україна МПК (2006.01) В28В 13/02, В28В 1/52, В28В 1/08. Віброекструдер для формування плоских фібробетонних виробів / Андреев И.А., Ящук В.О.; заявник і патентовласник вони ж. — № u201601134; заявл. 10.02.2016; опубл. 25.07.2016, Бюл. № 14.

4. Заявка на патент України. МПК (2016.01). В28В 13/02, В28В 1/52. Віброекструдер для формування плоских фібробетонних плит. Андреев И.А., Ящук В.О.; заявник вони ж. — № u 201609803; заявл. 23.09.2016.

СЕКЦІЯ 2

«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»

ЗАЛЕЖНІСТЬ КОНФІГУРАЦІЇ ПОТОКІВ В КОРПУСІ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ВІД НАПРЯМУ ПОДАЧІ ТЕПЛОНОСІЯ

магістр Візерський Д.С., проф., к.т.н. Марчевський В.М., асп. Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Як відомо, сушіння є одним із найбільш затратних процесів у хімічній технології, на яку витрачається приблизно 20% від усієї виробленої енергії. Таким чином проблема оптимізації процесів сушіння, у наш час, є актуальною.

Однією з базових умов, що необхідні для проходження процесу сушіння є те, що волога має бути видалена з матеріалу за час перебування матеріалу в сушильній камері, тобто:

$$\tau_{\text{суш.}} = \tau_{\text{переб.}}$$

Хоча процес сушіння є складним нестационарним тепло-масообмінним процесом, у загальному вигляді виконання цієї умови можна досягти кількома шляхами:

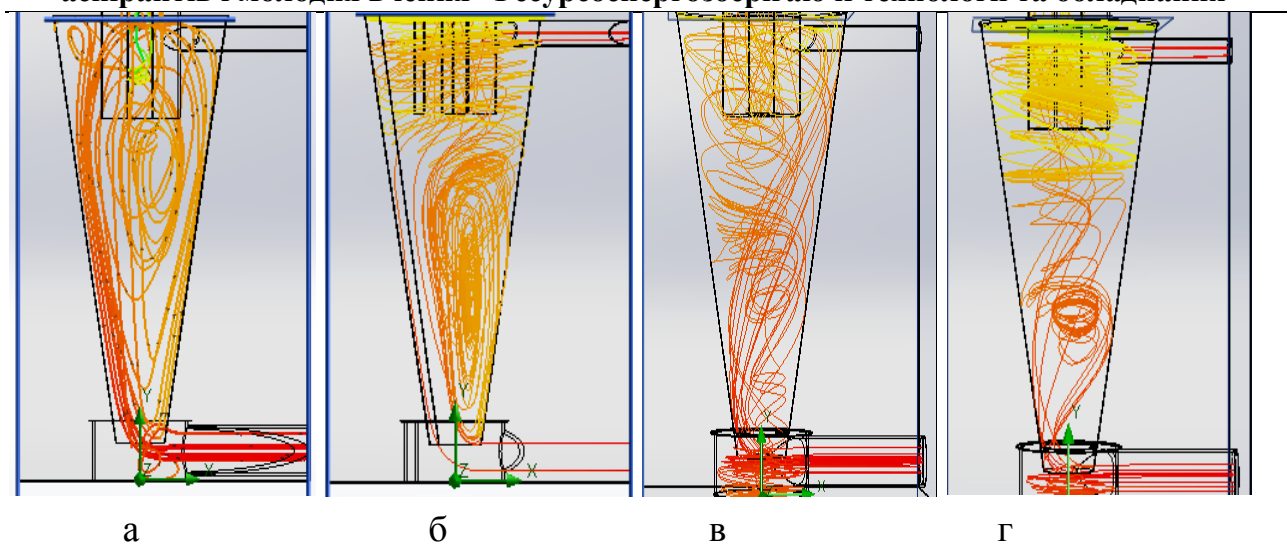
- Збільшити коефіцієнти швидкості або рушійну силу процесу;
- Збільшити геометричні параметри сушильного апарату;

Збільшення коефіцієнтів можна проводити двома шляхами:

- Збільшення різниці температур між сушильним агентом та вологим матеріалом;
- Зменшення початкової вологості сушильного агента;

Обидва способи потребують значних затрат енергоресурсів, тому, наразі не є доцільним їх розглядання. Збільшення ж геометричних параметрів сушильних апаратів можливе лише до певної межі, що також не завжди доцільно.

Запропонований метод полягає у зміні внутрішньої геометрії сушильних камер та створення направляючих для отримання оптимальних, з точки зору часу перебування, потоків сушильного агента. Для вирішення цього питання було застосоване програмне забезпечення SolidWorks, де було змодельовано 4 варіанти направляючих для сушильного агента (рис. 1 а, б, в, г):



а – радіальний нижній патрубок, заглушений верхній; б – радіальний нижній патрубок, тангенційний верхній; в – тангенційний нижній патрубок, заглушений верхній; г - тангенційний нижній патрубок, тангенційний верхній патрубок;

Рисунок 1 – Розподіл потоків сушильного агента в залежності від типу підвідних патрубків.

За отриманими симуляціями можна побачити, що радіальні патрубки підведення теплоносія значно збільшують вертикальне перемішування потоків, проте значним недоліком при даному типі підведення теплоносія є те, що частина потоку рухається напругу до вихідного патрубку і до того ж, одна половина корпусу має нижчу температуру ніж інша. При тангенційному ж підводі відбувається краще розподілення температур по висоті сушарки, проте повернення потоків з верхньої частини корпусу у нижню виражене слабо.

За результатами модуляції було обрано варіант з нижнім радіальним та верхнім тангенційним патрубком (рис. 1б). Цей варіант забезпечує як достатнє вертикальне перемішування потоків, так і значно закручений потік у верхній частині камери, де має відбуватись досушування. Також верхній тангенційний патрубок забезпечує певне підвищення температури, та зменшення середньої вологості потоку теплоносія, що має значно покращити процес сушіння.

Перелік посилань:

1) Marchevskiy V.M., Grobovenko Y.V., Vizerskiy D.S. SIMULATION OF DRYING FINE PARTICLES TiO₂ IN A STREAM OF DRYING AGENT, SCIENTIFIC-DISCUSSION VOL 1, No 3 (2017), 2017

АНАЛІЗ КОМПОНУВАННЯ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТІВ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЯХ

магістрант Колобашкін Л.В., к.т.н., доц. Семінський О.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Використання роторно-пульсаційних апаратів (РПА) для проведення хіміко-технологічних процесів дозволяє значно скоротити тривалість виробничого циклу, кількість операцій та використаного обладнання, а також підвищити якість продукції та вихід цільових компонентів. Іноді використання РПА дозволяє зменшити частку дефіцитних або дорогих компонентів в оброблюваних продуктах, чи замінити їх на менш дефіцитні та недорогі складові.

Ефективність РПА значною мірою залежить від конструкційних особливостей апарату і способу його використання а також від масштабів виробництва та коефіцієнту використання обладнання [1]. Забезпечення найкращих результатів використання РПА неможливе без дослідження впливу особливостей компонування вузлів РПА і самих апаратів у технологічних лініях.

З точки зору компонування робочого вузла розрізняють РПА занурюваного і проточного типів.

РПА занурюваного типу звичайно виконують у вигляді перемішуючих пристроїв, які встановлюють всередині в ємкісного обладнання. Для підвищення ефективності перемішування занурювані РПА іноді встановлюють додатково до наявних перемішуючих пристроїв інших типів [2]. Встановлення таких апаратів у технологічних лініях аналогічне встановленню апаратів з перемішуючим пристроєм. При такому використанні РПА забезпечують високі степені змішування та гомогенізації. Незважаючи на конструктивну простоту, занурювані РПА не забезпечують однорідну обробку всього об'єму

Збірник тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
середовища в апараті, а тому їх застосування виправдане при невеликих об'ємах середовищ з невисокою в'язкістю [3].

Найбільшого поширення отримали РПА проточного типу, робочі органи яких розміщені в невеликому корпусі, що має патрубки входу і виходу середовища, яке обробляється. Компонування роторно-пульсаційних апаратів проточного типу у технологічних лініях залежить від виду процесу, що проводиться, особливостей оброблюваних речовин та режимів обробки.

Циркуляційна схема застосовується у випадку використання РПА для проведення процесів диспергування і змішування [2]. Для підвищення інтенсивності цих процесів у внутрішній зоні апарату можуть бути встановлені лопаті або ножі, що забезпечують подрібнення крупних фракцій дисперсної фази, поліпшують умови перемішування і транспорту оброблюваного середовища.

Циркуляційна схема передбачає подачу компонентів середовища, що піддається обробці у проміжну ємкість з перемішуючим пристроєм, яка з'єднана з вхідним і вихідним патрубками РПА проточного типу і багаторазове прокачування середовища через апарат з поверненням його у ємкість. Недолік такої схеми полягає у тому, що весь об'єм оброблюваного середовища не з однаковою кратністю проходить через РПА, що призводить до неоднорідності отриманої продукції по степені диспергування та збільшенню тривалості виробничого циклу. У випадку обробки середовищ, що містять тверді частинки зазначений недолік може бути усунений встановленням замість ємкості гідроциклону [1].

Іншим способом досягнення більшої однорідності розподілення компонентів середовища є використання схеми з перезавантаженням середовища [2], яка відрізняється від циркуляційної схеми приєднанням до гідравлічного тракту допоміжної ємкості з перемішуючим пристроєм та з'єднання її з трубопроводом на виході з РПА незалежно від основної ємкості і приєднання до трубопроводу, що з'єднує основну ємкість з РПА. При цьому забезпечується строго певна кратність обробки всього об'єму середовища, що відповідає числу перезавантажень. Недоліком такої схеми є підвищення

складності її використання, особливо при обробці середовищ з високим вмістом твердої фази при екстрагуванні, коли потрібно отримати концентровані екстракти [1].

Для проведення процесів екстрагування при підвищеному вмісту твердої фази існує схема з різною кратністю циркуляції фаз. Схема передбачає встановлення РПА в циркуляційний контур, що замкнутий на проміжній ємності, наприклад, екстракторі з подвійним дном. Рідка фаза подається в РПА з нижньої камери ємності, а тверда фаза дозується живильником, наприклад, шнеком з верхньої камери. Різна кількість циркуляції рідкої та твердої фази дозволяє забезпечити високу надійність при сприятливих гідродинамічних умовах інтенсифікації процесу в апараті [1].

За результатами проведеного аналізу встановлено, що РПА використовуються не тільки для інтенсифікації хіміко-технологічних процесів, а й для покращення якості вихідного продукту при заданій продуктивності, або збільшення продуктивності при постійній заданій якості продукту. Раціональний вибір технологічної схеми з використанням РПА надає змогу підвищити ефективність виробництв.

Перелік посилань:

1. Балабудкин М.А. Роторно-пульсационне аппараты в химико-фармацевтической промышленности / М.А. Балабудкин. – М.: Медицина, 1983. – 159 с.

2. Стасевич М.В. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв: навч. посібник для студ. вищ. навч. заклад. / [М.В. Стасевич, А.О. Милянч, І.О. Гузьова та ін.]; за ред. В.П. Новікова. — Вінниця: Нова Книга, 2012. — 408 с.

3. Дмитрієвський Д.І. Технологія лікарських препаратів промислового виробництва: Навчальний посібник / [Д.І. Дмитрієвський, Л.І. Богуславська, Л.М. Хохлова та ін.]; Ред. Д.І. Дмитрієвський. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 280 с.

