

**Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”**

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

**Інститут Газу НАН України**

**ІТМО ім. А. В. Ликова АН РБ**

**Московський державний агроінженерний  
університет ім. В.П. Горячкіна**

**Грузинський технічний університет**

**Тверський державний технічний університет**

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

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ  
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ”**

15-16 квітня  
Київ 2014

УДК 66

ББК 35.11я43

Р 43

Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (15-16 квітня 2014р. м. Київ) / Укладач Я.М.Корнієнко. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 126 с

**Збірник тез доповідей VI 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 № 3  
Від 15 березня 2014 р.

Рекомендовано до друку  
Кафедрою машин та апаратів  
хімічних  
і нафтопереробних виробництв  
Протокол № 8  
від 20 березня 2014 р

Посвідчення Українського інституту науково-технічної і економічної інформації (УкрІНТЕІ) № 738 від 05.11.2013 р.

**ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**Варламов Г.Б.** 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

**Акуліч П. В.** д.т.н., професор ІТМО ім. А. В. Ликова АН РБ

**Рудобашта С. П.** д.т.н., професор Московського державного агроінженерного університету ім. В.П.Горячкіна

**Луговий Ю. В.** к.т.н., професор Тверського державного технічного університету

**Косивцов Ю. Ю.** к.т.н., доц. Тверського державного технічного університету

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

## **ОГРАГНІЗАЦІЙНИЙ 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., доцент 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»

**Ракіцький В.Л.**

к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ», керівник студентського гуртка на кафедрі МАХНВ

**СЕКЦІЯ 1**

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

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИСПЕРГУВАННЯ РІДКОЇ

### ФАЗИ В ПСЕВДОЗРІДЖЕНИЙ ШАР

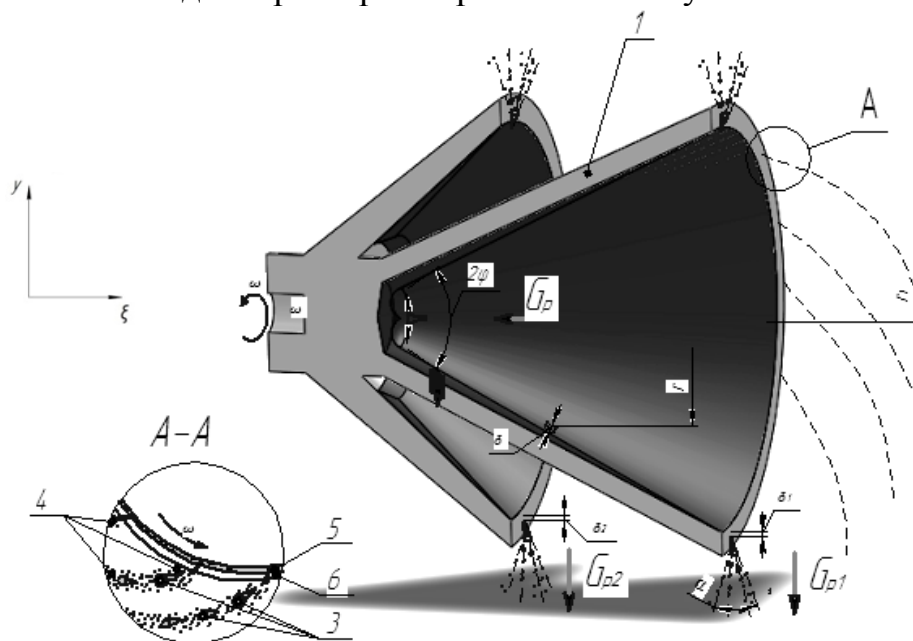
проф., д.т.н. Корнієнко Я.М., магістрант Корсак І.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Метою досліджень є вдосконалення способу отримання гранульованих органо-мінеральних добрив з визначеним складом методом псевдо зрідження. Оскільки продуктивність гранулятора та якість гранул значною мірою залежить від якості диспергування гетерогенної системи задачею є моделювання роботи механічного диспергатора.

За основу конструкції було прийнято двоконусний перфорований фторопластовий диспергатор. Фізична модель руху рідини по конічній поверхні механічного диспергатора зображена на Рисунок 1.



$r_1$  – радіус основи конуса;  $G$  – загальна витрата рідини;  $G_{p1}$  – витрата рідини по першому конусу;  $G_{p2}$  – витрата рідини по другому конусу;  $2\phi$  – кут розкриття конуса;  $\delta$  – товщина плівки;  $\omega$  – кутова швидкість обертання ротора;

1 – диспергатор; 2 – треки крапель; 3 – основні краплі; 4 – краплі супутники;

5 – плівка рідини; 6 – крайка диспергатора

Рисунок 1 – Фізична модель процесу диспергування

За основу математичної моделі було прийнято рівняння руху в'язкої рідини всередині конічного диспергатора [1].

$$\frac{\partial^2 v_\xi}{\xi^2 \partial \psi^2} + \frac{\rho_1 \omega^2 \xi}{\mu_1} \sin^2 \varphi_0 = 0,$$

(1)

де  $v_\xi$  - швидкість вздовж осі диспергатора ;  $\omega$  - кутова швидкість обертання;  $\xi$  - осьова координата на вільній поверхні;  $\varphi_0$  - кут розкриття конуса;  $\rho_1$  - густина рідини;  $\mu_1$  - коефіцієнт в'язкості рідини.

Граничні умови для цієї моделі будуть наступні:  $v_\xi = 0$  на стінці ( $\psi = 0$ );  $\frac{\partial \omega \xi}{\xi \partial \psi} = 0$  на вільній поверхні ( $\psi = \psi_1$ ). Розв'язок рівняння (1) із урахуванням граничних умов приймає вигляд:

$$v_\xi = \frac{\rho \omega^2 \xi}{\mu} \sin^2 \varphi_0 \left( \xi_1^2 \psi_1 \psi - \xi^3 \frac{\psi^2}{2} \right).$$

(2)

Величина  $\psi_1$  визначається з умови, що загальні витрати рідини в шарі дорівнюють витратам рідини  $Q$  в диспергаторі. Тоді

$$Q = \int_0^{\psi_1} 2\pi r \xi v_\xi d\psi = \frac{2\pi \rho_1 \omega^2 \sin^2 \varphi_0 \psi_1^3}{3\mu_1}.$$

(3)

Позначивши  $\delta = \xi_1 \psi_1$  і  $r = \xi_1 \sin \varphi_0$ , отримаємо

$$Q = \frac{2\pi \rho_1 \omega^2 r^2 \delta^3 \sin^2 \varphi_0}{3\mu_1}.$$

(4)

З цього рівняння товщина шару рідини (плівки), що стікає по внутрішній поверхні конічного диспергатора:

$$\delta = \left( \frac{3\mu_1 Q}{2\pi \rho_1 \omega^2 r^2 \sin^2 \varphi_0} \right)^{0,333}.$$

(5)

Рушійною силою витікання рідини через отвір є тиск, що створюється відцентровою силою:

$$\Delta P = \frac{\rho_p \omega^2}{2} R^2 \quad (6)$$

де,  $\rho_p$  - густина рідини,  $R$  – радіус, на якому розміщено отвори.

Розраховуємо швидкість в отворах диспергатора:

$$W_{отв} = \zeta \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_p}} \quad (7)$$

де,  $\zeta$  - коефіцієнт заповнення рідиною перерізів отворів (в експерименті змінюється в межах від 0,0005 до 0,003).

Витрата через отвори:

$$Q_{отв} = W_{отв} \pi \frac{d_{отв}^2}{4} n_1 \quad (8)$$

де  $n_1$  – кількість отворів.

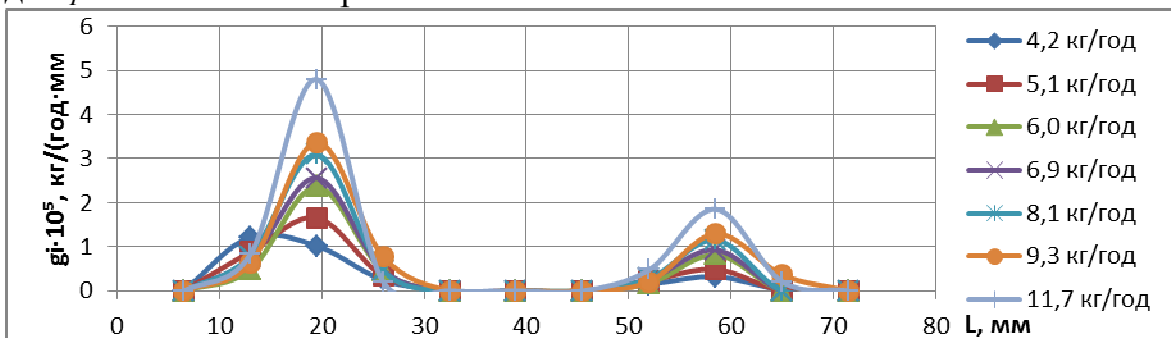


Рисунок 2 – Графіки розподілу рідини по довжині конусу в залежності від витрати (II)

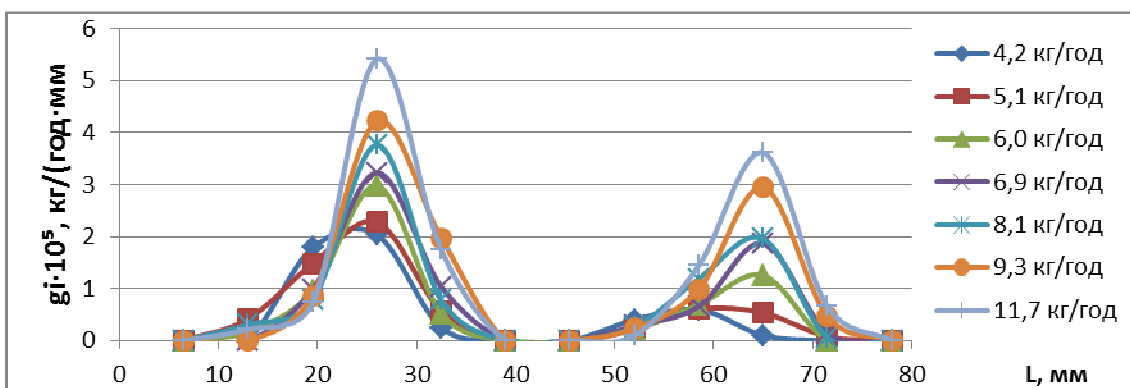


Рисунок 3 – Графіки розподілу рідини по довжині конусу в залежності від витрати (I)

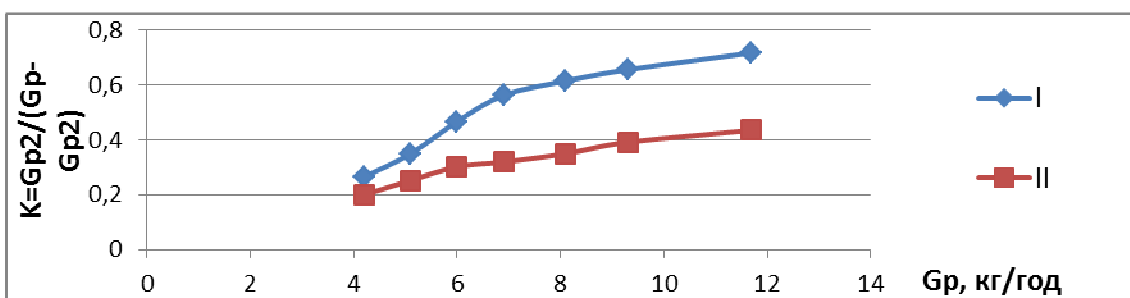


Рисунок 4 – Експериментальна та теоретична залежності розподілу рідини по конусам

Якість диспергування реального робочого розчину сульфату амонію, з бентонітами та попелом, двоконусним перфорованим фторопластовим диспергатором можна оцінити за фотографіями Рисунок 5.





а) -  $G=6,0$  кг/год      б) -  $G=8,1$  кг/год      в) -  $G=11,7$  кг/год  
Рисунок 5 – Фотознімки диспергування суспензії двоконусним диспергатором з фторопласту (кут змочуваності  $\theta = 87^{\circ}37'$ )  $V_{л1} = V_{л2} = 9,43$  м/с.

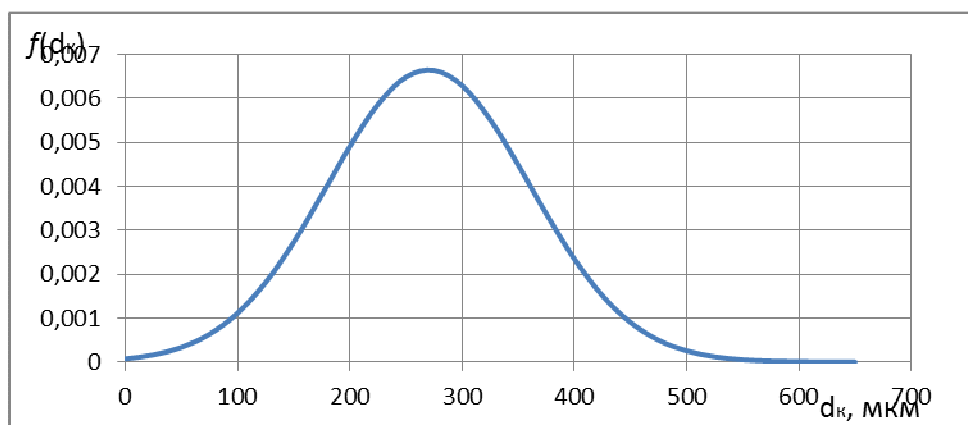


Рисунок 6 – Крива нормального розподілення крапель за розмірами

Отже, конструкція двоконусного перфорованого фторопластового диспергатора дозволяє суттєво підвищити питоме навантаження шару за вологою.

#### Перелік посилань:

1. Распыление жидкостей / Ю.Ф. Дитякин, Л.А. Клячко Б.В. Новиков, В.И. Ягодкин // Издание 2-е, дополненное и переработанное. - М.,- «Машиностроение», - 1977.
2. Основы техники распыления жидкостей / Пажи. Д.Г. Галустов В.С. - М. Химия, 1984.
3. Центробежные и вибрационные грануляторы плавов и распылители жидкости / Б.Г. Холин – М. Машиностроение, 1977.

## ФОРМУЮЧИЙ ІНСТРУМЕНТ ВИРОБНИЦТВА СПІНЕНОГО ПОЛІСТИРОЛУ

ст. викл.к.т.н. Двойнос Я. Г., магістрант Назарчук В. В.,  
магістрант Хотинецький М. І.

Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"

Вироби з спіненого полістиролу мають важливе значення для гідро-, теплоізоляції, створення каркасів та каналів під монолітні об'єкти. Екструдований спінений полістирол (XPS) відрізняється механічною міцністю та малим значенням водопоглинення через незначну долю відкритих пор (<5%) [1]. Процес спучення має відбуватися після формуючого інструменту, що пов'язано з реологічними властивостями розплаву полістиролу, у якому розчинені спінюючі газу. Поява бульок газу у розплаві зменшує його в'язкість і процес течії стає некерованим.

Щоб запобігти спученню розплаву у каналах формуючого інструмента виникає необхідність підтримання тиску на рівні 3,5-12 МПа, в залежності від природи та концентрації спінюючого газу у розплаві, який за такого тиску розчинений у розплаві.

Утримання належного тиску стає можливим за умови використання малих зазорів на виході формуючого інструменту, низької температури розплаву (збільшується в'язкість), конусної форми каналів, яка створює додатковий "боковий тиск", швидкістю течії (продуктивністю).