ПРОЦЕС ЕМУЛЬГУВАННЯ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТАХ

магістрант Косенко В.В., к.т.н., доц. Семінський О.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Емульсії широко застосовуються у промисловості та побуті, що зумовлює постійне підвищення вимог до їх якості, у першу чергу, стійкості та однорідності. Тому є висока потреба в розробці високоефективного обладнання та визначення раціональних технологічних режимів при обробці систем типу «рідина-рідина». Одним з видів такого обладнання, що відрізняється ефективністю та надійністю є роторно-пульсаційні апарати (РПА).

У харчових технологіях РПА набувають все більш широкого застосування, що зумовлено можливістю одночасного проведення у них процесів гомогенізації і диспергування що дозволяє збільшити термін зберігання продукції та збільшити її стійкість до розшарування. Так, наприклад, після обробки молока протягом 20...30 хв. при частоті обертання ротора 3000 об/хв. та температурі 68...72 °С діаметр жирових кульок складає 0,2...0,4 мкм, а термін зберігання молока без додаткової обробки збільшується до 8...9 діб [1].

Використання виготовленої в РПА водо-карбамідної-аміачної суміші рідких добрив, одержаної при частоті обертання ротора 2200 об/хв., температурі 18...20 °С з тривалістю пульсаційного впливу 500...750 с дозволяє суттєво підвищити родючість і якість озимої пшениці [2].

В нафтохімічній промисловості основними напрямками розвитку використання РПА є використання його для зниження в'язкості нафти, утворення стійких водо-мазутних та водо-біопаливних емульсій. Так, при обробці нафти при 20 °С у діапазоні швидкостей зсуву від 1 до 1321 с⁻¹ в'язкість нафти зменшується на 26...35 % [3]. Виготовлення водо-мазутної емульсії в РПА дозволяє збільшити ступінь дисперсності частинок до 2...3 мкм і підвищити однорідність їх гранулометричного складу, підвищити ККД згорання на 3...5 % і знизити викиди в атмосферу. Найбільший екологічний та економічний ефекти забезпечує вміст води 10...20 % [4-7].

Водо-біопаливні емульсії це поєднання нафтового палива не менше 40 %, біопалива до 45 % та води до 15 %. Використання РПА для виробництва такої емульсії забезпечує утворення однорідних кульок діаметр яких не перевищує 4 мкм, що забезпечує стійкість емульсії 2 місяців [8].

У целюлозно-паперовій промисловості РПА набуває широкого застосування для виготовлення крохмальних гідрогелів високого рівня дисперсності, який не може бути досягнений традиційними термохімічними

способами [9]. Так одержаний в РПА гідрогель з концентрацією крохмалю 1...5 % мас. при градієнтах швидкості зсуву $(0,5...17,4) \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$, часі обробки 4...60 с та температурі 80 °С має підвищений поверхневий натяг і еластичну в'язкість.

Проведений аналіз свідчать про ефективність і доцільність застосування РПА при вдосконаленні традиційних та розробці новітніх технологій. Можливість забезпечення в одному апараті комплексного впливу на речовини дозволяє створювати на основі РПА виробництва великої продуктивності, що забезпечують одержання високоякісної продукції. Це робить перспективними дослідження нових шляхів використання РПА у промисловості.

Перелік посилань:

1. Сотников В. А. Методы низкотемпературной деконтаминации молока. / В. А. Сотников, В. В. Марченко. // Вестник КТУ. – 2003. – С. 159–163.
2. Войтюк В. Д. Обоснование применения и параметров роторно-пульсационных аппаратов для приготовления жидких удобрений. / В. Д. Войтюк, Ю. А. Борхаленко. // Вісник ХНТУ сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – №148. – С. 244–249.
3. Ганиева Т. Ф. Механо–акустическое воздействие на высоковязкую нефть. / Т. Ф. Ганиева, Р. З. Фахрутдинов. // Вестник КНИ-ТУ. – 2014. – №17(24). – С. 334–336.
4. Аюпов Р. Ш. Исследование водно-топливных эмульсий и разработка оборудования для приготовления ультратонких эмульсий. / Р. Ш. Аюпов. // Вестник КТУ. – 2013. – №8(16). – С. 271–273.
5. Промтов М. А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов. / М. А. Промтов. // Вестник ТГТУ. – 2008. – №14(4). – С. 861.
6. Катин В. Д. Новые установки для приготовления водо-мазутных эмульсий к малоотходному сжиганию в паровых и водогрейных котлах предприятий железнодорожного транспорта. / В. Д. Катин, И. В. Вольхин, М. Х. Ахтямов. // Фундаментальные исследования. – 2016. – №3(3). – С. 495–500.
7. Кравченко О. В. Метод определения эффективности гидрокавитационной обработки в технологиях производства и сжигания композиционных топлив. / О. В. Кравченко, И. Г. Суворова, И. А. Баранов. // Проблемы машиностроения. – 2014. – №17(2). – С. 58.
8. Романцова С. В. Состав водно-биотопливных эмульсий. / С. В. Романцова, Е. Ю. Левина. // Наука в центральной России. – 2014. – №4(10). – С. 48–54.
9. Лосев Н. В. Влияние гидроакустического воздействия на поверхностное натяжение крахмальных гидрогелей / Н. В. Лосев, И. М. Липатова. // Химия и химическая технология. – 2006. – №49(11). – С. 134.

УДК 66.063.8

МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТАХ

магістрант Онищенко Д.М., к.т.н., доц. Семінський О.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інтенсифікація хіміко-технологічних процесів та підвищення ефективності технологічного обладнання є однією з пріоритетних задач розвитку науки і техніки. Основою для підвищення продуктивності та зниження енерговитрат є розробка високоефективного обладнання, до якого відносяться роторно-пульсаційні апарати (РПА). Дослідження та моделювання процесів у РПА дозволяє інтенсифікувати їх роботу, що є актуальною задачею.

У [1] запропоновано математичний опис гідродинаміки потоків в робочому вузлі РПА на основі нестационарного рівняння Бернуллі, з урахуванням залежності від часу гідравлічного опору робочої зони, та суми коефіцієнтів місцевих опорів, у припущенні що вони постійні в будь-який момент часу при характерних положеннях каналу ротора відносно каналу статора. Подальші зміни математичного опису наведені у [2], де враховані вплив змінного тиску на нестационарні гідромеханічні процеси в робочому вузлі апарата, та площу вихідного та вхідного отвору робочого вузла, що дозволяє визначити вплив кінематичних характеристик течії рідини в робочому вузлі на коефіцієнт гідравлічного опору. У [3] запропоновано використовувати рівняння Бернуллі у безрозмірному вигляді з використанням комплексів: критерію Коріоліса, ротаційного коефіцієнта та коефіцієнта нестационарності. Наведені варіанти математичного опису добре зарекомендували себе на одноступінчастих РПА, з повним перекриттям живого перерізу потоку тілом ротора прорізів статора при їх збігу під час обертання ротора.

Великий вплив на гідродинаміку потоку рідини в одноступінчастих РПА має кавітація. Спроби аналітичного опису динаміки одинарної кавітаційної бульбашки в робочому вузлі РПА вперше прийняті Юдаєвим В.Ф. [4]. Він використав рівняння Херрінга, яке описує динаміку кавітаційної бульбашки, та записав його з урахуванням місцевого тиску вздовж лінії току рідини, по якій рухається бульбашка, та змінного об'ємного газозмісту, що дає змогу показати, що тиск, який генерується в РПА розподіляється в розрідженому газорідинному середовищі. У [2] поведінку кавітаційної бульбашки розглянуто з урахуванням тепло-масообміну на основі рівняння Херрінга під дією змінного тиску. Вихідна система рівнянь зведена до системи в безрозмірних змінних, яка вирішувалася чисельними методами.

В багатоступінчастих РПА на гідродинамічні характеристики потоку рідини великий вплив має турбулентність. Для математичного моделювання та

розрахунку гідродинамічних та кавітаційних характеристик турбулентного потоку рідини в РПА використовують методику розрахунку з використанням усереднених рівнянь Нав'є-Стокса [7] та метод великих вихорів (LES – LargeEddySimulation), де великогабаритні вихрові структури розраховуються за допомогою інтегрування рівнянь Нав'є-Стокса. Одним з методів розрахунку течії в РПА є пряме численне моделювання (DNS – DirectNumericSimulation) [6]. Але у високо турбулентних течіях в'язкої рідини присутній широкий спектр турбулентних вихорів, що робить цей метод ресурсовитратним для обрахування. Серед різноманітних моделей турбулентності основну перевагу має RNG к-ε модель, оскільки в даній моделі вирішуються два додаткових рівняння для перенесення кінетичної енергії турбулентності та дисипації турбулентності. Її доцільно використовувати для моделювання турбулентного потоку в РПА. Проведений аналіз дозволив визначити методи математичного моделювання гідродинаміки РПА. Одержані результати будуть використані при комплексному дослідженні процесів у РПА.

Перелік посилань:

1. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика/ М.А. Промтов. –Москва: Машиностроение,2001. –260 с.
2. Балабышко А.М. Гидромеханическое диспергирование. / А.М. Балабышко,А.И. Зимин, В.П. Ружицкий. –Москва: Наука, 1998. – 330 с.
3. Аппараты с переходными гидромеханическими процессами и их характеристики / С.К.Карепанов, М.А.Карнаух, М.А.Серова, В.Ф.Юдаев.// Хим. и нефтегаз.–Москва: Машиностроение, 2001. – Вип. 12. –С. 3-6.
4. Балабышко А.М. Роторные аппараты с модуляцией потока и их применение в промышленности. / А.М. Балабышко, В.Ф. Юдаев –Москва: Недра, 1992. – 176 с.
5. Гидродинамика, теплообмен и эффекты дробления во вращательно-пульсирующих потоках / Б.И. Басок, Б.В. Давыденко, А.А. Авраменко, И.А. Пироженко– Киев: Экспрес,2012. – 298 с.
6. Кардашев Г.А. Физические методы интенсификации процессов химической технологии / Г.А. Кардашев. – Москва: Химия, 1990. – 208с.
7. Юшков Н.Б. Исследование гидродинамических процессов в проточном волновом генераторе плоского типа для формирования тонкодисперсных эмульсий из несмешивающихся сред / Н.Б. Юшков – Москва: Машиностроение, 2014. – 142 с.

ПРОЦЕС СУШІННЯ КАРТОНУ

ЗІ СПЕЦІАЛЬНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ

магістрант Телестакова В.В., проф., к.т.н. Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Новим в виробництві картону для пакування є застосування в якості наповнювачів – цеолітів. Японці вперше застосували цей наповнювач для тарного картону [1]. Вироблена з такого картону упаковка підтримує постійну вологість та уповільнює розвиток мікрофлори. Використання такого картону в різних видах пакування постійно розширюється, що вказує на його велике майбутнє та зростаючий попит ринку.

Основним процесом у виробництві такого картону є процес сушіння. Тому дослідження кінетики сушіння картону наповненого цеолітом є актуальним.

Процес сушіння картону може бути кондуктивним або радіаційним. Найменші матеріальні затрати на обладнання для сушіння має радіаційний спосіб.

Кінетику сушіння тонколистових матеріалів (картону) для радіаційного способу в загальному вигляді описує відоме рівняння Ликова А.В.[2]:

$$c\rho_0 \frac{\partial t}{\partial \tau} = \text{div}(\lambda \nabla t) + \varepsilon r \rho_0 \frac{\partial u}{\partial \tau} + Q_v \quad (1)$$

Де інфрачервоне випромінювання приймається як внутрішнє джерело тепла, що проникає в об'єм картону і виділяє тепло в його об'ємі. Тепловий потік розподіляється по товщині картону за законом Бугера [2]:

$$q_r(z) = nq_r(T_{z=0})e^{-\int_0^z K(T(z))dz} \quad (2)$$

Явний вид рівняння кінетики для нашої задачі можна отримати з рівняння балансу енергії [3]:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c_p \rho_p} \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - \frac{\partial q_r(z)}{c_p \rho_p \partial z} - \frac{\rho_f r}{c_p \rho_p} \cdot \frac{du}{d\tau} \quad (3)$$

де c_p – ефективна ізобарна теплоємність як функція температури, вологовмісту та концентрації наповнювача, Дж/(кг·К); ρ_p – залежність ефективної густини вологого картону від температури, вологовмісту та концентрації наповнювача, кг/м³; ρ_f – залежність густини сухого картону від температури та концентрації, кг/м³; λ – залежність ефективного коефіцієнту теплопровідності від температури картону, Вт/(м·К); τ – час, с; z – декартова координата, м; r – питома теплота випаровування, Дж/кг; $du/d\tau$ – швидкість сушіння, с⁻¹; T – температура, К; $q_r(z)$ – густина радіаційного потоку, Вт/м².