Критично малий розмір зазору ( $m$ ) визначається геометричними розмірами виробу, і може бути визначений за формулою:

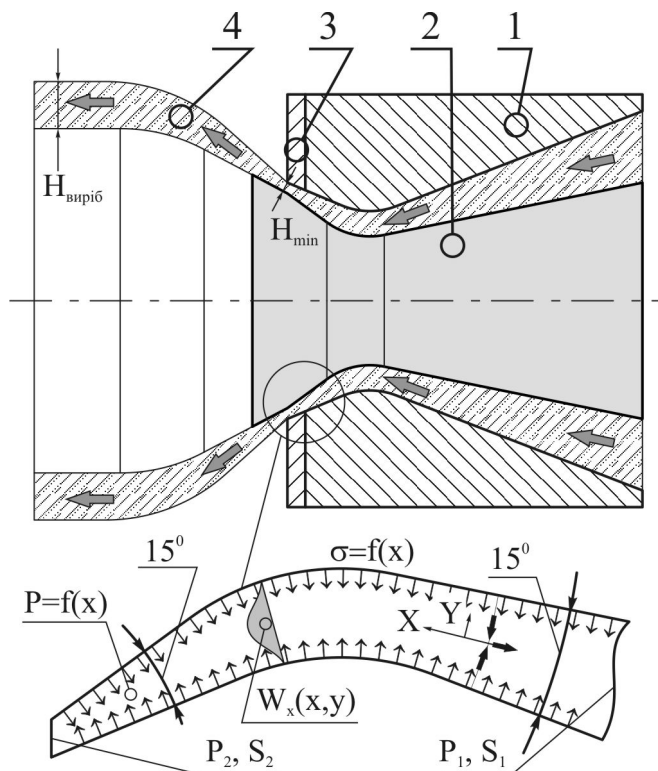
$$H_{min} = H_{виріб} \sqrt[3]{\frac{\rho_{виріб}}{\rho_{полістирол}}} \quad (1)$$

де  $H_{виріб}$  - товщина стінки виробу, м;  $\rho_{виріб}=32$  кг/м<sup>3</sup> - густина виробу;  $\rho_{полістирол}=985$  кг/м<sup>3</sup> - густина виробу.

Мінімально можлива температура розплаву регламентується максимальною його в'язкістю, за якої можливий процес спінювання (тиск газів, які виділяються з розчину при зниженні тиску більший, ніж механічна міцність розплаву) - 145°C.

Максимальна продуктивність регламентується продуктивністю екструдера.

Схему каналів формуючого інструменту для екструзії виробів з спіненого полістиролу кільцевого перетину наведено на рисунку 1.



1 - матриця; 2 - дорн; 3 - допоміжна матриця; 4 - полімер

Рисунок 1 - Схема каналів формуючого інструменту

Метою роботи є визначення форми каналу формуючого інструменту, яка дозволить утримувати необхідний тиск в залежності від температури та продуктивності розплаву, природи та концентрації спінюючого газу. Нова модель може ґрунтуватися на [2].

**Висновок:** для моделювання процесу течії розплаву полімеру у каналах складної форми необхідно створити математичну модель, яка буде враховувати "боковий тиск" та дозволить визначити значення гідростатичного тиску у каналі.

**Перелік посилань:**

1. ТУ У В.2.7-25.2-35253400-001:2009 "Плити екструдовані з пінополістиролу".

2. Моделювання процесів хімічної технології. Навч. посіб./ Л. Б. Радченко, І. О. Мікульонюк. – К.: ВПІ ВПК "Політехніка", 2005. – Ч.1: Теоретичні основи. – 126 с.: іл. – Бібліогр.: с. 124-125.

## **ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ХІМІЧНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ**

магістрант Кравчук В.М., к.т.н., доц. Радько О.В.,  
к.т.н., доц. Скуратовський А.К.  
Національний технічний університет України "КПІ"  
Національний авіаційний університет

Терміни служби апаратів і машин хімічних та нафтопереробних виробництв значною мірою залежать від довговічності вузлів тертя. Деталі сучасних машин в галузі хімічного машинобудування працюють у широкому діапазоні навантажень, швидкостей тертя та температур. Це обумовлює необхідність використання матеріалів зі складним комплексом фізико-механічних властивостей, які досягаються за рахунок створення нових та удосконалення існуючих технологій поверхневого зміцнення. Технологічні способи нанесення зміцнюючих покриттів дозволяють суттєво підвищити довговічність деталей. В сучасних умовах особливої актуальності набуває використання енергозберігаючих технологій поверхневого зміцнення [1]. Однією з таких технологій є газотермоциклічне іонне азотування (ГТЦІА) в пульсуючому режимі [2], при якому значно скорочуються час дифузійного насичення, витрати електроенергії, реакційних газів, покращується якість обробки деталей з одночасним підвищенням їх експлуатаційних властивостей. Аналіз досліджень щодо використання імпульсного газотермоциклічного іонного азотування (ГТЦІА) для зміцнення і відновлення деталей машин свідчить про те, що на теперішній час майже відсутні відомості стосовно впливу попередньої термообробки сталевих матеріалів на зносостійкість поверхневих шарів при їх зміцненні імпульсним ГТЦІА. Дослідження виконувалися на машині тертя [3]. Контакт пари тертя відбувався за схемою "диск—колодка". Для цього робочі поверхні зразків виконувалися

**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
у формі вгнутого циліндра. В результаті проведених триботехнічних досліджень встановлено, що попередня термообробка поверхневих шарів сталі 30ХГСА перед зміцненням імпульсним ГТЦА збільшує поверхневу мікротвердість матеріалу, що призводить до зменшення інтенсивності зношування. Внаслідок цього можна зробити висновок, що структурно-фазові перетворення, які відбуваються у матеріалі під час попередньої термообробки, створюють оптимальні передумови для наступного проникнення в поверхневі шари досліджуваної сталі іонів азоту під час зміцнення імпульсним ГТЦА і утворення твердих нітридів нітридоутворюючими елементами у процесі азотування. Таким чином відбувається формування більш твердої, а отже і більш зносостійкої іонноазотованої дифузійної зони.

#### **Перелік посилань:**

1. Пастух И.М. Модификация металлов с применением азотирования в тлеющем разряде: состояние и перспективы //Проблеми трибології. – Хмельницький: ХНУ.- 2004.- № 3. -С.42—55.

2. Патент 10014, Україна, МПК (2006) C23C 8/06. Спосіб поверхневого зміцнення сталевих деталей іонноплазмовим азотуванням у пульсуючому тліючому розряді / Б.А. Ляшенко, А.В. Рутковський, В.І. Мірненко, О.В. Радько; заявник та патентовласник: Національна академія оборони України. — № 19782; Заявл. 19.09.06; Опубл. 15.12.06, Бюл. № 12.

3. Патент 24695, Україна, МПК (2206) G01N3/56. Машина тертя /А.К. Скуратовський; заявник та патентовласник НТУУ "КПІ". — № 02330; Заявл. 03.03.2007; Опубл. 10.07.2007, Бюл. № 10.

УДК 66.069.84; 66.084; 628.316; 628.32

## **БЕЗРЕАГЕНТНА НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ КИСЛОГО КОНДЕНСАТУ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ**

д.т.н. Шурчкова Ю.О., к.т.н. Целень Б.Я.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Національний технічний університет України «КПІ»

В Інституті технічної теплофізики НАН України започатковано новий науковий напрям, відомий як принцип дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ). В рамках цього напрямку створено і впроваджено близько 50 інноваційних технологій та понад 900 одиниць енергоефективного обладнання, яке успішно використовується в різних галузях промисловості.

В апаратах, розроблених в рамках цього напрямку реалізується ряд фізичних явищ, таких як адіабатне закипання і кавітація, що супроводжуються напруженнями зсуву, збуренням міжфазової поверхні тощо. При дослідженні впливу механізмів ДІВЕ на властивості води і водних систем виявлено зміну їх деяких фізико-хімічних властивостей, зокрема, підвищення водневого показника (рН) зі збереженням його стабільного значення протягом тривалого терміну (до двох років).

На сьогоднішній день в Україні актуальне питання модернізації енергетичного сектору, зокрема промислових і комунальних газових котлів з метою зменшення споживання природного газу, для чого пропонується експлуатувати їх в режимі поглибленої утилізації теплоти димових газів (конденсаційному режимі) шляхом оснащення утилізаторами теплоти. Це дасть змогу підвищити ефективність роботи котлів на 5-6% і скоротити споживання природного газу приблизно на 500 млн. м<sup>3</sup> на протязі року.

Однак, при експлуатації котлів в режимі глибокої утилізації теплоти з димових газів, в результаті контакту парів води, що утворились під час реакції горіння газу з іншими продуктами згоряння, утворюється кислий конденсат з рН=3,8...4,9. Враховуючи розчинність окремих компонентів продуктів згоряння у воді, а також конструкцію сучасних газових котлів і

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

спосіб спалювання палива, спрямованих на мінімізацію утворення оксидів азоту і оксиду вуглецю, можна вважати, що утворений кислий конденсат є водним розчином вуглекислоти з відносно незначною кількістю домішок.

Об'єм утвореного кислого конденсату становить приблизно 145 л/год для котла потужністю 1000 кВт і зростає пропорційно зі збільшенням потужності котла. Враховуючи кислотність цього конденсату, його не можна зливати в каналізацію без попередньої нейтралізації. В сучасній практиці нейтралізацію проводять шляхом пропускання кислого конденсату через шар нейтралізуючого реагенту (для котлів потужністю до 1000 кВт) або дозуванням рідкого реагенту (для котлів потужністю понад 1000 кВт), що пов'язано з додатковими витратами на нейтралізуючий реагент і забрудненням продуктами реакції.

Нейтралізувати кислий конденсат можна використовуючи абсорбційні апарати (декарбонізатори), однак такий спосіб нейтралізації пов'язаний зі значними питомими матеріальними і енергетичними витратами.

Запропонований спосіб нейтралізації кислого конденсату, розроблений в Інституті технічної теплофізики НАН України на основі принципу ДІВЕ, ґрунтується на фізичному впливі на оброблюване середовище без використання хімічних реагентів і реалізується у високоефективному малогабаритному обладнанні з низькими питомими енерговитратами. Використання таких механізмів ДІВЕ як високочастотних гідродинамічних коливань, що супроводжуються високими окружними швидкостями і напруженнями зсуву, а також швидкоплинних фазових переходів дозволяє знизити вміст вуглекислоти до нейтрального значення рН.

Впровадження установок нейтралізації кислого конденсату дозволить поліпшити стан довкілля шляхом зменшення кількості шкідливих стоків (хімічно забрудненого нейтралізованого конденсату і відходів установок пом'якшення води), раціонально використовувати водні ресурси шляхом економії до 8,5 млн. м<sup>3</sup> води (у випадку повторного використання нейтралізованого конденсату).

УДК 628.5:66.002.8

**ВПЛИВ СИРОВИНИ ТА ДУТТЯ НА  
КІНЦЕВИЙ ПРОДУКТ ГАЗИФІКАЦІЇ**  
магістрант Кліщ О.В., к.т.н. Собченко В.В.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Нині світова спільнота приймає ряд заходів щодо зниження емісії парникових газів. До них зазвичай відносяться вуглекислий газ, метан, водяний пар, геміоксид азота, тропосферний озон та гази, які містять фтор, в особливості фреон. При цьому до антропогенних факторів парникового ефекту відносять, в першу чергу, емісію діоксиду вуглецю, яка виникає при спалюванні корисних копалин. У зв'язку з цим, є логічним використання сировини та технологічних засобів, які дозволили б зменшити забруднення навколишнього середовища, як, наприклад, газифікація біомаси. [1]

В першу чергу, це обумовлено тривалим знаходженням (більше 3-х секунд) газоподібних продуктів газифікації біомаси спочатку у зоні окислення при температура 1000-1200 °С, а потім у відновлювальній (безкисневій) зоні формування генераторного газу. За таких умов відбувається термічний розклад та відновлювальне дехлорування найбільш небезпечних речовин – діоксидів, фуранів, поліхлорбіфенілів, бензапиренів та інших поліциклічних ароматичних вуглеводнів. Ще одною перевагою газифікації над прямим спалюванням твердого палива є утворення меншого об'єму газу, який необхідно очищувати. Крім того, в результаті більш повного згоряння газоподібного палива під час газифікації, утворюється набагато менше шкідливих хімічних з'єднань у димових газах та зольному залишку.

Теплотворна здатність генераторного газу становить 800 – 1000 ккал/м<sup>3</sup>, причому заміна повітря на кисень призведе до збільшення доли монооксида вуглецю і, відповідно, до збільшення теплотворної здатності.

З 1 кг біомаси можна отримати приблизно 2,5 м<sup>3</sup> генераторного газу, основним горючим компонентом якого є монооксид вуглецю (СО) і



**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
водень ( $H_2$ ). В залежності від метода проведення процесу газифікації та вихідного палива можна отримати низькокалорійний (сильно забаластований) чи середньокалорійний генераторний газ.

Суттєвий вплив на протікання процесу має окисник. При паровому дутті спостерігається найбільша кількість  $CO$  та  $H_2$ . З підвищенням температури концентрація  $CO$  та  $H_2$  збільшується. Концентрація  $CO_2$ , навпаки, - зменшується. Найбільш інтенсивна зміна концентрацій спостерігається в діапазоні 970 – 1070 К. Проте такий генераторний газ має значний відсоток води, що негативно впливає на його теплотворну здатність.

При повітряному дутті температура в шарі швидко зростає, збільшується вміст  $CO$ , концентрація  $H_2$  залишається майже незмінною, а  $CO_2$  починає збільшуватись. Але отриманий генераторний газ містить значну кількість азоту, що є небажаним. В основному при повітряному дутті отримується газ з низькою теплотою згоряння 2,98-5,59 МДж/м<sup>3</sup>.

При пароповітряному дутті (співвідношення  $H_2O$  та  $O_2$  1/1) кількість  $N_2$  та  $H_2O$  значно зменшується. Також в отриманому газі присутня незначна кількість  $O_2$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_2$ ,  $NO_x$ ,  $H_2S$ . В температурному діапазоні 973 – 1073 К відбувається виділення  $CH_4$ , але при збільшенні температури метан окислюється і розкладається на  $CO_2$  та  $H_2O$ .

Встановлено, що найбільш інтенсивне виділення газу відбувається в температурному діапазоні 1473 – 1573 К. Зменшення кількості азоту та води в отриманому газі досягається шляхом використання, в якості окисника, пароповітряної суміші. [2]

### **Перелік посилань:**

1. Копытов В.В. Газификация конденсированных топлив: ретроспективный обзор, современное состояние дел и перспективы развития
2. Собченко В.В., Негода О.А., Кліщ О.В., «Термодинамічний аналіз процесу газифікації в вихровому апараті», Хімічна промисловість України, 2014.

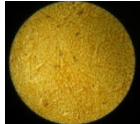
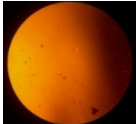

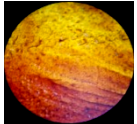
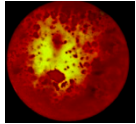


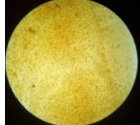
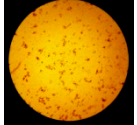
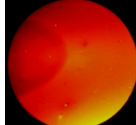




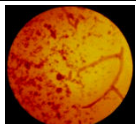

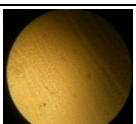
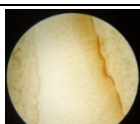
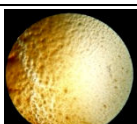
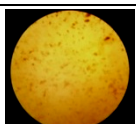
УДК 628.5:66.002.9

## **ЗАЛЕЖНІСТЬ ЧАСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИННИКА ПРИ ВИЛУЧЕННІ ГУМІНОВОЇ КИСЛОТИ НА БАЗІ ТОРФУ**

магістрант Тишко Ю.А., к.т.н., доц. Степанюк А. Р.  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"

Розробка та дослідження відповідної технології вилучення є особливо актуальною з огляду на те, що саме хімічний та сільськогосподарський комплекси є основними галузями народного господарства України. За методикою вказаною в [1] були проведені дослідження щодо визначення оптимального часу вилучення та концентрації NaOH. В нашому випадку відстоювання відбувалося 24 години, 48 годин, 62 години, 86 годин та 108 годин. Результати показали, що із збільшенням часу екстрагування збільшується концентрація гуматів в розчині (табл.1).

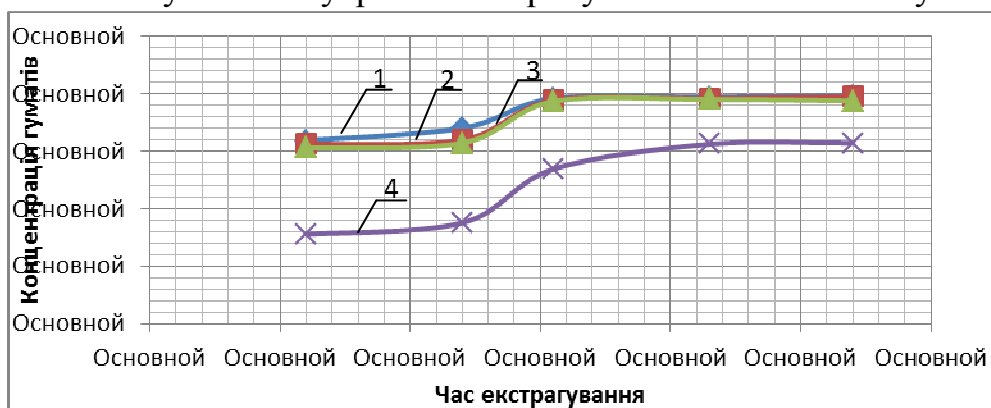
Таблиця 1 – Структура гуматів після центрифугування за певних проміжків часу

№ п/п	Конц. NaOH, %	24 год	48 год	62 год	86 год	108 год
1	6,25					
2	4					
3	2,5					
4	1,5					

Концентрація гуматів показано на Рисунок1. Із графіка залежності, зображеного на рисунку 1 можна зробити висновок про тенденцію росту ефективності процесу вилучення, що проводиться через кожну добу, далі ефективність падає, відповідно і коефіцієнт вилучення знижується,

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

що пояснюється внутрішньодифузійною складовою процесу екстракції, яка на даній стадії виступає лімітуючим фактором процесу, оскільки верхні і середні шари гуміновмісної речовини перейшли до розчину, а розчинення і вилучення внутрішніх потребує значно більше часу.



1 – конц. NaOH 6,25 %; 2 – конц. NaOH 4% ; 3 – конц. NaOH 2,5 %;  
4 – конц. NaOH 1,5

Рисунок 1– Графік залежності концентрації гумітів у розчині від часу

Концентрація NaOH у даному випадку 2,5% є найбільш оптимальною оскільки нижча концентрація не доцільна і малоефективна. Також з графіку видно, що оптимальний час для вилучення гумінових субстанцій є 86 годин.

Було експериментально досліджено оптимальний час вилучення за якого досягається найбільший відсотковий вміст гумінової речовини, це 86 годин і концентрація розчинника, а саме NaOH – 2,5 %.

**Перелік посилань:**

1. Тишко Ю.А. Метод екстракції органічних речовин з ґрунту/ Тишко Ю.А., Степанюк А. Р.// Ресурсоенергозберігаючі технології. V міжнар. наук.-пр. конф. студ., аспірантів та молодих вчених. 20-23 листопада 2013р.: зб. тез. доп. К.: Видавництво УВОІ „Допомога” УСІ” 2013., с.14;

2. E. J. Stevenson Wiley. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions, Second Edition/ E. J. Stevenson Wiley – New York. NY, 1994 – 496 p.;

3. Selman A. Waksman. Humus origin, chemical composition and importance in nature/ Selman A. Waksman – Baltimore, The Williams and Wilkins Company 1936 – 498 p.;

4.Н.В. Чухарева. Исследование гуминовых кислот и термообработанных торфов Томской области/ Н.В. Чухарева, Л.В. Шишмина, А.А. Новиков – издательство Томского политехнического института –Томск, 2010 г. – 192 с.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ МІНЕРАЛЬНО-ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН НА БАЗІ ЛУГІВ ГУМАТІВ СОНЯШНИКОВОГО ПОПЕЛУ

к.т.н., доц. Степанюк А.Р., магістрант Борисенко Є.Ю.

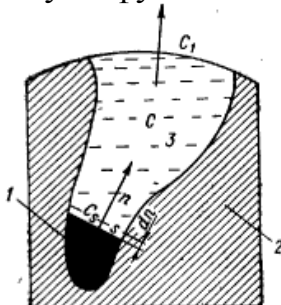
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Гумати соняшникового попелу - ефективне добриво природного походження з високим вмістом калію (24%), кальцію (18%), магнію (12%) і фосфору (7%). Забезпечує комплексне харчування рослин і має здатність знижувати кислотність ґрунту. Не містить хлор, тому прекрасно переноситься усіма видами рослин, комплексно збагачує ґрунт поживними речовинами, оптимізує його водний баланс, знижує кислотність, істотно прискорює процеси розвитку рослин і дозрівання врожаю, допомагає у боротьбі з шкідниками. Тому тема дипломного проекту є актуальною.

Сформульовано фізичну модель процесу екстракції для вилучення мінерально-органічних сполук на базі лугів гуматів соняшникового попелу та математичну модель цього процесу.

Розглянемо схему вилучення твердої речовини. Виділимо елемент вільного об'єму всередині пористого тіла, частково заповненого твердою вилученою речовиною. В області 3, вільній від вилученої речовини в твердому стані, розчинення та дифузія спричиняють рух рідини в напрямку, протилежному напрямку дифузійного потоку.



1 – вилучена речовина, 2 – інертний носій,

3 – заповнена розчином пора

Рисунок 1 - Схема вилучення твердої речовини

Розглянемо вилучення твердої речовини з пористих сфер. Зробимо припущення, що структура пористих тіл ізотропна, а розчинена речовина рівномірно розподіляється по об'єму частинки. Приблизне вирішення отримане за допомогою інтегрального відношення:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[ (U_T^* + m_p^* \psi \Delta C) V_T + m_{pm} \psi \int_{V_T}^V (C - C_1) dV \right] = D_m \int_{(F)} \left( \frac{\partial C}{\partial n} \right) dF$$

Граничні умови:

$$C \Big|_{r=r_0} = C_s ; C \Big|_{r=R} = C_1.$$

Після відповідних спрощень як частковий випадок отримуємо рівняння, що характеризує відсутність твердої фази, крім цього  $c_1 = 0$  та  $\psi = 1$ :

$$\frac{\bar{X}_V}{X_{V0}} = \frac{\varphi_0(1 + \varphi_0)}{2};$$

$$\frac{1}{6}(\ln \varphi_0 + \varphi_0 - \varphi_0^2) = -\frac{D_m}{R^2} \frac{1}{m_{pm}}.$$

Розглянемо другий випадок вилучення твердої речовини з пористої сфери. Рідина, яка оточує пористу сферу, являє собою розчин деякого реагенту R, яка має можливість реагувати з твердою речовиною A з утворенням продукту реакції B. На поверхні, яка позначена літерою P відбувається швидка реакція. Розчинений продукт реакції дифундує в протилежному напрямленні до поверхні П. Концентраційні профілі визначаються виразом:

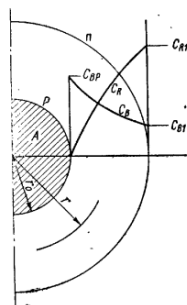
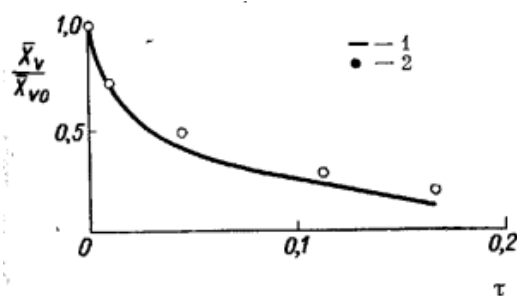


Рисунок 3 - Схема вилучення твердої речовини з пористої сфери

В даному випадку рівняння повинні описувати кінетику вилучення розчиненої речовини з первинною рівномірним розподіленням концентрації  $c = c_s$ . Для цього випадку є точне рішення. На рисунку 2 точне рішення співставлене з наближенням.



1 – точне рішення, 2 – наближене рішення

Рисунок 2 - Кінетика вилучення розчиненої речовини

За результатами роботи буде отримано експериментальну криву вилучення розчиненої речовини.

#### **Перелік посилань:**

1. Г.А. Аксельруд, В.М.Лисенявський, Екстрагування – система тверде тіло-рідина / Ленінград, 1974, 255с.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ КОЛОЇДНИХ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

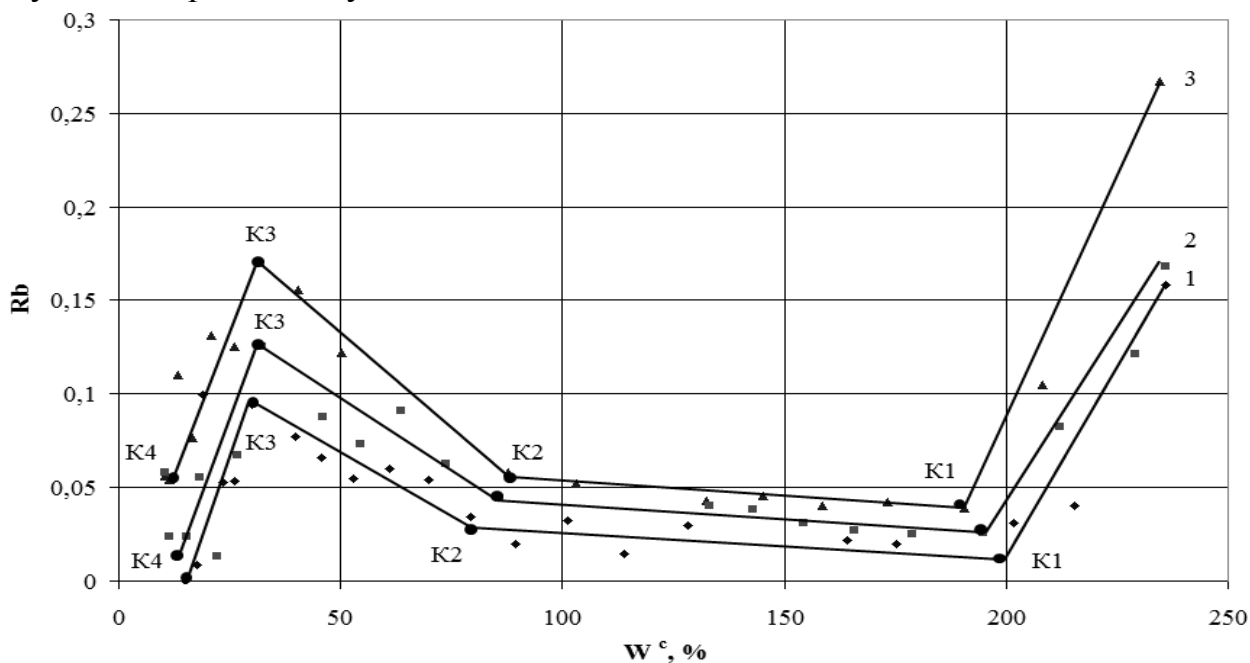
магістрант Воронцов М.Є., д.т.н. Снежкін Ю.Ф., д.т.н., Петрова Ж.О.

Національний Технічний Університет України «КПІ»  
Інститут Технічної Теплофізики НАН України

Процеси конвективного сушіння відносяться до найбільших енергоємних промислових технологічних процесів. Затрати енергії на видалення вологи досягають 3000 – 5000 кДж/кг і більше, тому вирішення питання зменшення енергоспоживання при сушінні є актуальним науково-технічним завданням.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми є розробка енергоефективних режимів сушіння. Були розроблені ступеневі режими сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів, до яких відноситься більшість будівельних та рослинних матеріалів, які відпрацьовувались на дослідно-промисловій установці.

За результатами проведених досліджень встановлено залежність числа Ребіндера (як критерію оптимізації процесу сушіння) від вологовмісту матеріалу, що обґрунтовує ефективність запропонованих ступеневих режимів сушіння.



1 – 60 °C; 2 – 70 °C; 3 – 80 °C.

Рисунок 1 - Залежність числа Ребіндера від вологовмісту при сушінні від температури теплоносія

На початку процесу сушіння до точки  $K_1$  відбувається прогрів матеріалу та зниження вологовмісту матеріалу. При цьому зменшується величина  $R_b$ , тобто тепло під час сушіння у більшій мірі витрачається на випаровування вологи з матеріалу, ніж на його нагрівання.

При вологовмісті від  $WK = 190...200\%$  до  $W = 75...85\%$  число  $R_b$  знаходиться на низькому рівні, що свідчить про те, що більша частина теплоти витрачається на випаровування з нього вологи, а не на нагрівання матеріалу (ділянка  $K_1 - K_2$ ). При досягненні критичного вологовмісту  $WK = 80 - 90\%$ , число  $R_b$  різко збільшується, а значить більше теплоти витрачається на нагрів матеріалу. Характер зміни числа  $R_b$  доказує необхідність впровадження ступеневого режиму сушіння для колоїдних капілярно-пористих матеріалів на ділянці  $K_2-K_3$ , що застосовано в конвективній дослідно-промисловій сушарці.

Сильне зменшення  $R_b$  на ділянці  $K_3 - K_4$  при досягненні матеріалом вологовмісту  $40 - 20\%$ , говорить про те, що матеріал майже повністю прогрітий, і теплота витрачається на видалення найбільш міцно зв'язаної вологи.

Величина числа залежить від температурного коефіцієнту сушіння, питомої теплоємності вологого матеріалу та питомої теплоти випаровування, а відповідно від форми зв'язку вологи з матеріалом.

Отже, немає сенсу підтримувати високу температуру теплоносія на останній стадії процесу зневоднення. Обробка експериментальних даних довела, що число Ребіндера визначається тепловим режимом сушіння.

### **Перелік посилань:**

1. Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. Ф. Тепломасообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. – К.: Академперіодика, 2007. – 162 с.

2. Снежкин Ю.Ф. Энергоэффективный режим сушки антиоксидантного растительного сырья / Ю.Ф. Снежкин, Ж.А. Петрова, В.М. Пазюк // XIV Минский международный форум по тепло- и массообмену: тезисы докладов и сообщений 10 – 13 сентября 2012 г. – Минск: ММФ, 2012. – С. 608 – 611.

3. Петрова Ж.О. Створення енергоефективних теплотехнологій виробництва функціональних харчових порошків / Петрова Ж.О. // Докторська дисертація. – Київ: 2013.

4. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности – М.: Химия, 1987- 450с.

## **СУШАРКА ДЛЯ СУШІННЯ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ**

магістр Воронцов М.Є., проф. І.О. Мікульонок

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Одним із завдань створення ефективного сушильного обладнання є забезпечення в ньому потрібного теплового режиму. Особливо це стає актуальним для сушіння термочутливих матеріалів, наприклад, рослинної сировини для приготування харчових продуктів.

Потрібний тепловий режим процесу сушіння традиційно забезпечують за рахунок текучих теплоносіїв або електричних нагрівників. Проте такий підхід передбачає використання допоміжного обладнання, що не тільки збільшує вартість виготовлення обладнання, а і його експлуатації. Стабілізацію температури елементів технологічного обладнання, які взаємодіють з сипкими речовинами, можна забезпечити за рахунок виготовлення зазначених елементів з феромагнітних матеріалів, що мають температуру Кюрі, яка відповідає температурі перебігу технологічного процесу. Як відповідні феромагнітні матеріали можна застосовувати в першу чергу різноманітні бінарні та інші інтерметаліди з широким діапазоном температур Кюрі (від 20 °С до 800 °С і вище [1]). При цьому елементи обладнання можна виготовляти повністю із зазначених матеріалів, або передбачати наявність в їх конструкції відповідних складових (зазвичай знімних).

Авторами запропоновано сушарку [2], яка містить корпус 1 з розташовуваними в ньому обігрівними піддонами 2 для розміщення на них висушуваного матеріалу, а також патрубком 3 відведення утвореної під час сушіння пари. При цьому корпус 1 виконано з немагнітного матеріалу, ззовні корпуса 1 на ділянці розміщення піддонів змонтовано котушку індуктивності 4, а піддони 2 повністю або частково виконано з магнітного



**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
матеріалу з точкою Кюрі, що відповідає температурі перебігу процесу сушіння (Рисунок 1).