Для розв'язку рівняння (3) необхідно знати кінетичну залежність швидкості процесу сушіння $du/d\tau$, як функцію p_c , u , φ .

Вказані рівняння з початковими і граничними умовами дозволяють скласти математичну модель процесу сушіння картону з наповнювачем.

Перелік посилань:

1. <http://www.jaz-online.org/introduction/qanda.html> від 01.03.2017 р.
2. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М. :Энергия, 1968. – 472 с.
3. Новохат О.А. Процес сушіння флютингу із застосуванням енергії інфрачервоного випромінювання: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: спец. 05.17.08 «Процеси та обладнання хімічної технології» / О.А. Новохат – Київ – 2016.

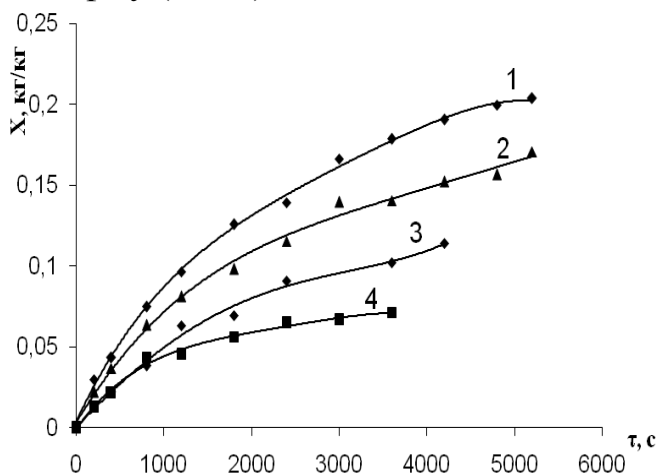
ДЕГІДРАТАЦІЯ КРИСТАЛІЧНОГО ХЛОРИДУ МАГНІЮ В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ

пров.інж.Улітько Р.М., студ.Маргарян А.А., к.т.н. проф.Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

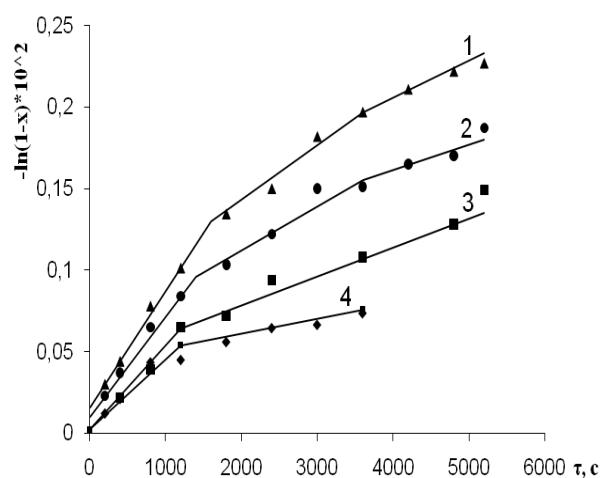
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Експлуатація розробленою ГНЛ ІХФ промислової установки для сушки кристалічного бішофіту продуктивністю 3 т/час по висушеному продукту підтвердила хороші експлуатаційні показники [1]. Проте при форсуванні температурного режиму з метою збільшення продуктивності до 4÷5 т/год. може спостерігатися втрата бішофітом кристаллогидратної води, що небажано. З метою визначення кінетичних закономірностей цього процесу нами були проведені експериментальні дослідження дегідратації шестиводного хлориду магнію ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) при сушці. Досліди проводилися на компютеризованій лабораторній установці, що дозволяє безперервно вимірювати втрату маси досліджуваним зразком і фіксувати масу, що змінюється, з частотою три виміри на секунду. Температура поверхні зразка вимірювалася пірометром, виміри пірометра дублювалися мікротермопарою, потужність, що витрачається джерелом інфрачервоного випромінювання вимірювалася ватметром. Величина променевого теплового потоку вимірювалася датчиком теплового потоку. Теоретичне значення теплового потоку розраховувалося за законом Больцмана [2]. З результатів дослідів отримані залежності міри дегідратації $X=(G_0-G_T) / G_0$ від часу дегідратації при різних значеннях температури поверхні кристалів бішофіту (рис.1).



Температура, °C: 1 – 110; 2 – 100;
3 – 90; 4 – 70

Рисунок 1 – Залежність степеня дегідратації бішофіту від часу



Температура, °C: 1 – 110; 2 – 100;
3 – 90; 4 – 70

Рисунок 2 – Залежність $-\ln(1-X)$ від часу дегідратації

Результати обробки кривих дегідратації за допомогою встановленого рівняння $-\ln(1-X)=kt$ наведено на рис.2.

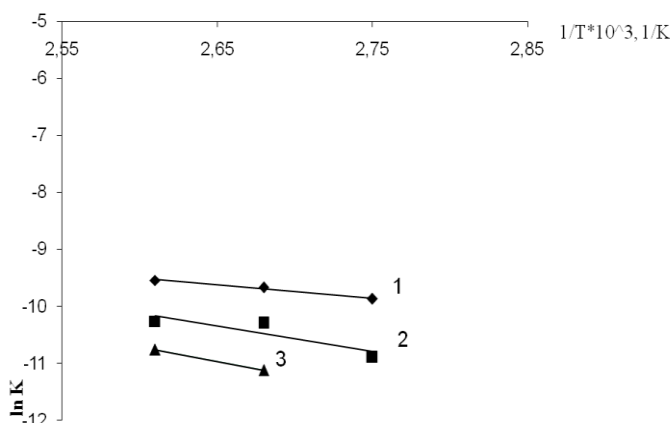


Рисунок 3 – Залежність $\ln k$ від $1/T$

Аналіз залежностей (рис.2), показує, що процес дегідратації протікає в три стадії, які відрізняються значенням констант швидкості процесу дегідратації. Встановлено, що константи швидкості не змінюються в часі, а залежать тільки від температури.

Константи швидкості дегідратації, отримані із залежностей рис.2, представлені в логарифмічній анаморфозі рівняння Ареніуса $\ln k = \ln Z_0 - E / RT$ на рис.3. Отримані значення енергії активації, кДж/моль (перша стадія- 19,22; друга- 37,6; третя-42,3), показують, що перша стадія протікає в дифузійній області. Друга і третя-в перехідній. Третя стадія наближається до кінетичної області.

Перелік посилань.

1. Новая импортнозамещающая технология производства сухого кристаллического бишофита. Междунар. научно-техническая конференция «Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов», 25–27 ноября 2009 г., г.Минск, Беларусь, С.420-423

2. Исаченко В.П. Теплопередача: учебн .для вузов /В.П.Исаченко, В.А.Осипова, А.С.Сукомел.М.: Энергоиздат, 1981.

СЕКЦІЯ 5

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

УДК 628.16

ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЇ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ НА ПРИРОДНОМУ ГЛИНИСТОМУ МІНЕРАЛІ.

студентка Бойко М.Ю., доцент Овсянкін В.О.

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Згідно літератури, всі описані гумінові сорбенти є твердофазними. В той же час більш перспективними є синтез водорозчинних гумінових реагентів, які здатні утворювати плівки на поверхні мінеральних матриць. Наявність таких реагентів відкриває нові перспективи для розробки ефективних і економічно вигідних способів очистки глибинних водоносних горизонтів від забруднювачів.

Сорбцію гумінових кислот на природному глинистому мінералі вивчали у статичному режимі. Для цього в конічні колби ємністю 100 см³ поміщали по 50 см³ попередньо приготовлених в мірних колбах робочих розчинів гумусових кислот, додавали сухі наважки тонкої фракції (< 0,2 мм) сорбенту по 0,1 г і струшували колбу на механічному вібраторі протягом 12 годин. Струшування на механічному вібраторі проводили для досягнення сорбційної рівноваги. Потім тверду фазу відокремлювали від рідкої шляхом центрифугування при швидкості центрифуги 8000 об/хв. Вміст досліджуваної речовини у водній фазі визначали спектрофотометричним методом при довжині хвилі $\lambda = 277$ нм.[1]

Для оцінки сорбції ГК на природному каолініті визначали величину адсорбції та ступінь сорбції.

Результати дослідження адсорбції гумінових кислот на природному мінералі наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Залежність величини адсорбції і ступеня сорбції ГК на природному каолініті від концентрації ГК.

№ п/п	Введено ГК, мг/дм ³	Знайдено ГК, мг/дм ³	m, г
1	1,323333	1,15	0,1
2	2,646667	1,8	0,1
3	3,30	2,5	0,098
4	6,616667	5	0,1
5	13,23333	7,52	0,1
6	16,38	10	0,1
7	165,40	137,8	0,0983
8	330,8333	260	0,1
9	661,60	583,75	0,104

Встановлено, що характер сорбції ГК залежить від її концентрації у розчині. Так при низьких концентраціях адсорбцію ГК на каолініті можна розглядати як аніонний обмін між основними ОН⁻ групами бічних граней мінералу і кислотними групами індивідуальних іонів ГК. Перегин на ізотермі (при $C_{ГК} \approx 5$ мг/дм³) вказує на початок адсорбції асоціатів ГК

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНСЕКТИЦИДІВ НА РОСЛИННІ ОРГАНІЗМИ

студентка Болотенко К.В., доцент Овсянкін В.О.

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

При потраплянні в біоценоз інсектициди взаємодіють практично з усіма рослинами, комахами, мікрофлорою, земноводними. У процесі інтеграції та просування по трофічних шляхах хімічні препарати потрапляють у водойми, накопичуються в організмах тварин і птахів.

Застосування хімічних препаратів у підвищених дозах призводить до глибоких змін в обміні речовин. Деякі інсектициди після надходження в тканини рослин піддаються метаболізму, що може призводити до утворення більш токсичних сполук. Тому дослідження впливу пестицидів на рослинні організми, а особливо рослини сільськогосподарського призначення, є вкрай необхідними і актуальними.

Для проведення дослідження з використанням паростків насіння пшениці м'якої (*Triticumaestivum*) необхідно взяти чашку Петрі, покласти на її дно три шари фільтрувального паперу. Покласти туди 10 насінин пшениці і залити досліджуваним розчином так, щоб пшениця наполовину свого розміру була вкрита розчином. Дослід триває 4 доби.

Через 96 годин за допомогою лінійки вимірювали довжину всіх корінців із 10 насінин пшениці водних зразків і контролю, потім їх зважували на електронних вагах. Ступінь токсичності досліджуваних зразків води для корінців пшениці оцінювали після проведення статистичної обробки результатів біотестування (середньої маси та довжини корінців).

В результаті проведених досліджень спостерігалась лінійна залежність між концентрацією імідаклоприду та показниками росту рослини – при збільшенні дози інсектициду зменшувалась довжина та вага корінців. Можемо зробити висновок, що спостерігається чітка лінійна залежність «доза-реакція».