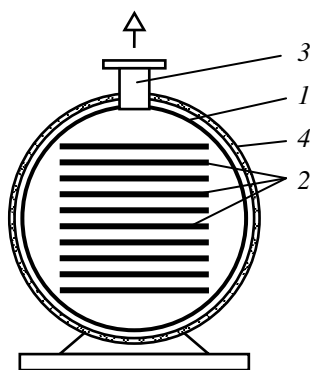


Рисунок 1. - Сушарка для сушіння сипких матеріалів [2]

Сушарка може працювати як вакуум-сушильна шафа або як сублімаційна сушарка. Матеріал, що підлягає сушінню, розташовують на піддонах 2, після чого їх розміщують один над одним у корпусі 1 сушарки. Після закриття дверцят корпусу котушку індуктивності 4 підключають до джерела електричного струму. Оскільки порожнистий корпус 1 виконано з немагнітного матеріалу, піддони 2 або їхні елементи внаслідок індукції нагріваються. Після досягнення ними температури, що відповідає точці Кюрі матеріалу піддонів 2 або їхніх елементів, вони втрачають магнітні властивості й перестають нагріватися. За подальшого охолодження вони знову набувають магнітних властивостей і знову починають нагріватися. У такий спосіб підтримується постійна температура піддонів 2 або їхніх елементів і відповідно висушуваного в сушарці матеріалу, яка дорівнює точці Кюрі матеріалу піддонів 2 або їхніх елементів. Волога, що виділяється з висушуваного матеріалу, у вигляді пари видаляється крізь патрубок 3.

#### **Перелік посилань:**

1. Физические величины : справочник / А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский [и др.]. — М. : Энергоатомиздат, 1991. — 1232 с.
2. Заявка u201313651 UA, МПК(2014.01) F26B 9/00. Сушарка / І. О. Мікульонок, М. Є. Воронцов. — № u201313651 (UA) ;

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ РОТОРНО-ПЛІВКОВОГО АПАРАТА З ВИСХІДНИМ ПОТОКОМ

магістрант Давидов А. С., к.т.н., доц. Зубрій О. Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Плівкові процеси набули широкого розповсюдження завдяки можливості обробки термолабільних речовин, незначному термічному опору, малому часу перебування продукту в апараті та інтенсивному перенесенню теплоти й маси. Проте досліджень гідродинаміки в роторно-плівкових апаратах (РПА) недостатньо, що не дозволяє виконати необхідні точні розрахунки. Основною вимогою для підвищення якості термолабільних речовин є забезпечення нерозривності плівки по всій поверхні нагріву. В роторних апаратах з падаючою плівкою є проблемою забезпечення нерозривної плівки, особливо при високій інтенсивності випаровування. Організація висхідного потоку в РПА дозволяє створити сприятливі умови для обробки термолабільних речовин. Одною з основних величин, що характеризує гідродинаміку плівкової течії є середня товщина плівки.

Дослідження середньої товщини плівки проводились на лабораторному РПА при висхідному потоку [1] методом миттєвої відсічки, а саме після виходу апарата на продуктивність  $U$ , м<sup>3</sup>/с при кутовій швидкості  $\omega$  рад/с одночасно зупиняли ротор та перекривали подачу в апарат. Об'єм  $V$ , м<sup>3</sup> який залишався в апараті, прийнято як об'єм, що знаходиться в плівці.

Середню товщину плівки визначено за формулою, м:

$$\delta_d = \frac{V}{2\pi R H},$$

де  $R$ ,  $H$  - радіус та висота робочої поверхні РПА відповідно, м.

Експериментально встановлено, що товщина плівки зростає при збільшенні подачі та зменшується при збільшенні кутової швидкості (Рисунок 1.) і може бути визначена за емпіричною залежністю:

$$\delta_p = 164 \left( \frac{V^2}{g} \right)^{\frac{1}{3}} \frac{Re^{0,41}}{Fr^{1,35}},$$

яка справедлива при  $10 < Re < 40$  та  $15 < Fr < 50$ .

Достовірність апроксимації склала 0,85.

Критерій Рейнольдса визначався за формулою:

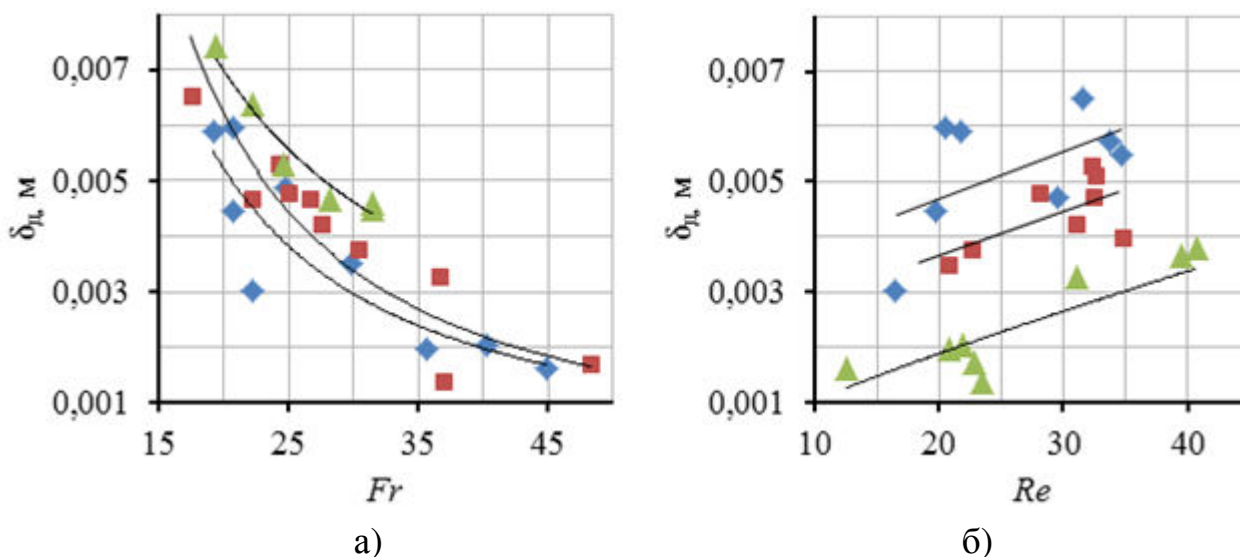
$$Re = \frac{4\delta W}{\nu} = \frac{4U}{2\pi R\nu},$$

де  $W$  – лінійна швидкість, м/с,  $\nu$  – кінематична в'язкість м<sup>2</sup>/с,

Критерій Фруда:

$$Fr = \omega^2 R / g,$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння, м<sup>2</sup>/с.



а)  $\blacklozenge Re=19$ ,  $\blacksquare Re=28$ ,  $\blacktriangle Re=36$ ; б)  $\blacklozenge Fr=20$ ,  $\blacksquare Fr=26$ ,  $\blacktriangle Fr=38$

Рисунок 1. Залежність товщини плівки від критеріїв

Отримані результати можуть бути використанні для попереднього розрахунку та подальшого дослідження роторно-плівкових апаратів з висхідною плівкою.

### Перелік посилань:

1. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. IV міжнародна научно-практична конференція «Іноваційні технології». Зубрій О. Г., Давидов А. С. «Дослідження роботи роторно-плівкового апарату з висхідним потоком»– Одеса: 2013. – Вип. 43. – Том 1, ст. 84-86.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВІДДАЧІ В РОТОРНО-ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ З ШАРНІРНИМ КРІПЛЕННЯМ ЛОПАТЕЙ

магістрант Давидов А. С., к.т.н., доц. Зубрій О. Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Плівкові процеси набули широкого розповсюдження завдяки незначному термічному опору, малому часу перебування продукту в апараті та інтенсивному перенесенню теплоти й маси. Проте досліджень з гідродинаміки, тепло- та масообміну в роторно-плівкових апаратах (РПА) ще недостатньо.

Інтенсивність теплообміну в тонких шарах визначається, зокрема щільністю зрошення й величиною турбулізації плівки. Рівномірність змочування поверхні нагрівання багато в чому залежить від частоти обертання ротора РПА. Модель течії плівки під дією лопаті, що обертається, передбачає наявність хвилі перед лопатями, в якій збирається рідина. Після лопаті залишається зона, в якій рідина переміщується у вигляді плівки змінної товщини, що має різну швидкість за периметром. За малої частоти обертання ротора плівка розподіляється нерівномірно. Збільшення лінійної швидкості руху лопаті ротора згладжує напливну хвилю рідини перед лопаттю, сприяючи рівномірному розподілові [1].

Дослідження проводили для випадку нагрівання води на лабораторній установці яка складається з роторно-плівкового випарника та конденсатора.

На коефіцієнт тепловіддачі в РПА найсуттєвіше впливають щільність зрошення і швидкість обертання ротора.

Результати досліджень узагальнено у вигляді залежності, яка описує тепловіддачу від стінки РПА до плівки рідини:

$$Nu_p = 1,7 \cdot 10^3 Pr^{0,33} Re_{пл}^{0,64} Re_{вц}^{-2} Fr^{1,42}$$

де  $Nu_d = \alpha(v^2/g)^{1/3}/\lambda$  - критерій Нуссельта;  $Pr = \nu\rho c/\lambda$  - критерій Прандтля;  $Re_{пл} = 4\Gamma/\nu$  - плівковий критерій Рейнольдса;  $Re_{вц} = nd^2/\nu$  -

**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
відцентровий критерій Рейнольдса;  $Fr = n^2 d / g$  - критерій Фруда;  $\alpha$  - коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup>К);  $\lambda$  - теплопровідність рідини, Вт/(м·К);  $\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості, м<sup>2</sup>/с;  $g$  - прискорення вільного падіння, м<sup>2</sup>/с;  $\rho$  - густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  - питома теплоємність рідини, Дж/(кг·К);  $n$  - швидкість обертання ротора, с<sup>-1</sup>;  $d$  - діаметр апарата, м;  $\Gamma$  - щільність зрошення, м<sup>2</sup>/(м·с).

Порівняння розрахункового числа  $Nu_p$  з  $Nu_d$  визначеним експериментально (Рисунок 1), свідчить про достатню збіжність результатів. Достовірність апроксимації склала 0,93.

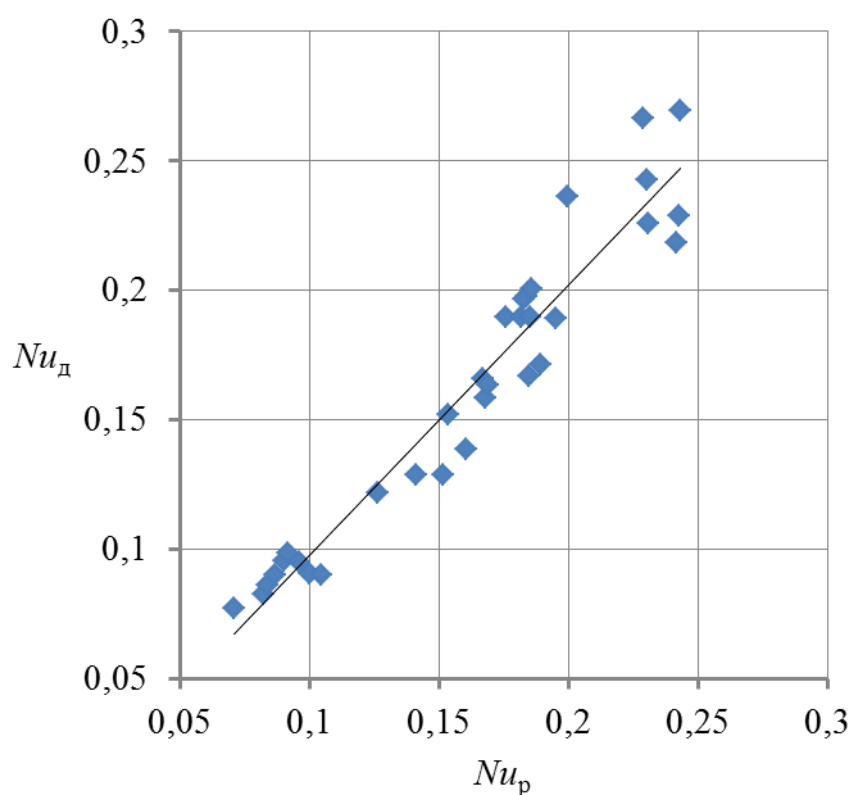


Рисунок 1- Визначення збіжності розрахункової величини.

Одержані результати можуть бути використані для подальших досліджень плівкової течії за неізотермічного руху рідини, а також для розрахунку роторно-плівкових апаратів.

**Перелік посилань:**

1. Воронцов Е. Г. Теплообмен в жидкостных пленках / Е. Г. Воронцов, Ю. М. Тананайко. – К. : Техника, 1972. – 196 с.

## **МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ГАЗУ В КАМЕРІ ГРАНУЛЯТОРА ПСЕВДОЗРІДЖЕНОГО ШАРУ**

магістрант Любека А.М., керівник д.т.н професор Корнієнко Я.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

До основних вимог сучасних гранульованих азотно-мінеральних добрив відноситься рівномірне розподілення мінеральних речовин та органічних мономерів по всьому об'ємі гранул.

У випадку одержання гуміново-мінеральних добрив, що містять лише 2% гумінових речовин, задовольнити ці вимоги можливо шляхом зневоднення полідисперсних розчинів у псевдозрідженому шарі .

При цьому вміст сухих речовин у композитному розчині не перевищує 50%. Одержання гранульованого продукту відбувається за рахунок масової кристалізації розчину на поверхні гранул та осадження на поверхні утворених мікрокристалів колоїдних частинок гумінових речовин. Це досягається за рахунок циркуляційного руху зернистого матеріалу в шарі який забезпечує відповідною організацією руху теплоносія-зріджувального агенту.

Для визначення впливу конструкції ГРП та камери установки на якісні параметри аеродинаміки в середовищі SolidWorks проведено моделювання. Схема робочої камери із ГРП щілинного типу приведена на Рисунок 1(а).

Основні технологічні зони в апараті є: I- зона інтенсивного тепло-масообміну, II– зона вертикального руху, III - зона низхідного потоку, IV– зона зрошення

Після проходження газу ГРП, потік попадає в зону інтенсивного тепло-масо обміну а,b,c,d зі зміною швидкості з 20 м/с до 11 м/с. В зоні направленою потоку в т. е, f відбувається низхідний потік газу від 6 до 0,9 м/с.

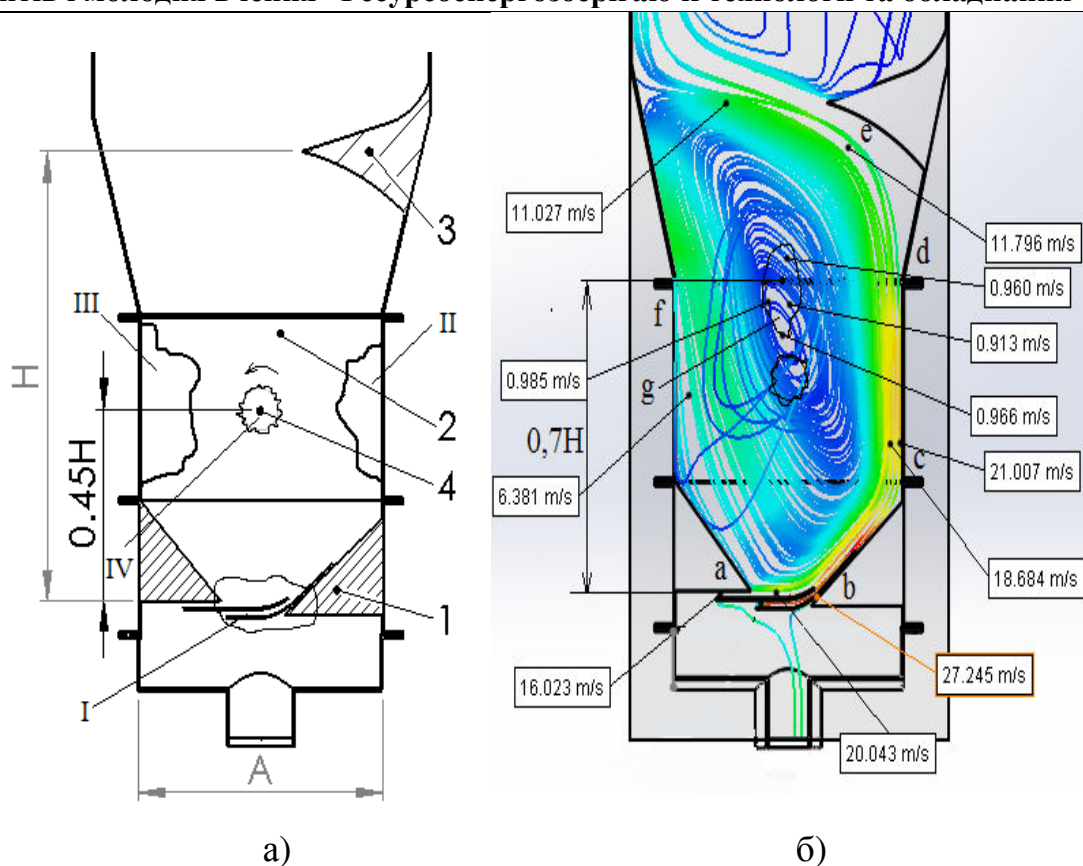


Рисунок 1 - Конструктивна схема апарату

а) 1-ГРП, 2-корпус апарату, 3-направляюча решітка, 4 – механічний диспергатор; б) Поля швидкостей теплоносія при  $W_p=1.93$  м/с,  $\Delta P_{грп} = 980$  Па

Аналізуючи схему теплоносія можна зробити висновок, що в центрі утворюється зона мінімальних швидкостей  $g$ . Це призводить до направлено об'ємного циркулювання в об'ємі шару. Зміна положення механічного диспергатора на  $0,7H$  дозволить в точці де швидкість потоку зменшується до  $0,8$  м/с порівнюючи зі швидкістю біля стінок  $6-21$  м/с суттєво збільшити інтенсивність перемішування. Планується подальше перевірення на експериментальній установці.