ЗРАЗКИ ПАПЕРУ З ЦЕЛЮЛОЗИ З СОЛОМИ ВІВСА

магістрант Зеленчук Т. В., к.т.н., доц. Дейкун І. М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

На сьогодні отримання целюлози окисно-органосольвентними методами із недеревної рослинної сировини є перспективним, оскільки процеси делігніфікації відбуваються за низьких температур, порівняно зі сульфатними і сульфідними способами варіння. Отримана целюлоза має високу білість та низький вміст лігніну. В якості варильного розчину використовуються звичайні реагенти: пероксид водню та крижана оцтова кислота [1].

Вдосконалення режимів органосольвентних способів делігніфікації рослинної сировини дозволить зробити виробництво целюлози більш екологічно чистим, з вищим виходом волокнистих напівфабрикатів за меншої їх собівартості [2].

Мета роботи – одержання зразків паперу із солом'яної целюлози екологічно чистим способом з високими показниками міцності.

Варіння січки соломи вівса з вмістом целюлози 40,4 % (за Кюршнером), лігніну 20,3 % (за методом Класона в модифікації Комарова), 6,85 % золи проводили в лабораторних умовах у скляних колбах, оснащених зворотнім холодильником [3]. Тривалість варіння складала 120 хвилин, гідромодуль 8:1, температура 95°C. Для варіння використовували розчини з концентрацією пероцтової кислоти 6,1...9,6 % та пероксиду водню 2,8%...5,6 %. До варильного розчину додавали каталізатор Na_2WO_4 у кількості 1% маси абсолютно-сухої сировини. Після варіння отримали целюлозу з виходом 46...50 %, вмістом лігніну 1,95...3,22 % та зольністю 3,7...4,5 %.

Для визначення фізико-механічних показників волокнистих напівфабрикатів, одержаних із соломи вівса, проводили їх попереднє розмелювання в центробіжно-розмелювальному апараті до ступеня млива 60 ± 3 °ШР (тривалість розмелювання складала 8...10 хв) і виготовляли лабораторні

зразки на листовідливному апараті (ЛА-1) масою 70 та 80 г/м². Виготовлення зразків і їх випробування проводились у відповідності з методиками [4]. По всіх дослідженнях фізико-механічних характеристик проводилися паралельні досліді.

У результаті визначення фізико-механічних показників встановлено, що зразки целюлози масою 70 г/м² мають товщину 0,135 мм, опір продавлюванню 2,18 кг/см², опір роздиранню 140 мН, розривну довжину 5660 м. З підвищенням маси зразків до 80 г/м² спостерігалось зростання фізико-механічних показників: товщина 0,156 мм, опір продавлюванню 2,31 кг/см², опір роздиранню 190 мН, розривна довжина 6840 м.

Додавання каталізатора сприяло зниженню вмісту лігніну і підвищенню виходу целюлози, але при цьому відбулося зниження її фізико-механічних показників: опір продавлювання - 2,13 кг/см², опір роздиранню - 110 мН, розривна довжина - 5050 м.

Перелік посилань:

1. Антонова, Г. Ф., Вшивкова И. А., Каретникова Н. В., Пен Р. 3.Свойства пероксидной целлюлозы из однолетних растений. Динамика превращения полисахаридов в процессе делигнификации пшеничной соломы //Химия растительного сырья, 2013, № 2. – С. 31-35.

2. Примаков С. П. Виробництво сульфитної та органосольвентної целюлози / С. П. Примаков, В. А. Барбаш, Р. І. Черьопкіна. – К. : ЕКМО, 2009. – 279 с.

3. Оболенская А. В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / А. В. Оболенская, З. П.Ельницкая, А. А. Леонович. – М. : Лесн. пром-ть, 1991. – 320 с.

4. Захист довкілля у виробництві паперу та картону: метод. вказівки до викон. лабор. робіт / Уклад.: Л. П. Антоненко, І. М. Дейкун, Р. І. Черьопкіна – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – С. 25-40.

СТВОРЕННЯ БІОДЕГРАДАБЕЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІУРЕТАНУ ТА АЦЕТОБУТИРАТУ ЦЕЛЮЛОЗИ.

студентка Кулібаба Т.Ю., доцент Овсянкіна В.О.

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У даний час уретановмісні полімери (ПУ) належать до найбільш універсальних та практично використовуваних полімерів, що пов'язано із широкими можливостями модифікації їх структури та властивостей. Одним з ефективних методів модифікації для досягнення заданих властивостей є створення на їх основі композитів з іншими полімерами. В цьому аспекті найпривабливішими є полімери природного походження, серед яких чільне місце посідає целюлоза та її похідні. Слід зазначити, що створення композитів на основі ПУ та похідних целюлози є економічно і екологічно доцільним.

Композити ПУ та ацетобутират целюлози (АБЦ) одержано через розчини полімерів в розчиннику – диметилформаміді (ДМФА) шляхом додавання до 10%-ного розчину ПУ відповідної кількості 10%-ного розчину АБЦ, в розрахунку на сухий залишок так, щоб в 100 гр. ПУ було 1, 5, 10, 15, 25 г. АБЦ. Розчини змішували при температурі 343 К протягом 2 год. Досліджували зразки у вигляді плівок розміром 0,04×0,02×0,0005 м, политих з розчинів композитів на попередньо нагріті до 333 К тефлонові пластини. Плівки сушили при 333 К на повітрі (24 год.), а потім при 353 К у вакуумі до досягнення ними постійної маси. Вміст АБЦ в композитах не перевищував 25 мас.%.

Дослідження питомої теплоємності, надмолекулярної структури та діелектричних властивостей композитів на основі поліуретанів та ацетобутирату целюлози показали високу ефективність модифікуючої дії ацетобутирату целюлози на гетерогенну структуру поліуретану та дозволили запропонувати модель взаємодії клубків полімерів.

При заміні олігоетерної складової поліуретану (ОТМГ) на олігоестерну (ОБГА), здатну до формування кристалічної фази, встановлено, що збільшення концентрації добавки послаблює процес кристалізації поліуретану, на нашу думку, внаслідок формування спільної системи водневих зв'язків між естеруретаном та ацетобутиратом целюлози. Такий висновок витікає зі змін питомої теплоємності, ентальпії фазового переходу, кристалічної та надмолекулярної структури композитів.

НЕДЕРЕВНІ НАПІВФАБРИКАТИ

студ. Свіріда А., Єрмак І., Якуненко Б., доц. Черьопкіна Р.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Використання волокнистих напівфабрикатів із стебел ріпаку та конопель для виготовлення картону і паперу може суттєво покращити стан сировинної бази та поліпшити ситуацію з утилізацією відходів сільського господарства.

Солома конопель являє собою стебло довжиною 160-255 см, товщиною 0,5-1,8 см, яке складається із 60-65% здерев'янілої частини та вмістом целюлози біля 40-48% і волокнистої частини в якій міститься приблизно 62% целюлози. Таким чином, стебло конопель досить неоднорідне як за будовою, так і за хімічним складом. З науково-технічної літератури відомо про перероблення стебел конопель з отриманням целюлози, але процес підготовки до варіння повинен включати розділення на волокнисту та здерев'янілу частини [1,2].

Стебла ріпаку відносяться до відходів, які за хімічним складом є бажаною сировиною для отримання напівфабрикатів [1,3]. На основі аналізу попередніх досліджень можна зробити висновок, що стебла ріпаку у своєму складі містять саме стебло та стрючки, які відрізняються різним вмістом вуглеводної частини, лігніну та золи. Особливістю стебла ріпаку є наявність осьового каналу, який заповнений паренхімною тканиною і в залежності від частини стебла (прикореневої, центральної, верхньої) об'єм осьового каналу займає 38,0–54,0%. Дослідженнями показано, що будова стінки стебла і його внутрішнього наповнювача в цілому відповідає складу стінки [4].

Метою даної роботи було отримання недеревних напівфабрикатів із застосуванням процесу мацерації.

Сировину у вигляді січки обробляли лугом за концентрації 18 г/дм³ в од. Na₂O та піддавали мацерації протягом 30 хв. за 85⁰С. Далі з масою проводили варіння за приблизно 95⁰С тривалістю 60 хв. Після варіння твердий залишок відділяли від відпрацьованого щолоку. У твердому залишку визначали вихід, ступінь делігніфікації та механічні показники. У відпрацьованому розчині визначали активний луг, рН. Паралельно проводили дослідження з використанням каталізатора за тих же умов. Відпрацьований розчин після донасичення повторно

Збірник тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

використовували для проведення процесу мацерації стебел ріпаку. Отримані результати наведено у табл.

Рослинна сировина	Каталізатор	Вихід, %	Лігнін, %	Фізико-механічні показники			
				Розривна довжина, м	Опір роздиранню, мН	Опір продавлюванню, кПа	Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п.
Коноплі	з AQ	73,8	16,7	8250	536,4	270	570
	без AQ	80,6	25,7	6840	264,8	218	225
Ріпак	з AQ	68,9	22,8	5840	400	183	45
	без AQ	74,4	28,0	3665	320	183	10
Ріпак (з відпрацьованим щолоком)	з AQ	67,3	26,4	3470	480	103	6
	без AQ	74,7	26,1	2550	340	80	3

Виходячи з аналізу даних табл. можна сказати, що в результаті переробки конопель та стебел ріпаку отримано напівфабрикати з різними показниками міцності. Характерно для конопель ці показники значно вищі, що пояснюється з однієї сторони глибшою делігніфікацією, а з іншої – більшою довжиною волокон. Щодо ріпаку, то в результаті варіння отримано напівцелюлозу із достатньо високими показниками, які досягають показників із листяних порід деревини. Слід зазначити, що додавання відпрацьованого щолоку суттєво не впливає на делігніфікацію, але спостерігається зниження показників міцності. Цим дослідженням необхідно приділити більше уваги.

Додавання каталізатора у всіх випадках закономірно покращує процес хімічного перероблення сировини. Отримані волокнисті напівфабрикати з високими показниками міцності можуть бути використані для отримання пакувальних видів паперу та картону.

Перелік посилань:

1. Примаков С. П., Барбаш В. А.. Технологія паперу і картону. Навчальний посібник. – 2-ге видання, перероблене. – Київ: ЕКМО, 2008. – 425с.
2. http://www.rusnauka.com/SND/Agricole/4_chursina.doc.htm
3. П. Лендъел, Ш. Морваи. Химия и технология целлюлозного производства. Превод с нем. Ф.Б. Дубровинской под ред. А.Ф. Тищенко. – М.: Лесная пром-сть., 1978. – 544 с.
4. Сравнительное исследование условий выделения, морфологии и свойств целлюлозы из стеблей злаковых и масличных культур. В.И. Торгашов, Е.В. Герт, О.В. Зубец, Ф.Н. Капуцкий. Химия растительного сырья. – №4. – 2009. – С. 45 –54.

ОДЕРЖАННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ ІЗ СТЕБЕЛ СОНЯШНИКУ

З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРОКСОКИСЛОТ

магістр Трофимчук Ю.С., к.т.н., доц. Трембус І.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У зв'язку з зростанням потреби населення у картонно-паперовій продукції, а також через дефіцит деревини, є актуальним питання використання відходів сільського господарства для її виробництва. В Україні велика кількість полів зайнята під посіви соняшнику. За 10 років його врожайність збільшилася вдвічі і становить в середньому за три останні роки 6,55 млн. тон [1]. Як відомо основною метою вирощування соняшнику є виробництво соняшникової олії із насіння, але на полях залишається велика кількість стебел, які раціонально не використовуються на сьогоднішній день. Використання лише 25% від цієї кількості дозволить отримувати від 1 до 3 млн. т волокнистих напівфабрикатів (ВНФ) для отримання різноманітної картонно-паперової продукції, що збільшить її використання на душу населення в Україні [1].

Через підвищення вимог до охорони навколишнього середовища вченими розробляються альтернативні способи делігніфікації: органосольвентні, біотехнологічні, відновлювальні та гідротропні [2]. Впровадженими у виробництво та найбільш дослідженими є органосольвентні способи варіння рослинної сировини. Серед таких способів делігніфікації перспективними є варіння в середовищі пероксокислот, а саме пермурашиною та пероцтовою кислотами.

Метою даного дослідження було одержання целюлози із стебел соняшнику пермурашиним і пероцтовим способами делігніфікації.

Варіння стебел соняшнику проводили розчином 60 %-ої НСООН та 30%-го H_2O_2 за їх співвідношення 50:50 об'ємних % та розчином льодяної CH_3COOH і 35%-го розчину H_2O_2 за їх співвідношення 70:30 об'ємних %.

Гідромодуль варіння становив 10 : 1, температура 90 ± 2 °С, тривалість варіння від 30 до 120хв.

Одержані експериментальні дані наведено на рис. 1.

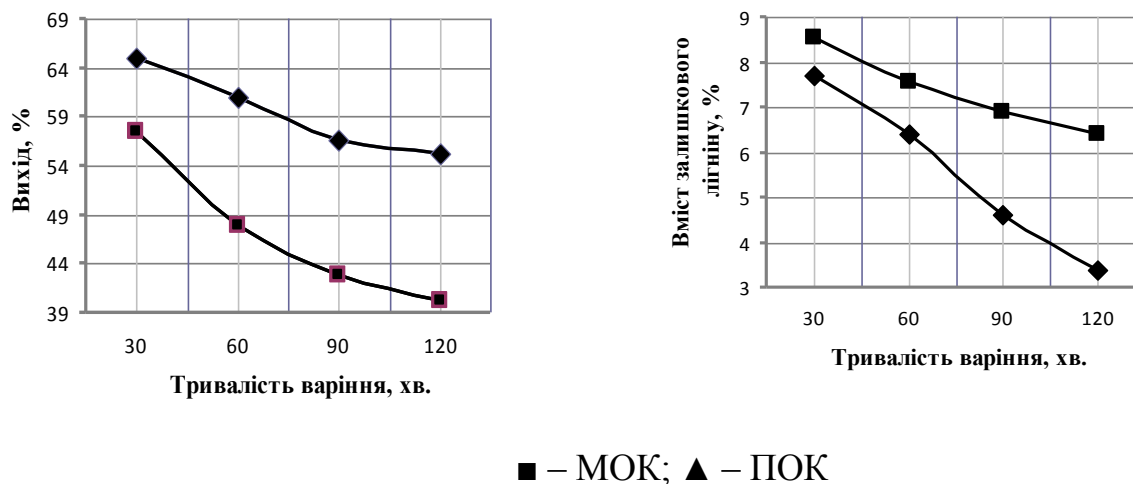


Рис. 1 – Залежність показників якості окисно-органосольвентної целюлози, одержаної із стебел соняшнику від тривалості варіння: а) вихід целюлози; б) вміст залишкового лігніну.

З одержаних залежностей можна зробити висновок про те, що з тривалістю варіння вихід і вміст залишкового лігніну зменшуються. Крім того слід зауважити, що целюлоза, одержана пероцтовим варінням стебел соняшнику має вихід на 7,5 – 15 % вищий, при цьому менший вміст залишкового лігніну на 0,84– 3 % у порівнянні з аналогічним варінням з використанням пермурашиної кислоти. Тому в подальшому доцільно проводити делігніфікацію рослинної сировини саме пероцтовим способом варіння, з метою одержання целюлози придатної для виробництва картонно-паперової продукції.

Перелік посилань:

1. О. Маслак Коливання ринку соняшнику // Журнал - Економічний гектар. – 2015. - № 17. С. 19.

В.А. Барбаш, І.В Трембус, О.С. Гапон, В.М. Шевченко Одержання солом'яних волокнистих напівфабрикатів пероцтовим способом делігніфікації // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2010. -№3. – с. 42-49

СЕКЦІЯ 6

«ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

ОЗОНУВАННЯ У МОЛОКОПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

аспірант В. Захаров, студентка І. Білецька, к.т.н., доц. Ю.Змієвський

Національний університет харчових технологій

Вступ. Озонування вже використовується у технологіях водопідготовки і поступово знаходить застосування при очистці стічних вод харчових підприємств загалом та молокопереробної галузі зокрема. В останньому випадку до складу стічних вод входить значна кількість органічних сполук, таких як лактоза, молочна кислота тощо, які при потраплянні у поверхневі води негативно впливають на життєздатність живих організмів. Тому метою даної роботи було дослідження процесів окислення озonom органічних сполук на прикладі сахарози.

Матеріали та методи. Експериментальна установка включала осушувач повітря (1), озонатор (3) продуктивність 0,25 г O_3 /год, реактор для озонування (4) ємністю 500 мл, «піновловлювач» (5), дві «пастки» для озону (6, 7) і вакуум-насос (8). Розчин сахарози готувався різних концентрацій (20, 40, 60, 100 г/л).

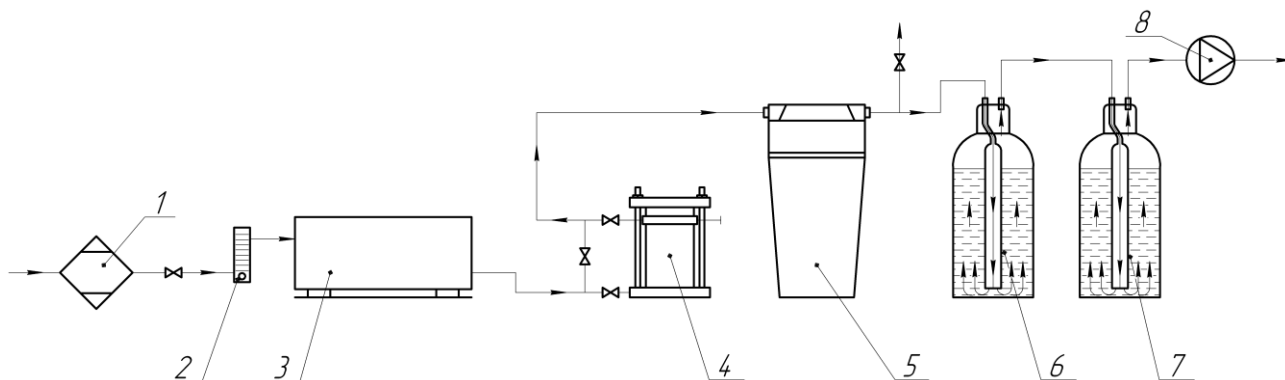


Рисунок. Принципова схема дослідної установки.

1 – осушувач повітря; 2 – ротаметр; 3 – озонатор; 4 – реактор для озонування; 5 – «піновловлювач»; 6, 7 – «пастки» для озону; 8 – вакуум-насос.

Час одного досліду складав 10 хв. 200 мл розчину заливалось у реактор для озонування. Витрати озono-газової суміші складали 3,5 л/хв. Вміст сахарози визначали рефрактометрично. Кількість озону, що проходив крізь робочий

Збірник тез доповідей XII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

розчин визначали йодометричним методом. Витрати озono-газової суміші контролювалися ротаметром (2).

Результати і обговорення. Одним із компонентів, який найчастіше присутній у стічних водах молокопереробних підприємств є лактоза. Враховуючи подібність її хімічної формули з сахарозою ($C_{12}H_{22}O_{11}$), в експериментах використовували модельні розчини останньої.

Отримані результати представлені у таблиці.

Таблиця. Результати експериментальних досліджень.

Концентрація сахарози (г/л)	Температура розчину, С°	Покази рефрактометра (до озонування), %	Покази рефрактометра (після озонування), %	Кількість затраченого озону (розчинений озон), г/л	Кількість розкладеної сахарози за рефрактометром (%)	Кількість розкладеної сахарози за рефрактометром г/л
0	18,0	0	0	0,0072	0	0
20	18,5	1,500	1,225	0,0336	0,275	3,6667
40	18,0	3,300	3,000	0,0345	0,300	3,6364
60	19,0	5,000	4,675	0,0380	0,325	3,9000
80	18,5	7,450	7,000	0,0395	0,450	4,8322
100	22,0	9,225	8,900	0,0370	0,325	3,5230

Для дистильованої води насичення озonom складало 0,0072 г O_3 /л. Для розчинів сахарози це значення варіювалося від 0,0336 до 0,0395 г O_3 /л, концентрація сахарози знизилась на 3,6 – 4,8 г/л. З отриманих даних можна розрахувати кількість озону, що витрачалась на 1 г сахарози:

$$m(O_3)_n = \frac{m(O_3)_z}{m_c} \cdot \left[\frac{г O_3}{г сахарози} \right]$$

де: $m(O_3)_c$ – кількість озону, що витрачається на окислення 1 г сахарози; $m(O_3)_z$ – загальна кількість озону, який вступив у реакцію в реакторі; m_c – маса окисленої сахарози у розчині.

Висновок. Отримані значення кількості O_3 необхідного на реакцію з сахарозою, приблизно 0,0091 г O_3 /(г сахарози).

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО МЕТОДУ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

н. с. Гоженко Л. П., с. н. с., к. т. н. Коник А. В., с. н. с., к. т. н. Радченко Н. Л.,
с. н. с., к. т. н. Недбайло А. Є., с. н. с., к. т. н. Целень Б. Я.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Актуальною проблемою, що загострюється з кожним днем, є завдання ресурсо- та енергозбереження. Способи вирішення поставленого завдання полягають у створенні і практичному використанні енергоефективного обладнання, розробленні теплотехнологій, удосконаленні технологій одержання якісних і знижених за собівартістю продуктів, раціональному використанні природних ресурсів.

При переробці різної рослинної сировини з метою одержання натуральних продуктів довготривалого зберігання передбачається розробка таких технологій, які забезпечуватимуть максимальне зберігання цінних компонентів і ефективне використання енергоресурсів при їх виробництві. Велике поширення серед попиту продуктів рослинного походження має ринок лікувально-профілактичних харчових продуктів, збагачених пектином. Особливими продуктами є функціональні напої, з яких пектин засвоюється краще ніж з інших. Проведений аналіз у напрямі раціонального використання природної сировини, на прикладі переробки яблук, показав, що при добуванні яблучного соку норма одержаних вичавок становить в середньому 34 % від витрати плодів, які містять 21 – 23 % сухих речовин, в т. ч. 4 – 6 % цукрів, 1,5 – 3,5 % пектинових речовин, 0,5 % мінеральних речовин, 3,2 – 5 % клітковини, 0,2 – 0,4 % органічних кислот, 1,4 % білків, золу, ліпіди. Дослідження, які проведені для харчової галузі, свідчать про те, що у вичавках, порівняно із свіжими фруктами, овочами міститься розчинних речовин, цукрів і кислот менше, а пектинових речовин, клітковини, білків, ліпідів – більше. Вцілому вичавки є цінною сировиною для виробництва пектинів або спирту, їх

використовують при одержанні кормів для тварин і птахів. Зокрема, виноградні вичавки зброджують для одержання спирту або екстрагують водою для одержання тартратів. Через те, що у вичавках є значна кількість клітковини це затруднює їх використання без додаткової обробки для виробництва харчових продуктів. Екстрагування розчинних біологічно активних компонентів з вичавок, за існуючими технологіями, потребує спеціальних умов для термолабільних речовин.

В ІТТФ НАН України для інтенсифікації процесів тепломасообміну і гідродинаміки в різних технологічних операціях створено клас імпульсних апаратів, що передбачають мінімізацію термічного впливу на термолабільні компоненти при одержанні та переробці продуктів харчування. В цих апаратах реалізуються умови знакозмінного тиску з потужним динамічним впливом на середовище в процесі обробки.