#### Перелік посилань:

1. Корнієнко Я.М., Технічні способи грануляції. Навч. Посібник. – К.:1997. – 128с.

## **ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ГІДРОСИЛКАТІВ**

магістрант Гапонюк М. М., к.т.н., доц. Собченко В. В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

Останнім часом зростає інтерес до можливості заміни органічних полімерних утеплювачів неорганічними піноматеріалами, що поєднують низьку теплопровідність з термостійкістю і негорючістю. Серед них доволі перспективними є гідросилікатні піноматеріали (ГСПМ), що отримуються шляхом термічного або холодного спучування водних розчинів силікатів лужних металів або твердих лужно-силікатних гідрогелів. До основних переваг ГСПМ, в порівнянні з іншими неорганічними утеплювачами, відносяться можливість досягнення дуже низьких значень насипної щільності та водостійкості: до  $60 \text{ кг/м}^3$  і  $0,03 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ . [1]

На розповсюдженість технологічної лінії виробництва ГСПМ впливають колоїдна природа рідких силікатів, яка серйозно ускладнює технологію виробництва, що пов'язана з такими явищами, як: підвищена в'язкість і можливість передчасного загусання сировинної маси, повільна сушка гідрогелю і т. д. Нарешті, загальним недоліком усіх ГСПМ є недостатня хімічна стійкість, передусім по відношенню до води і лужних розчинів. Проте відомі способи подолання цих недоліків, що дозволяє сподіватися на значне розширення виробництва ГСПМ в найближчому майбутньому.

Усі модифікації діоксиду силіцію, а також більшість силіцієвих кислот та їх солей відносяться до неорганічних полімерів, пов'язаних за допомогою силікоксанового зв'язку. В ході отримання утеплювачів на основі рідкого силікату обов'язковими стадіями є термічна дегідратація (сушка) та спучування (основний процес). Обидва ці процеси, враховуючи ступінь полімеризації рідкого силікату і безводних силікатів лужних



**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
металів, мають бути пов'язані з поліконденсацією силіцій-оксигенових аніонів.[2]

Дослідження показали, що високомодульні натрієві і калієві гідрогелі у міру підвищення температури термообробки наближаються по структурі до відповідних загартованих силікатів, отриманих з розплаву, але не співпадають. Крім того, вони більш схильні до фазового поділу.

Переваги ГСПМ серед інших неорганічних утеплювачів роблять їх кращими при теплоізоляції трубопроводів, котеджів та ін. Подальший розвиток технології ГСПМ пов'язаний з здешевленням сировини і способу отримання, поліпшенням властивостей кінцевого продукту (підвищенням водо- і паростійкості, зменшенням крихкості стінок пор, підвищенням доли закритої пористості та ін.).

Одним з шляхів, що одночасно дозволить вирішити запитання підвищення якості – підвищення доли закритої пористості і, як наслідок, підвищення водостійкості, а також знизити енергозатрати на його виробництво, є попередня термообробка при більш низьких температурах, ніж основна. Теплотою для попередньої термобробки може бути утилізована теплота високотемпературної обробки основного процесу – спучування.

Результати досліджень у вказаному напрямку сприятимуть розширенню виробництва і галузей практичного використання гідросилікатних теплоізоляційних матеріалів.

### **Перелік посилань:**

1.Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Кочевих М.О. Заповнювачі для бетону: Підручник. - К.: ФАДА, ЛТД, 2001,- 399 с.: іл. - Бібліогр.: с.379-386.

2. Малявский Н. И. Щелочносиликатные утеплители. Свойства и химические основы производства / Журнал Российского химического общества им. Д. И. Менделеева, т. XLVII, № 4 - М., 2003 – с. 39-45.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ ГУМАТИВ З БУРОГО ВУГІЛЛЯ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Виробництво мінеральних добрив потребує значних затрат енергії та ресурсів. Добрива ефективні тільки тоді, коли вартість врожаю значно перевищує вартість витрачених добрив на його інтенсифікацію[1]. Саме тому, розробка та дослідження відповідної технології вилучення гумусної складової з бурого вугілля є особливо актуальною в наш час.

На даному етапі було досліджено мікроструктуру шару після центрифугування розчину ( $NaOH$  ( 1,5; 2,5; 4; 6,25; 7,5%)+буре вугілля+  $H_2O$  ). Зразки розглядалися при ізотермічній кристалізації та при вибраній в попередніх дослідах оптимальній температурі сушіння 100 °С, а також при різних концентраціях  $NaOH$ .

Встановлено, що з підвищенням концентрації  $NaOH$  в розчині, спостерігається збільшення питомої чисельності частинок та їх розміру. Проте, при концентрації  $NaOH$  7,5%, кількість частинок в розчині зростає не значно

Досліди проводилися за за методикою, розробленою в [2] .

За результатами досліджень структури екстракту бурого вугілля при різних концентраціях складових після 2, 6, 12, 24, 48, 72, 90 годин екстрагування, побудовано залежність концентрації гуматів від часу екстрагування (Рисунок1).

Параметром оптимізації вибираємо коефіцієнт вилучення  $\Psi$  , який визначається:

$$\Psi = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де  $m_1$  – маса сухої суміші до екстрагування, г;

де  $m_2$  – маса сухої суміші після екстрагування, г;

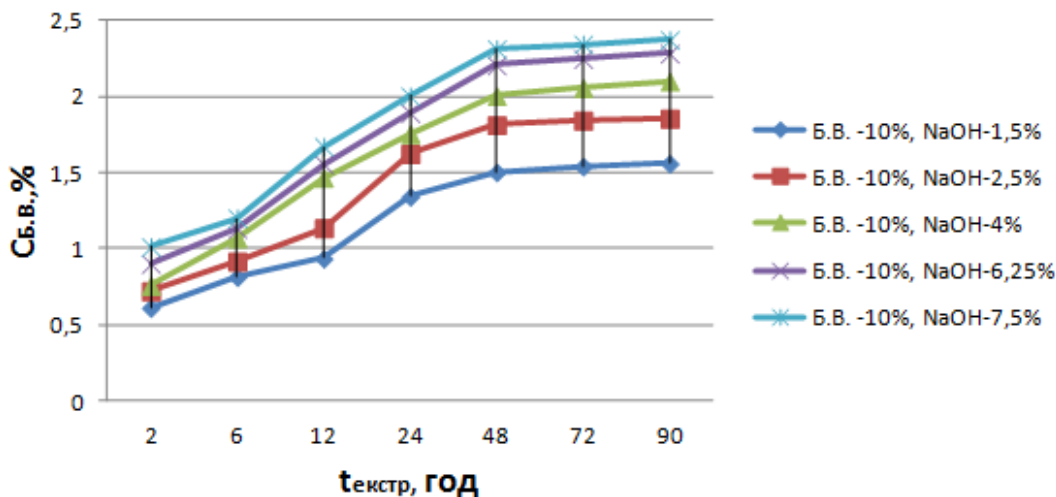


Рисунок 1 - Залежності концентрації гуматів від часу екстрагування

На основі повного факторного експерименту були визначені значущі коефіцієнти рівняння регресії:

$$\Psi = 0,98x_0 - 0,004x_1 + 0,0023x_2 + 0,0055x_3 - 0,0015x_1x_2 + 0,0023x_1x_3 - 0,001x_2x_3 \quad (2)$$

Адекватність отриманої моделі перевірялася за критерієм Фішера. Значення розрахованого параметра  $F = 1,93$  є меншим від критичного  $F_{\text{кр}} = 3,24$ , тобто виконується умова  $F \leq F_{\text{кр}}$ , що підтверджує адекватність математичної моделі.

#### **Перелік посилань:**

1. Аксельруд Г. А. Экстрагирование ( система твердое тело - жидкость): учеб, пособие./ Г. А. Аксельруд, В. М. Лысянский.-Л.: "Химия", 1974. - 256 стр.

2. Степанюк А.Р. «Модельовання процесу екстракції гуматів з бурого вугілля»/ А.Р. Степанюк, А.Ю. Сапон, Ю.А. Тишко// Одеська національна академія харчових технологій. «Наукові праці», випуск № 43, том 1, - 2013 р, с. 52-54.

## **РЕСУРСО-ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ПРОЦЕС ДОЗУВАННЯ В КАСКАДНОМУ ДИСКОВО-ШЕСТЕРЕННОМУ ЕКСТРУДЕРІ**

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

У випадку, коли необхідно забезпечити підвищену пластикацію та змішування, введення добавок, наповнення, фарбування, переробку композиційних матеріалів, вакуумування чи гнучкість в управлінні процесом переробки, використовуються каскадні схеми екструзії, де процес розділено на окремі операції з автономним керуванням [1].

На першій стадії все частіше використовується дисковий екструдер який працює в «голодному» режимі, забезпечуючи кероване інтенсивне плавлення й змішування в зоні завантаження й пластикації завдяки можливості змінення частоти обертання черв'ячно-дискової частини, а також кероване змішування в дисковій зоні завдяки можливості змінення робочого зазору без зміни продуктивності [2]. Дисковий екструдер має просту конструкцію і низькі питомі енергетичні показники, але не створює достатнього і стабільного тиску, що призводить до пульсації продуктивності [3]. Для подолання цих недоліків перед формуючою головкою встановлюють шестеренний насос, який завдяки жорсткій напірній характеристиці запобігає пульсації тиску та продуктивності, що дозволяє зменшити перевитрати сировини та енергії до 2 % [2,4].

На виході з шестеренного насосу частина розплаву відхиляється від основного потоку і повертається через зазори між шестернями і корпусом в зону низького тиску, змащуючи поверхні тертя. Якщо змащення відсутнє «сухе тертя» ( яке може виникнути через високу в'язкість розплаву, малу величину зазорів між поверхнями тертя або ж високу швидкість обертання шестерень ), то такий режим роботи насоса –

**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"** неприйнятний. На практиці величина зазорів шестеренного насосу складає 30-60 мкм, а в'язкість розплаву для різних матеріалів змінюється від 200 до 5000 Па·с і по цих параметрах визначається відповідна швидкість обертання шестерень. Таким чином фактична продуктивність шестеренного насосу залежить від частоти обертання шестерень, максимальне значення, якої залежить від роду матеріалу та перепаду тиску на вході і виході з насосу [5].

В результаті дослідження використання шестеренних насосів в каскадних схемах екструзії спостерігається збільшення продуктивності до 50%, скорочення протічечі більш ніж на 50 %, зниження пульсацій тиску в 5-10 разів, що дає зменшення затрат сировини та енергії, а також підвищення точності виготовлення кінцевого продукту за рахунок зменшення допусків на товщину [6].

Таким чином використання шестеренних насосів в каскадних схемах екструзії має високий ресурсо-енергозберігаючий ефект.

#### **Перелік посилань:**

1. Швед М.П., Швед Д.М., Резнік Р.Ю., «Визначення потужності в завантажувально - пластифікуючій зоні дискового екструдера»./ Східно – Європейський журнал передових технологій, Том 2 №7(62) // 2013.- с.26-29.
2. Корнієнко Я. М., Кузьміна В. О., Швед М. П., Швед Д. М., «Високоточне ресурсоощадне екструдювання полімерів », Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. Випуск №1, 2011.
3. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров. – М.: Химия, КолосС, 2005. – 568 с.
4. Сайт «Кронштадт» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.kron.spb.ru>
5. Сайт «Полимер Инжиниринг» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://pi.com.ua/>
6. Сайт «Dover Corporation» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.psgdover.com>

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ КРИСТАЛІЧНО-АМОРФНИХ СТРУКТУР ПРИ ПЕРЕРОБЦІ РОЗЧИНІВ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК**

магістрант Слободянюк К.С., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"

На території України зосереджено до 8% світових запасів чорноземів та інших родючих земель, що може стати житницею не тільки європейської спільноти, а зробити вагомий внесок у вирішення світової продовольчої проблеми. Серед комплексних заходів, спрямованих на вирішення проблеми забезпечення власних продовольчих потреб України, важливе місце займає створення нового покоління органо-мінеральних добрив [1].

Розробка теоретичних засад процесу утворення кристалічно-аморфних структур при переробці розчинів сульфату амонію з підвищеним вмістом органічних сполук – є актуальною [2].

Сульфат амонію (сірчано-кислий амоній) - ефективне азотне добриво. Воно забезпечує значний приріст врожаю чаю, жита, картоплі, бавовни, рису, вівсу, цукрового буряку. З успіхом конкурує з кращими азотними добривами. Крім азоту має в своєму складі сірку - необхідний елемент живлення сільськогосподарських культур. Містить 20,8-21% азоту в амонійній формі і до 24% сірки. На рисунку 1 зображено кристал з вмістом сульфату амонію(20%) і води(30%) [4].



Рисунок 1 – Кристал чистого сульфату амонію і води

Показник, який характеризує сумарний вміст у воді органічних речовин за кількістю витраченого на окиснення хімічно зв'язаного кисню, називається хімічним споживанням кисню. Результати визначення окиснення виражаються в міліграмах спожитого кисню на 1 л води. На рисунку 2 зображено сульфат амонію з вмістом ХСК[3].



Рисунок 2 – Сульфат амонію з вмістом ХСК

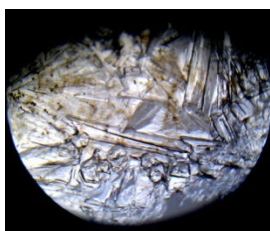
Теоретичним значенням ХСК називають кількість кисню (чи окисника в перерахунку на кисень в мг/л, необхідного для повного окиснення органічних речовин, що містяться в пробі.

Значення теоретично ХСК представлені в таблиці 1.

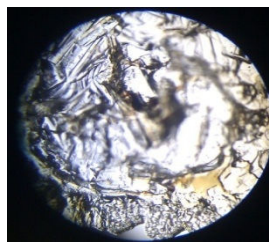
Соединение	ХПК <sub>теор</sub> , мгО/л
Щавелевая кислота	0,18
Синильная кислота	0,59
Гликоколь	0,64
Глюкоза	1,07
Уксусная кислота	1,07
Сахароза	1,12
Масляная кислота	1,82
Этанол	2,09
Додецилбензоат натрия	2,34
Фенол	2,38
Бутанол	2,59

Таблиця 1 – Значення теоретичного ХСК

Гумат калію є продуктивним регулятором росту рослин. Має 100% розчинність, включає більш ніж 80% солей гумінових кислот, макро- і мікроелементи. Гумат калію володіє високою біологічною активністю [4]. На рисунку а показано кристал розчиненого сульфату амонію з гуматом калію, а на рисунку б – розчинений сульфат амонію з ХСК та гуматом калію.



а)



б)

Під час дослідження утворення кристалічно – аморфних структур сульфату амонію спостерігалось утворення вищих кристалів сульфату амонію з додаванням ХСК і гумату калію.

#### **Перелік посилань:**

1. Корнієнко Я.М. «Дослідження процесів утворення комплексних кристалічно – аморфних структур з промислових відходів для захисту та екобезпечного розвитку довкілля» НТУУ «КПІ», 2009р;
2. <http://ua.buymore.pro>;
3. <http://www.anchem.ru/literature/books/muraviev/027.asp>;
4. <http://www.anchem.ru>.

## ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ ОБЕРТІВ В ШЕСТЕРЕННОМУ НАСОСІ ПРИ ПЕРЕКАЧУВАННІ ВИСОКОВ'ЯЗКИХ РІДИН

к. т. н., доц. Швед М.П., магістрантка Плешко О.В., інженер Швед Д.М.  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"

Останнім часом об'ємні насоси шестеренного типу знаходять все ширше застосування в установках для переробки полімерних матеріалів, дякуючи ряду переваг в порівнянні з черв'ячними насосами. Основними перевагами насосів цього типу є високий ККД, точність та стабільність дозування, конструктивна простота та надійність [1].

Шестеренний насос в складі каскадних комбінованих екструдерів працює наступним чином. Підготовлений розплав, створений одночервячним чи дисковим екструдером, під тиском  $P_1$  (3–5 МПа) заповнює міжзубні впадини шестерень і переноситься ними в зону високого тиску  $P_2$  (15–25 МПа), де ділиться на два потоки: перший потік поступає в формувальну головку, а другий за рахунок перепаду тисків  $\Delta P = P_2 - P_1$  через зазори в шестеренному насосі, змащуючи поверхні тертя, повертається в зону низького тиску, або на вихід насосу.

Тоді продуктивність шестеренного насосу може бути розрахована за формулою:

$$Q_{\phi} = Q_T - Q_{вт} \quad (1)$$

де  $Q_{\phi}$  – фактична продуктивність;  $Q_T$  – теоретична продуктивність, розрахована на основі теорії зубчатого зачеплення;  $Q_{вт}$  – втрати продуктивності в зазорах шестеренного насоса.

В шестеренному насосі з нормальним боковим зазором при повному використанні защемленого об'єму для розплаву полімерів може бути використана формула [2]:

$$Q_T = 2\pi b n (R_s^2 - R^2 - \frac{t_0^2}{12}) \quad (2)$$

де  $b$  – ширина шестерні;  $R_s$  – радіус кола виступів шестерні;  $R$  – радіус основного кола;  $t_0$  – крок зачеплення зубів по основному колу;  $n$  – частота обертання шестерень.

Припускаючи, що всі зазори в шестеренному насосі – це плоско паралельні щілини, в яких висота набагато менша за ширину, а одна з поверхонь рухається відносно іншої, то тоді об'ємні витрати в зазорах шестеренного насосу можуть бути визначені:



$$Q_{\text{вт}} = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{P_1 - P_2}{12\mu_i L_i} b h_i^3 \pm \frac{U_i b_i h_i}{2} \right] \quad (3)$$

де:  $U_i$  – швидкість рухомої поверхні в  $i$ -му зазорі;  $b_i$  – ширина  $i$ -го зазору;  $h_i$  – висота  $i$ -го зазору;  $\mu_i$  – неньютонівська в'язкість в  $i$ -му зазорі, що залежить від швидкості зсуву;  $P_1, P_2$  – тиски на вході і на виході насоса, відповідно;  $L_i$  – середня довжина  $i$ -го зазору.

Перша складова рівняння визначає рух розплаву за рахунок перепаду тисків на вході і на виході з насоса, друга складова – це рух рідини в протилежному напрямі за рахунок її прилипання до рухомої поверхні.

Швидкість рухомої поверхні відносно нерухомої не повинна перевищувати деяку критичну швидкість рухомої поверхні.

Ця швидкість визначається за умови:

$$\frac{P_1 - P_2}{12\mu_i L_i} b h_i^3 = \frac{U_i b_i h_i}{2} \quad (4)$$

тоді критична швидкість для  $i$ -го зазору:

$$U_{\text{кр}} = \frac{\Delta P h_i^2}{6\mu L_i} \quad (5)$$

Приймаючи до уваги, що висота  $h$  всіх зазорів вибирається однакою, а найбільша швидкість буде в радіальних зазорах, тобто на радіусі кола виступів шестерні, а також те, що

$$U = 2\pi R_{\text{в}} n \quad (6)$$

то критична частота обертання шестерень насоса буде визначатись:

$$n_{\text{кр}} = \frac{\Delta P h^2}{12\pi R_{\text{в}} \mu L} \quad (7)$$

Таким чином фактична продуктивність шестеренного насоса визначається із залежностей (1-3), із яких видно, що вона залежить від геометричних розмірів насоса, висоти зазорів та частоти обертання, максимальне значення якої, з урахуванням гарантованого змащення та заповнення міжзубного простору, визначається рівнянням (7).

### Перелік посилань

1. Раувендааль К. Выявление и устранение проблем в экструзии/К. Раувендааль, М. д. Пилар Норьега Е., Х. Харрис; Пер. с англ, под ред. В.П.Володина– СПб.: Профессия, 2008.– 328 стр., ил.

2. Рыбкин Е.А., Усов А.А. Шестеренные насосы для металлорежущих станков. - издательство «Машиностроение», 1960г.

УДК 678.057

## **ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНО ЕКСТРУДЕРА З ШЕСТЕРЕННИМ НАСОСОМ**

магістрант Степанюк Д.А., доц., к.т.н. Швед М.П., інж. Швед Д.М.  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

На сьогоднішній день розширюється асортимент полімерних матеріалів. Суттєве збільшення їхнього виробництва потребує створення високопродуктивного та ресурсоенергоощадного обладнання для їх переробки у найрізноманітніші вироби. Найбільш ефективним є екструзійне обладнання, серед якого найчастіше використовуються одночерв'ячні екструдери [1].

Для отримання виробів високої якості необхідно, щоб робота екструдера і процеси, які проходять в ньому, були стабільними і протікали в оптимальному режимі. Однак, практично це важко реалізується через ряд факторів від яких залежать продуктивність екструдера і якість екструдата [2].

Основна задача аналізу відомих схем екструзійних установок полягає у підвищенні продуктивності обладнання при високій якості виробів та при низьких питомих енергозатрат на виробництво.

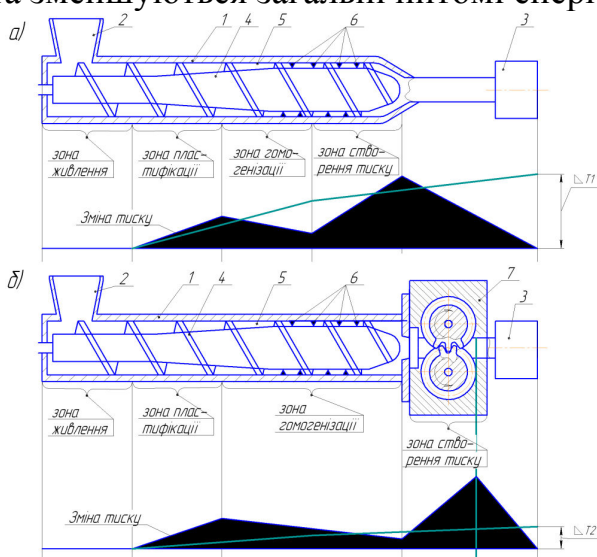
Важливою проблемою при екструзії полімерів є пульсація тиску, яка призводить до перевитрати сировини і в більшості черв'ячних екструдерів може сягати 5-8%. Для усунення нестабільності в роботі екструдера змінюють геометрію та конструкцію шнека, модернізують систему керування приводом. Особливі вимоги висуваються до тягнучого пристрою та системи керування температурою. Всі ці засоби вимагають значних капіталовкладень та лише частково вирішують вищезгадану проблему [3].

Іншим шляхом вирішення проблем пульсації тиску, перевитрати сировини й енергії є встановлення дозуючого шестеренного насосу який має жорстку напірну характеристику, і використання якого дозволяє заощаджувати ресурси [4]. Попередні дослідження показали, що в цьому випадку передозування не перевищує 1...2%, а середня температура розплаву полімеру зменшується на  $\Delta T = 8...15^{\circ}\text{C}$ , що дозволяє скоротити тривалість екструзії та питомі витрати енергії [5].

Завдяки тому, що шестеренний насос не просто перекачує розплав полімеру, а й створює та стабілізує необхідний тиск для проходження розплаву через головку екструдера, то робота самого екструдера тепер спрямована тільки на розплавлення та гомогенізацію полімеру, що є перевагою в використанні черв'ячно екструдера з шестеренним насосом.

При використанні шестеренного насосу черв'як потребує удосконалень для роботи в нових умовах. В першу чергу відбудуться зміни

геометрії, таких як глибина нарізки, крок нарізки, щоб на виході створювався тиск 3–5 МПа. Також добавляється змішуючий елемент, який покращує перемішування полімеру в екструдері. На рисунку 1 наведені зміни тиску та температури по зонах екструдера у вигляді порівняльних характеристик з яких видно, що використання шестеренного насоса між черв'ячним екструдером і формуючим інструментом дозволяє збільшити зону гомогенізації, та знизити температурне навантаження на розплав, підвищуючи його якість. Попередні дослідження показали, що після встановлення шестеренного насоса, коливання тиску та продуктивності в системі практично повністю згладжуються і стабілізуються, зростає продуктивність, вирівнюється температурна однорідність розплаву, значно знижується можливість місцевого перегрівання розплаву, економиться вихідна сировина та зменшуються загальні питомі енерговитрати.



а – схема черв'ячного екструдера;

б – схема черв'ячно-шестеренного екструдера

1 – корпус; 2 – завантажувальний отвір;

3 – формуючий інструмент; 4 – черв'як;

5 – робочий канал; 6 – змішуючий елемент; 7 – шестеренний насос.

Рисунок 1 – Зміна тиску та температури по зонах в екструдері

#### Перелік посилань:

1. Сайт Bronto [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://bronto.ua/ru/products/category/1Extruders.html>

2. Раувендааль К. Экструзия полимеров / К. Раувендааль, М. д. ПиларНорьєга Е., Х. Харрис; Пер. с англ, под ред. В. П. Володина–СПб.: Профессия, 2008. – 850 стр.

3. Раувендааль К. Выявление и устранение проблем в экструзии / К. Раувендааль, М. д. ПиларНорьєга Е., Х. Харрис; Пер. с англ, под ред. В. П. Володина–СПб.: Профессия, 2008. – 328 стр.

4. Сайт Oerlikon [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.oerlikon.com>.

5. Швед М. П., Швед Д. М., Петренко О. В. Використання каскадних схем і дозуючих шестеренних насосів в екструзії полімерів. Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження/ Випуск №1 — 2012р

## АНАЛІЗ ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ МЕТАЛЕВИХ ДИМОВИХ ТРУБ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ

д.т.н., проф., чл.-кор НАН України Фіалко Н.М., ст.н.співр. Шевчук С.І.

Інститут технічної теплофізики НАН України

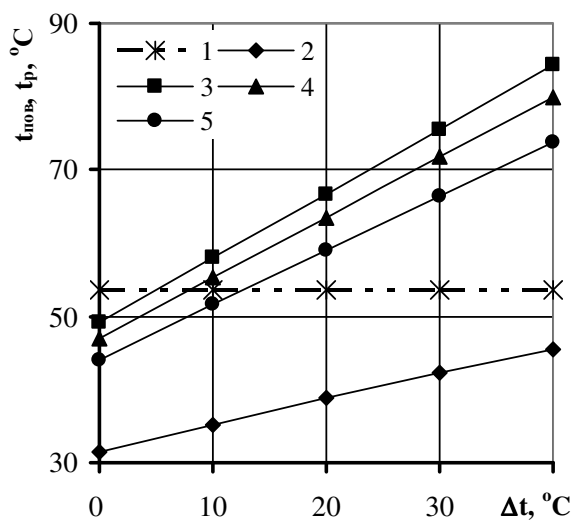
Однією з нагальних проблем при підвищенні енергоефективності теплогенеруючих об'єктів є низький термін служби димових труб через конденсатоутворення на їхній внутрішній поверхні при застосуванні теплоутилізаційних технологій. Важливим напрямом подовження ресурсу експлуатації димових труб є використання теплових методів їхнього захисту, а саме: удосконалення теплоізоляційних характеристик димових каналів та застосування заходів, спрямованих на зменшення вологості димових газів перед їхнім надходженням до цих каналів. До таких заходів, зокрема, належать: байпасування частини димових газів повз теплоутилізатор та підсушування цих газів у газопідігрівачі.

В даній роботі наведено результати досліджень щодо використання в теплоутилізаційних установках комплексу теплових методів захисту газовідвідних трактів, а саме: підсушування відхідних газів шляхом їхнього підігрівання у поверхневому теплообміннику (газопідігрівачі) та теплоізоляції димової труби.

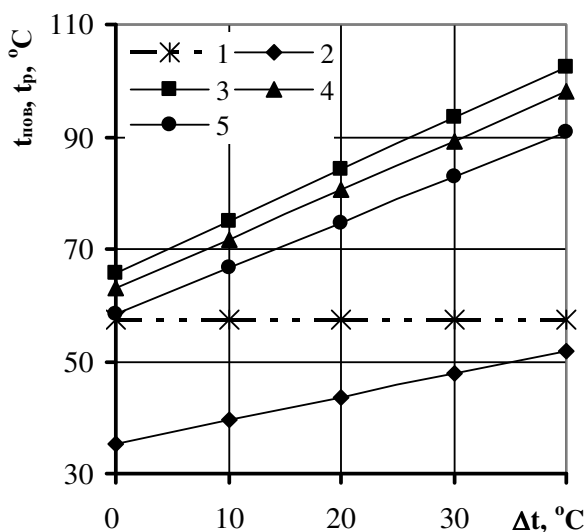
На рисунку 1 наведено результати розрахункових досліджень щодо температур внутрішньої поверхні устя димової труби  $t_{\text{пов}}$  та точки роси димових газів  $t_p$  залежно від рівня підігрівання газів  $\Delta t$  для різних типів зовнішньої теплоізоляції. Розрахунки виконувались для котелень комунальної теплоенергетики у разі застосування теплоутилізаційного обладнання для нагріву зворотної тепломережної води.

Отримані дані свідчать, що запобігання конденсатоутворенню в димовій трубі забезпечується застосуванням її зовнішньої теплоізоляції та

**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
 підсушування димових газів після теплоутилізатора в газопідігрівачі; при цьому необхідний рівень підігріву димових газів не перевищує 12 °С.



а)



б)

Рисунок 1. Залежність температури внутрішньої поверхні  $t_{пов}$  в усті металеві димові труби (2-5) і точки роси  $t_p$  (1) від величини  $\Delta t$  для температури відхідних газів у номінальному режимі  $t_{гн} = 160^\circ\text{C}$  з використанням теплоізоляції з різним коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda$  (3-5) та без ізоляції (2) для різних температур навколишнього середовища  $t_{нс}$ :  
 3 –  $\lambda = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ; 4 – 0,049; 5 – 0,065;  
 а)  $t_{нс} = -10^\circ\text{C}$ ; б)  $t_{нс} = 10^\circ\text{C}$ .

**СЕКЦІЯ 2  
«КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ  
БІОХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

## **РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРІЇ ВІБРОЕКСТРУДЕРА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛИТ ПОКРИТТЯ**

к.т.н., доц. Л.Г. Воронін, к.т.н., доц. І.А. Андреев,

магістрант Д.Ю. Шмельова

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

Дисперсне армування бетону грубими базальтовими волокнами дозволяє застосовувати фібробетонні плити покриття при будівництві промислових будов замість їх залізобетонних аналогів. Але, після термовологої обробки на деяких плитах у тонкій стінці виявлялися пошкодження, які можна пояснити меншою швидкістю віброекструзії в цьому місці [1]. Тому було запропоновано живий переріз роздавального вікна в місцях, де формуються ребра і торцеві стовщені частини стінки плит виконувати зменшеними порівняно з відповідними ділянками поперечного перерізу плит покриття. При цьому необхідно було забезпечити однакову продуктивність ділянок роздавального вікна, де формуються ребра, торцеві стовщені частини стінки і стінка плит покриття, що припадають на одиницю відповідних площ поперечного перерізу виробів, які формуються.