З метою визначення ефективності кавітаційного впливу на клітковину вичавок проведено експериментальні дослідження екстрагування водорозчинних термолабільних компонентів з свіжих (незброджених) виноградних вичавок. За результатами проведених експериментальних досліджень на пульсаційному апараті ударного типу та кавітаційному екстракторі пульсаційного типу, встановлено, що найкращі показники по енергоефективності та якості екстракту має обробка при кавітаційному впливі. Значення виходу сухих речовин складає 1,5 % після 20 хв обробки в кавітаційному реакторі, що зменшує енерговитрати за рахунок зменшення тривалості обробки (порівняно з апаратом ударного типу при тих же технологічних режимах). Отримані результати дозволяють рекомендувати визначені технологічні режими процесу екстракції в пульсаційному апараті для удосконалення технологій переробки вичавок: тиск в ресивері високого тиску $p_{\text{comp}}=3$ атм, температура суміші протягом обробки $t=20$ °, що сприяє одержанню цінних біологічно активних продуктів з вичавок та, окремо, з виноградних кісточок.

НАУКОВІ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ЯБЛУЧНИХ ЧИПСІВ

к.т.н. Шапар Р.О., Гусарова О.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України,

вул. Булаховського, 2, м. Київ, 03164, Україна

Яблучні чипси є натуральним, корисним, дієтичним та смачним продуктом харчування. Технологія виробництва фруктових чипсів не передбачає обсмаження, тому вони не мають у своєму складі холестерину, канцерогенів тощо. Завдяки цьому, чипси набувають популярності та попиту. Науковими розробками технологій сушіння чипсів займаються у багатьох країнах світу (США, Китаї, Кореї, Таїланді, Сербії, Польщі, Угорщині, Росії та Білорусії), проте в Україні не приділяють увагу подібним дослідженням. Тому цією проблемою почали займатись у Інституті технічної теплофізики НАНУ.

Робота присвячена дослідженню процесу конвективного сушіння рослинної сировини до низької залишкової вологості, пошуку шляхів інтенсифікації процесу, розробці енергоефективної технології виробництва яблучних чипсів.

Для зневоднення рослинної сировини, до якої належать фрукти, найбільш часто використовують конвективний метод сушіння. У технології конвективного сушіння інтенсифікація процесу здійснюється головним чином за рахунок підвищення температури сушильного агента. Але можливість застосування цього методу при сушінні рослинної сировини, яка є термолабільним матеріалом (наявність органічних кислот, цукрів, пектинів, вітамінів), до низької залишкової вологості обмежена гранично допустимими температурами, які не перевищують 45...65 °С. Сушіння у зазначеному тепловому режимі призводить до зростання тривалості процесу сушіння і, як наслідок, до збільшення енерговитрат. Вирішення питань зниження енергоспоживання та інтенсифікації процесу сушіння є актуальним науково-технічним завданням.

За результатами дослідження впливу температури сушильного агенту на процес сушіння яблук отримано залежності зміни вологовмісту, швидкості сушіння в часі. Обґрунтовано доцільність сушіння яблук з використання багатоступневих режимів зневоднення. Проведення процесу сушіння у режимі стадійного зневоднення забезпечує скорочення тривалості процесу та енерговитрат на 10...15 %, дозволяє отримувати якісний продукт з максимальним збереженням вітамінів, мінералів та корисних речовин.

Дослідження впливу швидкості сушильного агенту на процес сушіння показало, що зі збільшенням швидкості скорочується час зневоднення рослинної сировини, але суттєво збільшуються енергетичні витрати на процес.

Для надання чипсам заданих органолептичних властивостей проводять попередню обробку рослинної сировини. До такої обробки відноситься бланшування парою або у розчинах. Доведено, що дані види обробки забезпечують високу ступінь збереження кольору вихідної сировини і прискорюють кінетику в порівнянні з необробленими зразками. Найкращі результати одержані при бланшуванні парою. Паротермічна обробка стабілізує колір і смакову гаму вихідного матеріалу, сприяє збереженню вітамінів, руйнуванню окисних ферментів, тривалість сушіння зразків до заданої залишкової вологості скорочується на 20...30 % ніж свіжих необроблених яблук. Бланшування у розчинах лимонної кислоти та цукрового сиропу негативно впливає на смак готового продукту, чипси злипаються та прилипають до поверхні сушіння, а також відбуваються більші втрати поживних водорозчинних речовин, ніж при бланшуванні парою.

На базі одержаних результатів розроблено та впроваджено енергоефективну технологію виробництва яблучних чипсів, розроблено та затверджено технічні умови „Чипси фруктові, овочеві”. Запропонована технологія забезпечує скорочення тривалості процесу та енерговитрат на зневоднення на 10...15 %, отримання натурального продукту без смакових добавок, ароматизаторів і стабілізаторів та зниження його вартості. Технологія захищена 9 патентами України.

**СЕКЦІЯ 6
«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»**

**МАТИЧНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДИНАМІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ
ПРУЖНОГО ДНИЩА ЦИЛІНДРИЧНОГО БАКА З РІДИНОЮ,
ЩО ЙОГО ЗАПОВНЮЄ**

студ. Калюжний Д.В., к. т. н., доц. Штефан Н.І.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»**

Дослідимо взаємодію пластини, що є днищем циліндричного бака з рідиною, яка його заповнює. Рух рідини при цьому вважаємо потенціальним, а стінки бака недеформованими.

Задача полягає у спільному розв'язанні рівнянь руху пластини та хвильового рівняння для рідини:

$$D\left(\frac{\partial^4}{\partial r^4} + \frac{2}{r} \frac{\partial^3}{\partial r^3} - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r^3} \frac{\partial}{\partial r}\right) = \rho h \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} - P, \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{a_0^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}, \quad (2)$$

де ψ – потенціал швидкості.

Тиск на пластину: $P = -\rho_0 \frac{\partial \psi}{\partial t}$.

Розглянемо крайові умови. Пластина жорстко закріплена по контуру, тому

$$W = \frac{\partial W}{\partial r} = 0, \quad (r = R).$$

Умови симетрії та обмеженості згинаючого моменту в точці $r = 0$:

$$\frac{\partial W}{\partial r} = 0; \quad r\left(\frac{\partial^2 W}{\partial r^2} + \frac{\nu}{r} \frac{\partial W}{\partial r}\right) = 0.$$

На границі контакту рідини та пластини записуємо кінематичну умову, яка в силу малості зміщень точок пластини і рідини має вигляд

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial \psi}{\partial x} + U_n, \quad x=0. \quad (3)$$

Швидкість U_n в падаючій хвилі зв'язана з тиском, а саме:

$$U_n = \frac{-P_n}{a_0 \rho_0},$$

тут P_n – тиск падаючої хвилі.

На циліндричній поверхні бака ($r = R$) та на лінії ($r = 0$) радіальна швидкість рідини

$$\frac{\partial \psi}{\partial r} = 0.$$

Початкові умови приймемо за нульові:

$$W = \frac{\partial W}{\partial t} = 0, \quad t=0.$$

Після формування постановки задачі, переходимо до розробки програми, використовуючи метод кінцевих різниць, що дасть можливість отримати результати розрахунків, провести їх аналіз і зробити висновки.

Список літератури:

1. Галиев Ш.У. Динамика гидроупругопластических систем / Галиев Ш.У. – Киев: Наукова думка, 1981. – 275 с.
2. Руденко О.В. Теоретические основы нелинейной акустики / Руденко О.В., Солуян С.И. – М.: Наука, 1995. – 287 с.
3. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек / Вольмир А.С. – М.: Наука, 1972. – 432 с.

МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ХВИЛЬОВИХ ПРОЦЕСІВ В БУЛЬБАШКОВІЙ РІДИНІ, ЩО ЗАПОВНЮЄ

ЦИЛІНДРИЧНИЙ БАК З ПРУЖНИМ ДНОМ

студ. Лещенко О.А., к. т. н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою досліджень є вивчення впливу кавітаційних явищ на нестационарні коливання рідини, яка заповнює бак з пружним днищем. При цьому розглядатимемо заміну об'єму кавітаційних бульбашок газу та тисків всередині рідини, а також пружну деформацію самої пластини (днища).

Розглянемо циліндричний бак, що заповнений рідиною, а дно — сталева пластина товщини 0,1 см. Навантаження конструкції відбувається за рахунок імпульсного навантаження пластини, що задається законом

$$P = A e^{aa t}.$$

Рідина при цьому початково насичена газовими бульбашками з концентрацією N . Взаємодією самих бульбашок нехтуємо.

Розрахунок коливань пластинки, на яку діє кавітаційна рідина (враховуються в часі зони хвиль стискання та хвиль розтягу, в останніх при цьому суттєво змінюється розмір та динаміка самих бульбашок, а також в цілому це впливає на деформацію пластини) проводимо на основі пружної моделі, так як пластичні деформації матеріалів та конструкцій в більшості випадків є неприпустимими.

Для вивчення нелінійних хвильових процесів в розглядуваному середовищі рівняння гідродинаміки мають бути доповнені рівняннями малих коливань газових бульбашок в цій рідині.

Для ідеальної рідини в одномірному випадку маємо:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho W) = 0,$$
$$\frac{\partial W}{\partial t} + W \frac{\partial W}{\partial x} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x},$$

а рух стінки бульбашки в наближенні нестисливої рідини описується рівнянням Релея:

$$R\ddot{R} + \frac{3}{2}\dot{R}^2 = \frac{1}{\rho_0}(P_r - P).$$

Для тримірного випадку рівняння руху та нерозривності має вигляд:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\nabla(V)^2 + \text{rot}V \times V = -\frac{1}{\rho}\nabla P,$$
$$\text{div} V = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial t} + V\nabla\rho.$$

Якщо нехтувати теплообміном між повітряною порожниною та середовищем, то процес можна вважати адіабатичним і тоді для цієї області

$$P_r = P_0(V_0/V)^\gamma \quad \text{або} \quad P_r = P_0(\rho/\rho_r)^\gamma.$$

З врахуванням цих виразів та при збереженні малих членів порядку $(V'/V_0)^2$, отримаємо рівняння для малих коливань ідеальної бульбашки:

$$\ddot{V} + \omega_0^2 V - \alpha V^2 - \beta(2\dot{V}V + \dot{V}^2) = -\varepsilon P.$$

З останнього виразу визначаємо, що нелінійний характер малих коливань повітряної порожнини обумовлений двома причинами: нелінійністю рівняння стану газу в бульбашці αV^2 та динамічною нелінійністю

$$\beta \left[2\dot{V}V + \dot{V}^2 \right].$$

Розрахунки показують, що нелінійність, яка пов'язана присутністю бульбашок повітря, в 10^3 - 10^4 разів перевищує нелінійність гідродинамічного характеру.

Перелік посилань

1. Галиев Ш.У. Динамика гидроупругопластических систем / Галиев Ш.У. – Киев: Наукова думка, 1981. – 275 с.
2. Руденко О.В. Теоретические основы нелинейной акустики / Руденко О.В., Солуян С.И. – М.: Наука, 1995. – 287 с.
3. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек / Вольмир А.С. – М.: Наука, 1972. – 432 с.

**ДОСВИД ПІДСИЛЕННЯ СЛАБКИХ ГРУНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ
ТЕХНОЛОГІЇ СТРУМЕНЕВОЇ ЦЕМЕНТАЦІЇ**

к.т.н., доц. Рубльов А.В.

Національний транспортний університет

Однією з актуальних проблем сьогодення при будівництві транспортних споруд є вирішення задачі з покращення слабких ґрунтів. Спираючись на дані, геологічної будови місцевості (глибину залягання та характер нашарування), гідрологічні умови району будівництва, фізико-механічні властивості ґрунтів (модуль деформації ґрунту) робиться аналіз можливості застосування існуючих методів покращення ґрунтів [1].

Для зменшення величини деформації в характерних місцях зміни модуля деформації основи (перехід до підсипної основи, перехідна плита інженерної споруди, тощо). розроблена схема зміцнення слабких ґрунтів за допомогою пристрою ґрунтоцементних колон по технології струменевої цементациї ґрунтів. Сутність технології струменевої цементациї полягає у використанні енергії високонапірного струменя цементного розчину для руйнування і одночасного перемішування ґрунту з цементним розчином. Результатом струменевої цементациї ґрунтів є ґрунтоцементная колона, матеріал якої має більш високі міцнісні та деформаційні характеристиками в порівнянні з початковими характеристиками масиву, що підсилюється. Для спорудження гнучкого ростверку поверх оголовків ґрунтоцементних колон влаштовують подушку з щебеню товщиною 600 мм. В тіло подушки в міру її зведення укладають геосетку в двох рівнях по її висоті [2].

Перелік посилань

1. ДСТУ 1.5:2003 Правила побудови, викладення, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів (ISO/IEC Directives - Part.2:200, NEQ)
2. ДК 004-2003 Український класифікатор нормативних документів (ICS:200, IDT)

ОПИС ПРОГРАМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОНСТРУКЦІЇ З КАВІТАЦІЙНОЮ РІДИНОЮ

студ. Пінчук А.Є., к.т.н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Для розв'язання задачі про кавітаційні процеси в рідині, що заповнює циліндричний бак, днищем якого є пружна пластина, була створена програма в середовищі MATLAB з залученням чисельного методу кінцевих різниць.

Після операторів описання виконуються всі необхідні допоміжні операції, задаються вихідні дані (геометричні параметри, фізико-механічні параметри, параметри кінцево-різницевої сітки, режими навантаження).

В початковий момент часу забурення об'ємів, потенціали швидкостей та прогини (деформації пластини) дорівнюють нулю, тому всі робочі масиви зануляються.

Основні обчислення проводяться в циклі по часу з достатньо малим кроком за часом, який забезпечує стійкість обчислень у часі.

Значення цього кроку τ визначаємо з умови :

$$\tau \leq h_r^2 \sqrt{3(1 - \nu^2)} \cdot (ah)^{-1}, \quad a = \frac{E}{\rho},$$

що була отримана за допомогою спектральної умови стійкості. Потім значення τ уточнювалося шляхом чисельних експериментів. Після знаходження стійкого кроку τ подальше зменшення його помітно не змінювало картину динамічної взаємодії.

В якості робочих масивів для кожного параметра застосовуються по три двовимірних масива (так як сітка двовимірна: по радіусу циліндра та по висоті; нагадаємо, що задача осесиметрична) для k – го, $(k + 1)$ – го та $(k + 2)$ – го кроку за часом. За допомогою отриманих кінцево-різницевих формул спочатку розраховуємо збурення об'єму бульшки, потім отримане значення підставляємо у формулу для визначення потенціала швидкості на $(k + 2)$ – му часовому шарі. В цих формулах використовуються

значення на $(k + 2), (k + 1), k$ – часових шарах. Вказана процедура повторюється для всіх вузлів сутки як по радіусу, так і по висоті.

Потім, маючи поле потенціалів швидкостей на конкретному кроці за часом, враховуючи граничні умови, отримуємо значення прогинів пластини по радіусу, а також тиски в рідині.

Після цього, масивам k – го часового шару надаємо значення $(k + 1)$ – го, а масивам $(k + 1)$ – го надаємо значення $(k + 2)$ – го. Іншими словами, на кожному слідуючому кроці за часом проводимо розрахунки, використовуючи значення параметрів двох попередніх кроків.

Потім переходимо до наступного часового шара.

При цьому через визначені проміжки часу проводимо роздруківку значень збурень об'ємів, прогинів пластин та тисків у рідині.

Весь цей обчислювальний процес продовжується до визначеного моменту часу, що цікавить дослідника.

Перелік посилань

1. Галиев Ш.У. Динамика гидроупругопластических систем / Галиев Ш.У. – Киев: Наукова думка, 1981. – 275 с.

2. Руденко О.В. Теоретические основы нелинейной акустики / Руденко О.В., Солюян С.И. – М.: Наука, 1995. – 287 с.

3. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек / Вольмир А.С. – М.: Наука, 1972. – 432 с.

4. К.А. Авдеев. Численное моделирование воздействия ударной волны на пузырьковую среду / К.А. Авдеев, В.С. Аксенов, А.А. Борисов, Р.Р. Тухватуллина, С.М. Фролов, Ф.С. Фролов // Горение и взрыв.– 2015, т. 8, №2. – с. 45-56.

5. Р.И. Нигматулин. Двумерные волны давления в жидкости, содержащей пузырьковые зоны / Р.И. Нигматулин, В.Ш. Шагалов, И.К. Гимайдинов // Доклады РАН. – 2014, т. 378, №6 – с. 763-767

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ДИНАМІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОНСТРУКЦІЇ З БУЛЬБАШКОВОЮ РІДИНОЮ

студент Пищик Б.І., к.т.н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Проведемо аналіз результатів розрахунків динамічної взаємодії пружного днища циліндричного бака з бульбашковою рідиною, що його заповнює.

Вважаємо, що на дно бака діє імпульсне навантаження за законом

$P = Ae^{\alpha_0 t}$, а рідина насичена бульбашками газу з концентрацією N .

Розрахунок коливань будемо проводити на основі пружної моделі.

Досліджувати нелінійні хвильові процеси будемо за допомогою рівнянь гідродинаміки, які мають бути доповнені рівняннями малих коливань бульбашок газу у воді. Останні отримуються рівнянням Релея.

Із залученням методу кінцевих різниць була створена програма, з використанням якої були отримані результати на проміжку часу, який був цікавим для можливості їх аналізу.

На основі отриманих чисельних результатів була побудована серія графіків, по яким можна зробити такі висновки:

1. Чим більше об'єм бульбашок, тим більша деформація пластини.
2. При $P = Ae^{\alpha_0 t}$ зона стиснення бульбашок газу розповсюджується вгору за напрямом P у часі.
3. Газомісткість впливає і на розповсюдження швидкості звука в кавітаційній рідині. Чим менша газомісткість, тим більша швидкість розповсюдження звука. Тобто, збільшення об'ємів бульбашок «гальмує» розповсюдження звука в рідині.

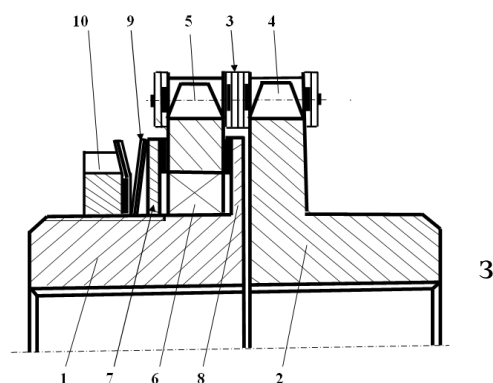
ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЛАНЦЮГОВИХ ЗАПОБІЖНИХ МУФТ

к.т.н., доц. Скуратовський А. К.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В приводах машин хімічних виробництв широкого застосування набули ланцюгові запобіжні муфти, що містять дві фланцеві півмуфти, виконані в формі зірочок з однаковими числами зубців, які охоплюються загальним замкнутим дворядним роликівим ланцюгом, причому зубчастий фланець однієї з півмуфт виконаний заодно з маточиною, а зубчастий фланець другої півмуфти центрується на проміжному опорному елементі, встановленому співвісно з маточиною і розміщеному в зазорі між двома з'єднаними з маточиною фрикційними дисками, що притискаються до зубчастого фланця пакетом тарілчастих пружин та натискною гайкою. Величина обертального моменту регулюється зміною тиску тарілчастих пружин. При досягненні граничного обертального моменту фрикційні диски проковзують по робочих поверхнях зубчастого фланця і роз'єднують вали, захищаючи привід від перевантажень. Ці муфти характеризуються підвищеним зносом зубців, оскільки в процесі роботи між внутрішнім діаметром зубчастого фланця і проміжним опорним елементом створюється зазор внаслідок їх зношування при взаємному проковзуванні.

Підвищення довговічності ланцюгових запобіжних муфт пропонується досягати шляхом центрування зубчастого фланця на проміжному опорному елементі без взаємного ним проковзування, внаслідок чого в процесі роботи між ними не буде створюватись зазор, який є причиною зростання радіальних зміщень зірочок і, відповідно, підвищеного зносу зубців.



**ВРАХУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУМІШІ ПРИ
ОТРИМАННІ РІВНЯНЬ ДИНАМІКИ БУЛЬБАШКОВОГО
СЕРЕДОВИЩА**

студентка Шемета С.А, к.т.н., доц. Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Дослідимо рівняння ідеальної рідини для одновимірного випадку. Вони можуть бути лінеаризовані, якщо густина суміші ρ в нелінійних членах рівнянь може бути ототожнена з густиною рідини (води) ρ_0 . Тоді врахування відхилення значення густини ρ від значення ρ_0 зведе все лише тільки до нелінійних поправок, несуттєвих при лінеаризації рівнянь.

Так як розглядається бульбашкова рідина (рідина, в якій концентрація газових бульбашок n), то її густина, тобто густина суміші, в рівноважному випадку описується так:

$$\rho_c = \frac{m}{U} = \rho_{pid} \cdot (1 - n \cdot V_0) + \rho_{II} n V_0.$$

Як показано, зміна об'єму суміші при пульсації (малих коливаннях) газових бульбашок, якими вона насичена, визначається так:

$$\begin{aligned} \frac{m}{\rho} &= V_{pid} + V_{II} = U - nV_0U - \gamma(U - nV_0U) \cdot (P - P_0) + nVU = \\ &= (U - nV_0U) \cdot [1 - \gamma(P - P_0)] + nVU, \end{aligned} \quad (1)$$

де m - повна маса суміші; U - повний об'єм; γ - коефіцієнт, що характеризує стискання води:

$$\gamma = -\frac{1}{V} \cdot \frac{\partial V}{\partial P}.$$

В незбуреному стані $\frac{m}{\rho} = V_{pid} + V_{II} = U$

це можливо, коли:

$$\frac{m}{\rho} = U - nV_0U + \gamma(U - nV_0U)P + n(V_0 + V)U. \quad (2)$$

В розрахунку на одиницю об'єма вираз (1) визначає:

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{m}{U} = (1 - nV_0) \cdot [1 - \gamma(P - P_0)] + nV \quad (3)$$

за умови, що $nV_0 \ll 1$ та $\rho_{pid}(1 - nV_0) + \rho_{II}nV_0 \approx \rho_{pid} \approx \rho_0$.

Співвідношення (3) суттєво враховує нелінійні властивості суміші в зонах розтягу. Тепер отримуємо, що

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} = \frac{1}{c_0^2} \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} - \rho_0 n \frac{\partial^2 V}{\partial t^2},$$

де c_0 - швидкість звука в рідині.

Для двохмірного випадку це рівняння набуде вигляду:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial P}{\partial r} + \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = \frac{1}{a_0^2} \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} - n\rho_0 \frac{\partial^2 V}{\partial t^2}, \quad (4)$$

де $a_0^2 = c_0^2$, $\frac{1}{c_0^2} = \rho_0 \cdot \gamma$.

Рівняння (4) записано через тиски. Його ж можна представити в іншому вигляді, переходити до потенціалів швидкостей, роблячи заміну

$$P = -\rho_0 \frac{\partial \Psi}{\partial t}, \text{ де } \Psi - \text{потенціал швидкості.}$$

Перелік посилань

1. Галиев Ш.У. Динамика гидроупругопластических систем / Галиев Ш.У. – Киев: Наукова думка, 1981. – 275 с.
2. Руденко О.В. Теоретические основы нелинейной акустики / Руденко О.В., Солуян С.И. – М.: Наука, 1995. – 287 с.
3. Вольмир А.С. Нелинейная динамика пластинок и оболочек / Вольмир А.С. – М.: Наука, 1972. – 432 с.