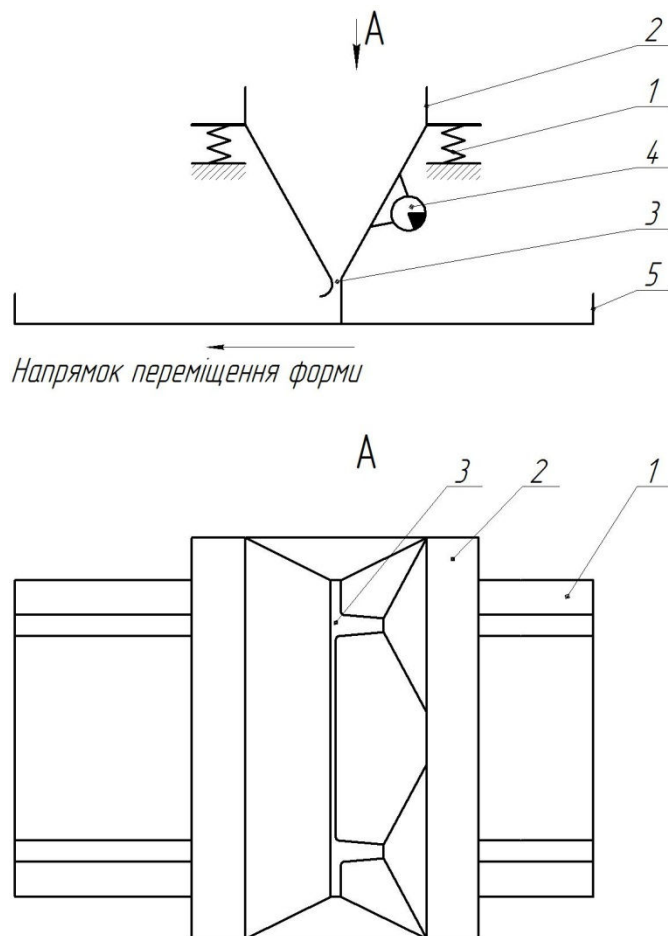
Геометрія каналу віброекструдера була визначена в результаті вирішення рівняння Нав'є-Стокса методом скінчених різниць. Крайові умови задачі були встановлені з припущення про нерухомість рідини біля стінок каналу. При цьому вважалось, що фібробетонна суміш у вібраційному полі являє собою псевдоньютонівську систему, а плин – ізотермічний і ламінарний.

За результатами виконаних досліджень була подана заявка на патент України. Сутність корисної моделі пояснюється кресленнями, на яких зображено віброекструдер, що пропонується (Рисунок).

Віброекструдер для формування фібробетонних плит покриття,

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

містить змонтований на пружних опорах 1 бункер 2 з похилими стінками, які своїми нижніми ділянками утворюють роздавальне вікно 3 і закріплений на бункері 2 збудник коливань 4. Живий переріз роздавального вікна 3 звужений (порівняно з поперечним перерізом виробів) в місцях, де формуються ребра і торцеві стовщені частини стінки плит покриття. Віброкструдер встановлено над формою 5.



1 – пружні опори; 2 – бункер; 3 – роздавальне вікно;  
4 – збудник коливань; 5 – форма.

Рисунок 1 – Віброкструдер для формування фібробетонних плит покриття

**Перелік посилань:**

1. *Андреєв І.А.* Виготовлення фібробетонних плит покриття / *І.А.Андреєв, Д.Ю.Шмельова* // Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання: V міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених (Київ, 20-23 листопада 2013 р.): тез. допов. – 2013.– С. 33-34.



## ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ НЕЙТРАЛІЗАЦІЙ У РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ

магістрант Яроцький С.М., ст. викладач, к.т.н. Целень Б.Я.

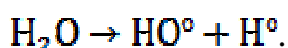
Інститут технічної теплофізики НАН України,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Використання роторно-пульсаційних апаратів (РПА) спеціальної конструкції для обробки водних розчинів здатне при певних умовах ініціювати перебіг складних фізико-хімічних процесів, що в кінцевому результаті вплинуть на фізичні та хімічні властивості води. Однак, цей напрямок потребує більш поглибленого вивчення.

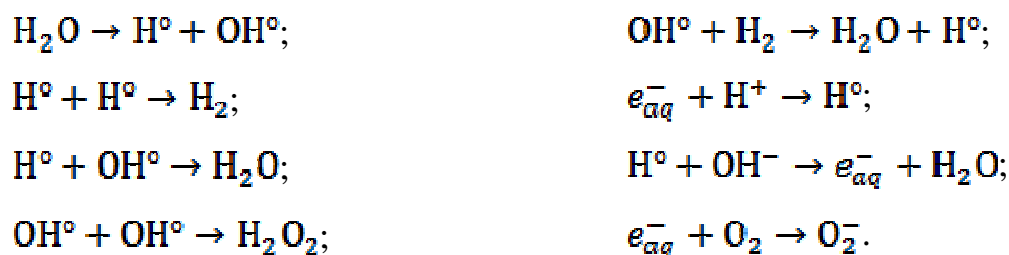
Модель фізико-хімічних процесів, що відбуваються в кавітаційній бульбашці і прилеглому до неї об'ємі рідини, наводиться в такому вигляді. У кавітаційну порожнину можуть проникати пари води, розчинені гази, а також речовини з високою пружністю пари і не можуть проникати іони або молекули нелетких розчинених речовин. Газоподібні молекули води руйнуються як при піролізі, утворюючи радикальні високоактивні частинки, а також гідроксильні радикали [1]:



Кавітаційні явища супроводжуються високими локальними (на мікроскопічному рівні) температурами і тисками в рідині (4000÷5000 К і 0,2÷0,5 МПа), в результаті чого також можуть утворюватись радикали. Наявність радикалів у воді можна визначити за допомогою таких методів аналізу як метод спінових пасток та хемілюмінесцентний метод.

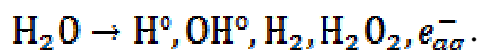
Раніше вважалось, що первинні радикальні продукти розщеплення води при дії кавітації одні і ті ж –  $\text{H}^\bullet$  і  $\text{OH}^\bullet$ . Проте численні дослідження радіаційно-хімічних реакцій привели до відкриття нової активної частинки – гідратованого електрона  $e_{\text{aq}}^-$ . Виникає питання: чи не утворюються гідратовані електрони і при кавітації, і як це може вплинути на рівень рН.

Молекули води і розчинений в ній газ під дією кавітації піддаються наступним перетворенням [2]:



Утворені хімічно-активні радикали після розщеплення молекули води взаємодіють з іншими компонентами розчину змінюючи його властивості. Швидкість і напрямок хімічних реакцій значною мірою залежать від природи газоподібних речовин, що містяться в розчині або утворюються як побічні продукти реакції.

Сумарну схему кавітаційного розщеплення молекули води наводять в наступному вигляді:



Активні частинки, що виникають в системі, після переходу в розчин піддаються сольватації і реагують з розчиненими речовинами. На цій стадії, коли здійснюються непрямі дії акустичних коливань, на хід процесу можуть впливати практично тільки хімічно активні гази –  $\text{O}_2$  і  $\text{H}_2$ .

Зрештою, вплив кавітації на водні розчини зводиться до єдиного процесу – розщеплення молекул води в кавітаційних бульбашках. Незалежно від природи розчинених речовин, кавітація діє на одну речовину – на воду, що призводить до зміни її фізико-хімічних властивостей: підвищується рН і електропровідність води, концентрація вільних іонів і активних радикалів, структуризація і активація молекул.

### **Перелік посилань:**

1. Мокрый Е.Н., Старчевский В.Л. Ультразвук в процессах окисления органических соединений. – Львов: Вища шк. Изд-во при Львовском ун-те, 1987. – 120 с.

2. Роменский А.В., Казаков В.В., Гринь Г.И и др. Ультразвук в гетерогенном катализе – Х.: Северодонецк, 2006. – 270 с.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИСПЕРГУВАННЯ РІДКОЇ ФАЗИ В ПСЕВДОЗРІДЖЕНИЙ ШАР

проф., д.т.н. Корнієнко Я.М., магістранти Семененко Д.С., Гайдай С.С.,  
інженер III кат. Мартинюк О.В.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

На ефективність процесу гранулоутворення суттєво впливають спосіб введення та розподіл рідкої фази у псевдозрідженому шарі.

Метою досліджень є підвищення ефективності процесу гранулоутворення гуміново-азотно-кальцієвих твердих композитів із заданими властивостями шляхом покращення якості диспергування гетерогенної системи механічним диспергатором.

Якість диспергування визначається умовами:

1. Максимальний розмір крапель  $d_{кр} \leq \Delta V$ ;

$$\Delta V = \frac{\pi d_k^3}{6} - \frac{\pi d_n^3}{6}; \quad d_k = d_n + 2\delta.$$

де  $\Delta V$  – об'єм плівки, що утримується на поверхні гранули;  $d_n$  – діаметр гранули до зволоження;  $d_k$  – діаметр гранули після зволоження;  $\delta$  – товщина плівки.

Якщо прийняти  $\delta = 10 \cdot 10^{-6}$  м, то необхідний розмір краплі буде знаходитися в межах  $d_{кр} = 0,642$  мм.

2. Для того, щоб запобігти утворенню агломератів необхідно розподілити рідку фазу  $Q$  на  $Q_1$  – кількість рідини, що виходить через крайку диспергатора, та  $Q_2$  – кількість рідини, що виходить через отвори

$$Q_2 = W_{отв} \cdot \frac{\pi \cdot d_{отв}}{4} \cdot n = 1,658 \cdot 10^{-3} \frac{M^3}{c},$$

де  $W_{отв} = 10,996$  м/с – швидкість руху рідини в отворах;  $d_{отв} = 0,004$  м – діаметр отвору;  $n = 12$  – кількість отворів в диспергаторі.

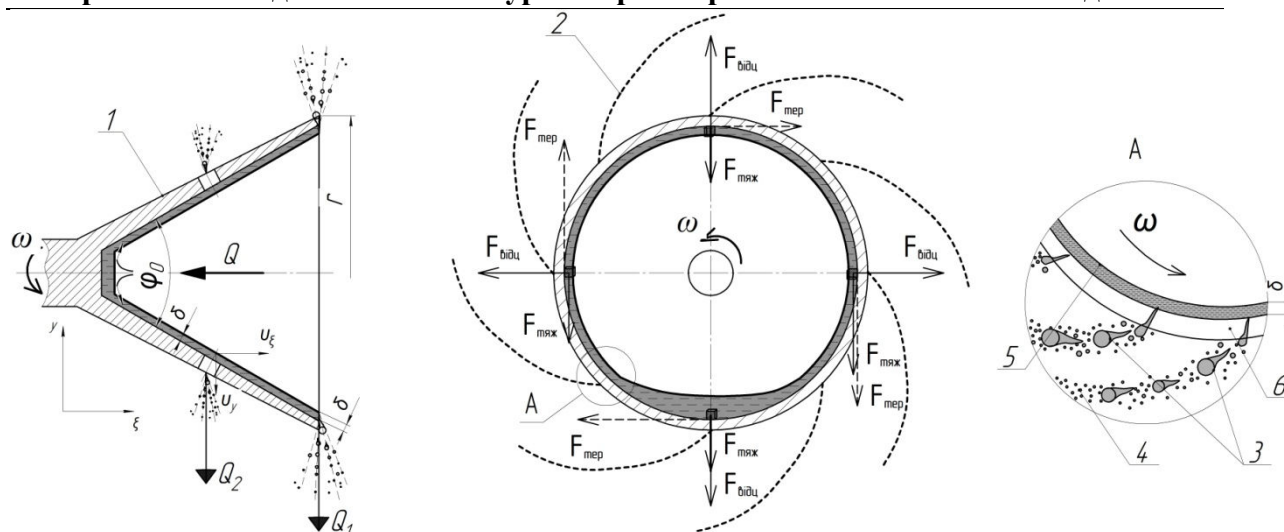
За основу конструкції було прийнято конічний перфорований сталевий диспергатор. Фізична модель руху рідини по конічній поверхні механічного диспергатора зображена на Рисунок 1.

За основу математичної моделі було прийнято рівняння руху в'язкої рідини всередині механічного диспергатора [1].

$$\frac{\partial^2 v_\xi}{\xi^2 \partial \psi^2} + \frac{\rho_1 \omega^2 \xi}{\mu_1} \sin^2 \varphi_0 = 0,$$

(1)

де  $v_\xi$  - швидкість вздовж осі диспергатора ;  $\omega$  - кутова швидкість обертання;  $\xi$  - осьова координата на вільній поверхні;  $\varphi_0$  - кут розкриття конуса;  $\rho_1$  - густина рідини;  $\mu_1$  - коефіцієнт в'язкості рідини.



$\xi, y$  – координати вздовж осі диспергатора та перпендикулярно до осі диспергатора відповідно;  $v_\xi, v_y$  – швидкість руху плівки вздовж та перпендикулярно осі конуса відповідно;  $r$  – радіус основи конуса;  $Q$  – витрата рідини ( $Q=Q_1+Q_2$ );  $\varphi_0$  – кут розкриття конуса;  $\delta$  – товщина плівки;  $\omega$  – кутова швидкість обертання ротора; 1 – диспергатор, 2 – треки крапель, 3 – основні краплі, 4 – краплі-супутники, 5 – плівка рідини, 6 – крайка диспергатора

Рисунок 1 – Фізична модель руху рідини по конічній поверхні диспергатора

Граничні умови для цієї моделі будуть наступні:  $v_\xi = 0$  на стінці ( $\psi = 0$ );  $\frac{\partial \omega \xi}{\xi \partial \psi} = 0$  на вільній поверхні ( $\psi = \psi_1$ ). Розв'язок рівняння (1) із урахуванням граничних умов приймає вигляд:

$$v_\xi = \frac{\rho \omega^2 \xi}{\mu} \sin^2 \varphi_0 \left( \xi_1^2 \psi_1 \psi - \xi^3 \frac{\psi^2}{2} \right).$$

(2)

Величина  $\psi_1$  визначається з умови, що загальні витрати рідини в шарі дорівнюють витратам рідини  $Q$  в диспергаторі. Тоді

$$Q = \int_0^{\psi_1} 2\pi r \xi v_\xi d\psi = \frac{2\pi \rho_1 \omega^2 \sin^2 \varphi_0 \psi_1^3}{3\mu_1}.$$

(3)

Позначивши  $\delta = \xi_1 \psi_1$  і  $r = \xi_1 \sin \varphi_0$ , отримаємо

$$Q = \frac{2\pi \rho_1 \omega^2 r^2 \delta^3 \sin \varphi_0}{3\mu_1}. \quad (4)$$

З цього рівняння товщина шару рідини (плівки), що стікає по внутрішній поверхні конічного диспергатора:

$$\delta = \left( \frac{3\mu_1 Q}{2\pi\rho_1 \omega^2 r^2 \cdot \sin^2 \varphi_0} \right)^{0,333} \quad (5)$$

За формулою (5) було розраховано товщину плівки, що стікає по внутрішній поверхні диспергатора, для витрат рідкої фази  $Q$  і  $Q_1$  і встановлено її залежність від радіусу конічної поверхні диспергатора (Рисунок 2).