СЕКЦІЯ 1

**«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І
НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

КРИТЕРІЙ ОЦІНКИ ЯКОСТІ НЕОДНОРІДНОГО ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ Турко С.О., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С.	6
МЕХАНІЧНИЙ ДИСПЕРГАТОР ДЛЯ ВВЕДЕННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ Манастирний М.М., Корнієнко Я.М., Любека А.М.	9
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТУЖНОСТІ В РОТОРНОМУ ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ Бишко М.А., Зубрій О.Г.	11
РЕГУЛЮВАННЯ ТЕРМОМЕХАНІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА РОЗПЛАВ В ДИСКОВОМУ ЕКСТРУДЕРІ Бояркін О.О., Швед М.П., Швед Д.М.	13
ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ КАСКАДНОЇ СХЕМИ ЕКСТРУЗІЇ Великоіваненко С.П., Швед М.П.	15
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ НІТРАТУ АМОНІЮ У ПРИСУТНОСТІ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ ТА ЛУГУ КАЛІЮ Вислогузова Я. М., Степанюк А.Р.	17
ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ РОЗПЛАВУ КОМПОЗИЦІЇ ПОЛІЕТИЛЕН-КАУЧУК Гоцький Я. Г., Двойнос Я. Г.	19
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ ТА ТЕПЛОВОЛОГІСНОЇ ОБРОБКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ Довгаль О.О., Корінчук Д.М.	21
ПЕРСПЕКТИВИ CFD-МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ В КАНАЛАХ МЕМБРАННИХ МОДУЛІВ Змієвський Ю.Г., Гулієнко С.В., Двойнос Я.Г.	23
ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРОЦЕСУ ГАЗИФІКАЦІЇ Захарова Д. Р., Собченко В. В.	25
ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ОБЕРТАННЯ РОТОРА НА ТЕПЛОВІДДАЧУ В РОТОРНО-ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ Іскамов А. Г., Зубрій О. Г.	27
ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ЗПЗ ДИСКОВОГО ЕКСТРУДЕРА ПРИ КАСКАДНІЙ ЕКСТРУЗІЇ Кеба О.В., Швед М.П., Швед Д.М.	29
РОЗВ'ЯЗАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ В ПРИСУТНОСТІ САПОНІТУ ТА ГУМАТІВ Кушнір О.С., Степанюк А.Р.	31

ВПЛИВ РЕЖИМІВ ОСУШЕННЯ ТЕПЛОНОСІЯ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОАСОСНОГО СУШІННЯ	
Кхан Р.Х., Снежкін Ю.Ф., Дабіжа Н.О., Малащук Н.С.	33
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІДРОСИЛІКАТНОГО МАТЕРІАЛУ	
Мурзак М. С., Собченко В. В.	35
ВИКОРИСТАННЯ ПРОЦЕСІВ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ В ТЕХНОЛОГІЯХ НАФТОПЕРЕРОБКИ	
Недбайло А.Є., Радченко Н.Л., Коник А.В., Гоженко Л.П., Целень Б.Я.	37
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛА В СИСТЕМІ ПОВІТРЯ-ПОВІТРЯ	
Одарчук В. В., Двойнос Я. Г.	38
ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ТА СПОСОБУ ВИДАЛЕННЯ КОМПОЗИТНИХ ЗАБРУДНЕНЬ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ	
Орленко А.Ю., Степанюк А.Р.	40
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИПАРОВУВАННЯ В РОТОРНО-ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ	
Осадчий В.О., Дахненко В.Л.,	42
ФІЗИЧНА ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ КВАЗИЦИЛІНДРИЧНИХ ЧАСТИНОК ДЕРЕВИНИ	
Пашенько М.А., Довгаль О.О., Корінчук Д.М.,	44
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ КОНВЕКТИВНИЙ СУШИЛЬНИЙ СТЕНД	
Петрова Ж.О., Перепеличний О.В.	46
ПРОЦЕС КРИСТАЛІЗАЦІЇ РОЗПЛАВУ ПОЛІПРОПІЛЕНУ	
Подиман Г.С., Двойнос Я.Г.	49
ВІБРОЕКСТРУДЕР ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ВИРОБІВ КРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ	
Пригорницький Т.М., Андреев І.А.	51
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ	
Коник А.В., Гоженко Л. П., Целень Б.Я., Недбайло А.Є., Радченко Н.Л.	53
ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ КЕРАМІЧНИХ МЕМБРАН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД НАФТОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ	
Симан І.В., Кучерук Д.Д.	55
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СПОСОБОМ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ	
Столітня Н.В.; Целень Б.Я.	57
УСТАНОВКА ДЛЯ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ КОНДЕНСАТУ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	
Целень Б.Я., Коник А.В., Радченко Н.Л., Гоженко Л.П., Недбайло А.Є.	59
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВІБРОЕКСТРУДЕРА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ШАХТНИХ ЗАТЯЖОК	
Ящук В.О., Андреев І.А.	61

СЕКЦІЯ 2

«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ» 63

ЗАЛЕЖНІСТЬ КОНФІГУРАЦІЇ ПОТОКІВ В КОРПУСІ СУШИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ВІД НАПРЯМУ ПОДАЧІ ТЕПЛОНОСІЯ Візерський Д.С., Марчевський В.М., Гробовенко Я.В.	64
АНАЛІЗ КОМПОНУВАННЯ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТІВ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЯХ Колобашкін Л.В., Семінський О.О.	66
ЕМУЛЬГУВАННЯ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТАХ Косенко В.В., Семінський О.О.	69
МЕТОДИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТАХ Онищенко Д.М., Семінський О.О.	71
ПРОЦЕС СУШІННЯ КАРТОНУ ЗІ СПЕЦІАЛЬНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ Телестакова В.В., Марчевський В.М.	73
ДЕГІДРАТАЦІЯ КРИСТАЛІЧНОГО ХЛОРИДУ МАГНІЮ В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ Улітько Р.М., Маргарян А.А, Марчевський В.М.	75

СЕКЦІЯ 5

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЇ ГУМІНОВИХ КИСЛОТ НА ПРИРОДНОМУ ГЛИНИСТОМУ МІНЕРАЛІ. Бойко М.Ю., Овсянкін В.О.	78
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНСЕКТИЦИДІВ НА РОСЛИННІ ОРГАНІЗМИ Болотенко К.В., Овсянкін В.О.	79
ЗРАЗКИ ПАПЕРУ З ЦЕЛЮЛОЗИ З СОЛОМИ ВІВСА Зеленчук Т. В., доц. Дейкун І. М.	80
СТВОРЕННЯ БІОДЕГРАДАБЕЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІУРЕТАНУ ТА АЦЕТОБУТИРАТУ ЦЕЛЮЛОЗИ. Кулібаба Т.Ю., Овсянкін В.О.	82
НЕДЕРЕВНІ НАПІВФАБРИКАТИ Свіріда А., Єрмак І., Якуненко Б., Черьопкіна Р.І.	83
ОДЕРЖАННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ ІЗ СТЕБЕЛ СОНЯШНИКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ПЕРОКСОКИСЛОТ Трофимчук Ю.С., Трембус І.В.	85

СЕКЦІЯ 6

«ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

ОЗОНУВАННЯ У МОЛОКОПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ Захаров В., Білецька І., Змієвський Ю.	88
---	----

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО МЕТОДУ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	
Гоженко Л.П., Коник А.В., Радченко Н.Л., Недбайло А.Є., Целень Б.Я.	90
НАУКОВІ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ЯБЛУЧНИХ ЧИПСІВ	
Шапар Р.О., Гусарова О.В.	92

**СЕКЦІЯ 6
«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»**

МАТЕМАТИЧНА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДИНАМІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПРУЖНОГО ДНИЩА ЦИЛІНДРИЧНОГО БАКА З РІДИНОЮ, ЩО ЙОГО ЗАПОВНЮЄ	
Калюжний Д.В., Штефан Н.І.	95
МОДЕЛЮВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ХВИЛЬОВИХ ПРОЦЕСІВ В БУЛЬБАШКОВІЙ РІДИНІ, ЩО ЗАПОВНЮЄ ЦИЛІНДРИЧНИЙ БАК З ПРУЖНИМ ДНОМ	
Лещенко О.А., Штефан Н.І.	97
ДОСВИД ПІДСИЛЕННЯ СЛАБКИХ ГРУНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЇ СТРУМЕНЕВОЇ ЦЕМЕНТАЦІЇ	
Рубльов А.В.	99
ОПИС ПРОГРАМИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОНСТРУКЦІЇ З КАВІТАЦІЙНОЮ РІДИНОЮ	
Пінчук А.Є., Штефан Н.І.	100
АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ДИНАМІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОНСТРУКЦІЇ З БУЛЬБАШКОВОЮ РІДИНОЮ	
Пищик Б.І., Штефан Н.І.	102
ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ЛАНЦЮГОВИХ ЗАПОБІЖНИХ МУФТ	
Скуратовський А. К.	103
ВРАХУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУМІШІ ПРИ ОТРИМАННІ РІВНЯНЬ ДИНАМІКИ БУЛЬБАШКОВОГО СЕРЕДОВИЩА	
Шемета С.А., Штефан Н.І.	104

Рішення

ХІІ міжнародної науково-практичної конференції
студентів, аспірантів і молодих вчених.
«Ресурсоенергозберігаючі технології і обладнання»

На заключному пленарному засіданні конференції було прийнято наступне рішення:

1. Роботу Ради молодих вчених Інституту технічної теплофізики ІТТФ НАН України, Організаційного комітету Національного технічного університету України «КПІ», та Програмний комітет з підготовки та проведення заходів у рамках міжнародної науково-практичної конференції «РЕСУРСОЕНЕРГО-ЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ» схвалити.

2. За результатами обговорення представлених на конференції доповідей визнати перспективність виконаних досліджень та схвалити доцільність подальшого розвитку та поглиблення наукових розробок у відповідних наукових напрямках, що визначені в проблематиці конференції.

3. З метою створення науково-методологічних основ вивчення основних ресурсоенергозберігаючих заходів, обладнання теплотехнологій та хімічних технологій в Україні рекомендується залучити матеріали конференції до дисциплін «Основні процеси та обладнання ресурсоенергозберігаючих технологій» та «Сучасне обладнання хімічних технологій» з розробкою відповідного методичного забезпечення.

4. Підвищити рівень залучення студентів, аспірантів до наукових досліджень України в галузі ресурсо- та енергозбереження.

5. Видати збірник праць конференції.

6. Рекомендувати публікацію пленарних доповідей в журналах «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження», «Хімічна промисловість України» та «Промислова теплотехніка». Просити голів секцій конференції визначити доповіді від секцій для опублікування в «Українському антарктичному журналі». Учасникам конференції представити рекомендовані доповіді у вигляді публікацій згідно правил публікацій відповідних журналів.

7. Визначити за доцільне поширення інформації про конференцію в засобах масової інформації та залучення до наступних конференцій широкого кола вітчизняних і іноземних науковців.

8. Організатори конференції висловлюють вдячність всім учасникам конференції.

Завідувач кафедру машин та апаратів
хімічних і нафтопереробних виробних
виробництва



Я.М.Корнієнко

**Підписано до друку 21.04.2017 р. Формат 60x90 1/16.
Папір офсетний. Умовн. др. арк. 4,6
Друк різнограф. Тираж 200 прим. Зам. № 2104/01.**

**Підприємство «УВОІ «Допомога» УСБ»
Свідоцтво про державну реєстрацію №31245580
03056, м. Київ, пров. Політехнічний, 6, корп. 5 (КП)
Тел.: 277-80-08.**