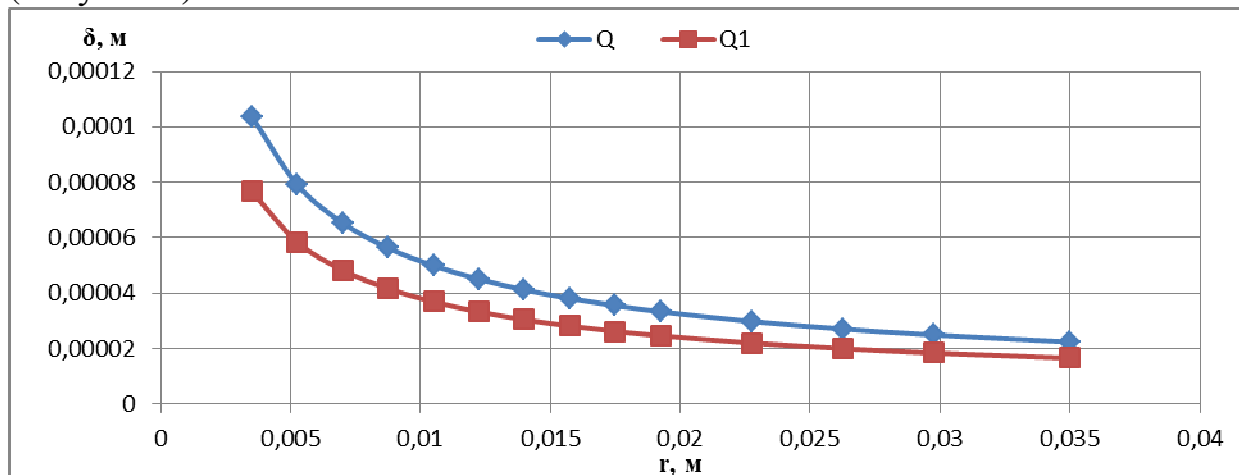
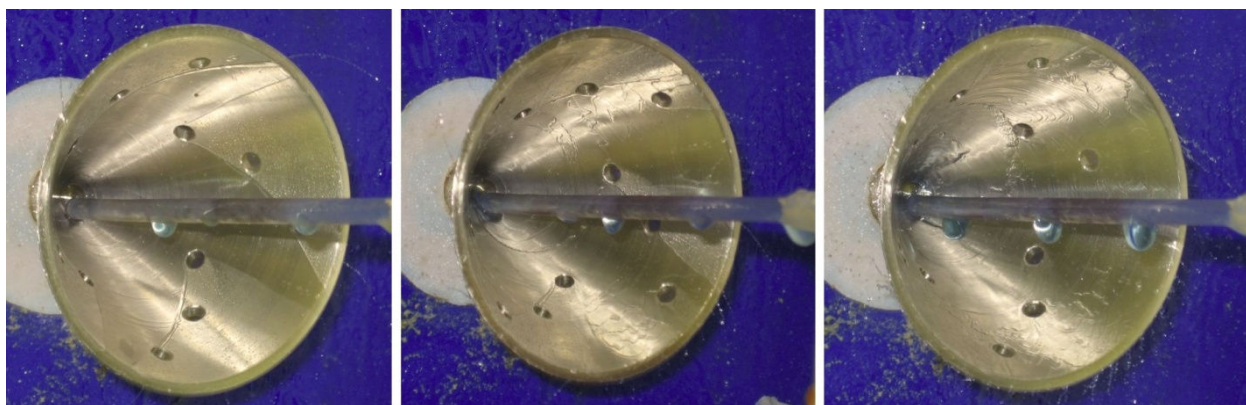


Рисунок 2 – Залежність товщини плівки від радіуса диспергатора при різних витратах

Якість розпилення та плівку, яка утворюється під час розпилення конічним перфорованим сталевим диспергатором при мінімальних ( $G=4,2$  кг/год), середніх ( $G=6,9$  кг/год) та максимальних ( $G=11,7$  кг/год) витратах розчину, а також при  $V_{л}=11$  м/с можна оцінити за фотографіями, зображеними на Рисунок 3, які були зроблені на еспериментальному стенді.



а) –  $G=4,2$  кг/год

б) –  $G=6,9$  кг/год

в) –  $G=11,7$  кг/год

Рисунок 3 – Фотознімки диспергування рідини перфорованим конічним сталевим диспергатором

Аналіз розміру крапель показав, що при розпиленні конічним перфорованим сталевим диспергатором при максимальних витратах ( $G=11,7$  кг/год) розчину утворюються основні краплі, максимальні розміри яких коливаються в діапазоні  $0,08 \leq d_{кр} \leq 0,84$  мм.

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

З метою оцінки якості роботи конічного перфорованого сталевого диспергатора в реальному процесі гранулоутворення було проведено експериментальні дослідження одержання гуміново-мінеральних добрив (склад: N:Ga=20:1,0). Результатом цих досліджень стало збільшення еквівалентного діаметру гранул з інтенсивністю  $\lambda=0,459$  мм/год (Рисунок 4) при досягненні максимального значення навантаження поверхні шару за вологою  $a_f=0,956$  кг/(м<sup>2</sup>·год) (Рисунок 6). Коефіцієнт гранулоутворення при цьому протягом всього експерименту був більше 90% (Рисунок 5).

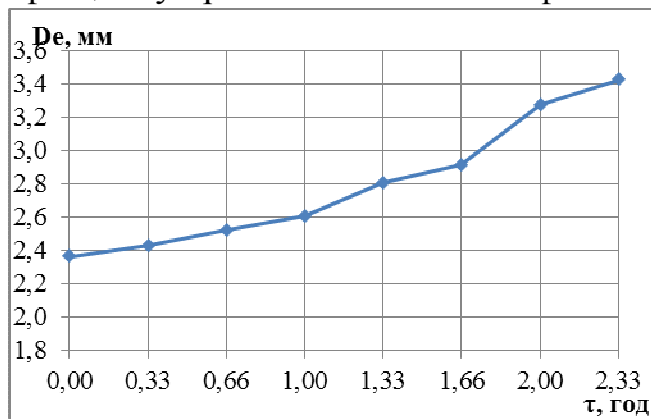


Рисунок 4 – Динаміка зміни еквівалентного діаметра протягом експерименту

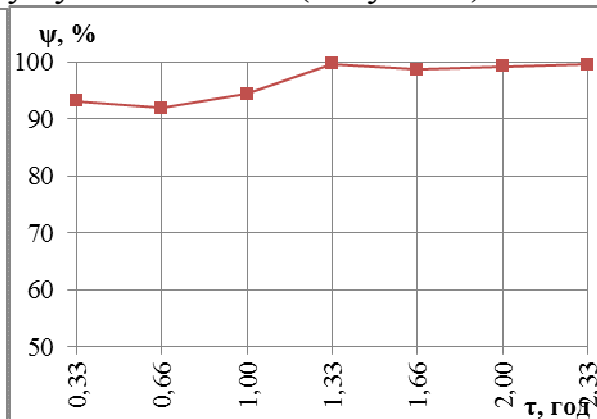


Рисунок 5 – Динаміка зміни коефіцієнта гранулоутворення протягом експерименту

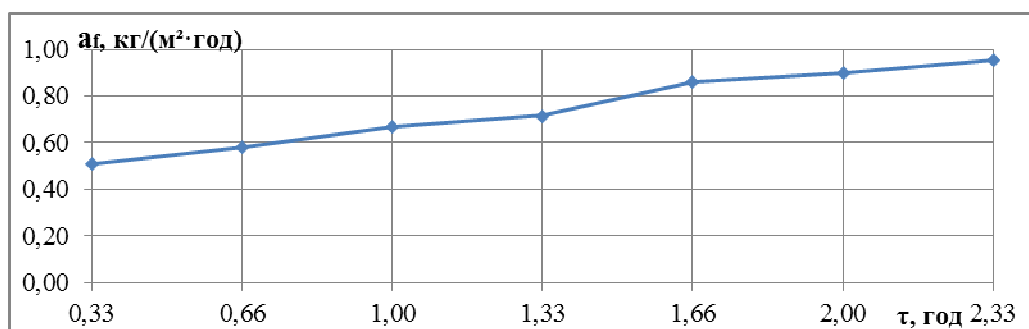


Рисунок 6 – Динаміка зміни питомого навантаження за вологою протягом експеримента

Отже, нова конструкція конічного перфорованого сталевого диспергатора забезпечує пошаровий ріст гранул при  $\psi>90\%$ , а також дозволяє підвищити питоме навантаження шару за вологою в 1,5 рази.

**Перелік посилань:**

1. Распыление жидкостей / Ю.Ф. Дитякин, Л.А. Клячко Б.В. Новиков, В.И. Ягодкин // Издание 2-е, дополненное и переработанное. - М.,- «Машиностроение», - 1977.

## МЕТОД ПРОПАРЮВАННЯ ТРІСКИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВНИХ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ

магістрант Степчук І.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

Паливні брикети – це економічне, зручне, сучасне і екологічно чисте біопаливо. Вони не включають в себе ніяких шкідливих речовин, мають широке застосування і можуть використовуватися для різних видів топок, котлів центрального опалення, дров'яних і вугільних котлів. [1].

Сировиною для виробництва паливних брикетів в нашій країні служать хвойні породи, проте найкращі брикети виходять із сировини листяних порід [2].

В таблиці 1 приведена порівняльна характеристика різних видів відходів [3].

Перевагою використання деревних гранул перед іншими видами палива є:

- Зниження шкідливих викидів в атмосферу.

- Низька вартість у порівнянні і дизпаливом і опаленням електрикою.

- Можливість автоматизації котелень [4].

- При горінні брикетів не відбувається іскроутворення.

- Горіння брикетів в топці котла відбувається більш ефективно – кількість золи не перевищує 0,5-1% від загального об'єму.

- Брикети ущільнені в 4-12 разів, у результаті чого підвищується ефективність їх перевезень та зменшується площа складування [5].

Таблиця 1

Порівняльна характеристика різних видів відходів						
Вид відходу	Теплота згоряння, кВт*ч/кг	Зольність, %	Точка розм'якшення, °С	N, %	Cl, мг/кг	S, мг/кг
Злакова солома	4,78	5,68	960	0,47	2,503	737
Рапсова солома	4,76	6,20	1,273	0,84	4,668	2,703
Ціла злакова рослина	4,76	4,24	668	1,16	1,807	1,370
Сіно	4,83	5,71	1,061	1,14	3,112	1,581
Лугове сіно	4,74	7,09	918	1,26	7,588	1650
Хвойна деревина	5,23	0,79	1,398	0,14	87	234
Листяна деревина	5,11	0,55	1,265	0,49	163	402

В таблиці 2 показана дані насипної маси та вологості від виду відходу [5].

Сам по собі процес гранулювання пеллетизації відбувається в спеціальних кільцевих штампах з обертовими роторними вальцями, які упресовують в численні отвори (фільєри) прес-форми. Перед цим подрібнену деревну сировину активізують паром, після чого, зрізані з зовнішньої сторони штампа спеціальним ножом гранули, повинні бути охолоджені й відділені від дрібних частинок.

Таблиця 2

Насипна маса деревних відходів		
Вид відходу	Насипна маса, кг/куб. м	Вологість, %
Технологічні тріски хвойних порід	200-360	30-55
Дрібна стружка	80-140	3-40
Мікростружка	120-180	3-4
Тирса	100-200	8-15
Брикети	600-850	8-15

Весь процес виробництва умовно можна розділити на кілька етапів: подрібнення, сушіння, доподрібнення, водопідготовка або пропарка, пресування, охолодження, розфасовка і упаковка[4].

Теплова обробка проводиться нагрітою водою (проварка) або насиченою парою (пропарка) для тимчасового зниження твердості і підвищення пластичності деревини і полегшення процесів її рамного пиляння, луцення, стругання, гнуття і пресування. Застосовується в лісопилянні, у виробництві клеєної фанери і струганого шпону, в сірниковому виробництві, у виробництві гнутих меблів і виготовленні пресованої деревини [6].Пропарка деревини є ефективним методом пом'якшення та пластифікації деревини [7].

Виготовлення паливних брикетів з деревини дозволяє знищувати відходи деревного виробництва з отриманням теплоти, а пропарка тріски з деревини для їх виготовлення дає змогу виділити лігнін, що в свою чергу, маючи властивості клейкої речовини, допомагає набувати брикетам сталу форму під час пресування. Таким чином ця тема є актуальною.

#### **Перелік посилань:**

1. <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/1579> від 26 травня 2012 р.
2. [http://www.derevo.info/tags\\_page/detail/24](http://www.derevo.info/tags_page/detail/24)
3. <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/5265> від 02 лютого 2014р.
4. <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/2344> від 03 листопада 2012 р.
5. <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/5363> від 04 лютого 2014р.
6. Серговский П. С., Гидротермическая обработка и консервирование древесины, 2 изд., М., 1968.
7. <http://drevsnietechnologii.ru/osobennosti-gnutya-drevesiny> від 24 вересня 2013р.



## ВИЗНАЧЕННЯ КУТІВ НАХИЛУ ПОХИЛИХ СТІНОК ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ОДНАКОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ПО ДОВЖИНІ

к.т.н., доц. І.А.Андреев, к.т.н., доц. Л.Г.Воронін,  
магістрант І. С. Гончарова

Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут", м. Київ

Авторами був запропонований віброекструдер для формування плоских фібробетонних виробів, в якому забезпечується однорідність фібробетону по ширині плоского виробу і підвищення його якості за рахунок формування виробів повністю у віброекструдері і дотриманні однакової об'ємної витрати суміші по довжині поперечного перерізу роздавального вікна [1]. У запропонованому віброекструдері щілиноподібне роздавальне вікно виконано прямокутним, а кут нахилу похилих стінок бункера до вертикалі в торцевих ділянках роздавального вікна має найбільше значення.

Для вирішення задачі плин у каналі запропонованого віброекструдері були проведені розрахунки в програмі SolidWorks та визначені кути нахилу похилих стінок для досягнення однакової продуктивності по довжині. Результати розрахунку у поздовжньому перерізі каналу наведено на рисунку. Так, наприклад, кут нахилу стінки каналу у центральній частині  $\varphi_1 = 32,7^\circ$ , а у торцевій частині –  $\varphi_2 = 45^\circ$ .

Разом з цим був здійснений опис процесу плин за допомогою рівняння Нав'є-Стокса:

$$\Delta U_z = \frac{\partial^2 U_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U_z}{\partial y^2} = \frac{1}{\mu} \frac{\partial p}{\partial z}$$

для області з контуром криволінійної форми  $\Gamma$ :

$$U_z(x, y)|_{\Gamma} = 0.$$

Крайові умови задачі були встановлені з припущення про

**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
нерухомість суміші біля стінок каналу. Рідина у вібраційному полі вважалась нестисливою і ньютонівською, а плин – ламінарним ізотермічним [2]. Розрахунки виконувались по середині перерізу віброекструдера на висоті 0,25м.

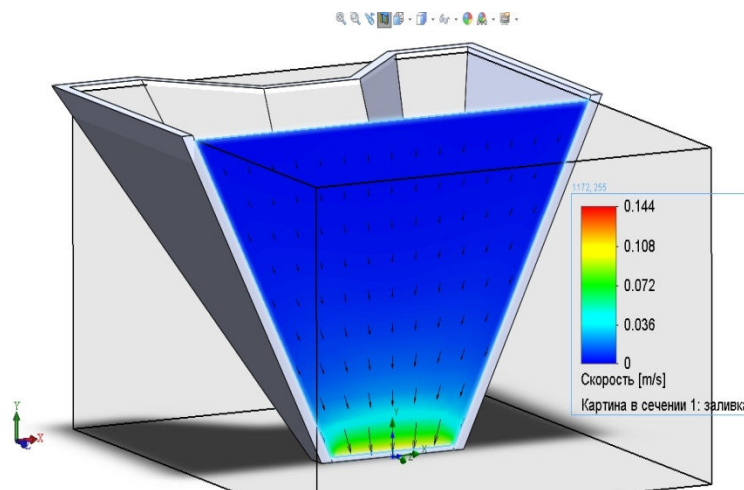


Рисунок 1 – Швидкість плину у поздовжньому перерізі каналу віброекструдера

Розв`язання задачі методом скінчених різниць дало такі результати:  $\varphi_1 = 28,369^\circ$ , а  $\varphi_2 = 42,9^\circ$ , тобто дуже близькі до результатів розрахунків програми SolidWorks.

Отримані результати планується використовувати при проектуванні віброекструзійного обладнання.

#### **Перелік посилань:**

1. Пат. 78385 Україна, МПК (2013.01) B28B 13/00. Віброекструдер для формування плоских фібробетонних виробів / Андреев І.А., І. С. Гончарова; заявник і патентовласник вони ж. – № u201213501; заявл. 26.11.2012; опубл. 11.03.2013, бюл. № 5.

2. Андреев І.А. Постановка задачі плину фібробетонної суміші в каналі складного перерізу при віброекструзії / Л.Г.Воронін, І.А.Андреев, І. С. Гончарова // Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання: V міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених (Київ, 20-23 листопада 2013 р.): тез. допов. – 2013.– С. 44-45.

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ  
ПУЛЬСАЦІЙНОГО СТРУМЕНЯ В АПАРАТІ ІЗ  
ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ**

д.т.н., професор, Корнієнко Я.М., магістранти Гайдай С.С.,  
Семененко Д.С., інженер III кат. Мартинюк О.В.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Серед процесів зневоднення та грануляції при утворенні мінерально-гумінових твердих композитів із рідких систем, що містять менше 50% сухих речовин, найбільш ефективним способом є зневоднення у псевдозрідженому шарі.

Наявність процесу ізотермічної масової кристалізації робочого розчину на поверхні гранул визначає необхідну загальну поверхню частинок у псевдозрідженому шарі та відповідну висоту шару.

Експериментально встановлено, що стійка кінетика гранулоутворення відбувається при відношенні висоти шару  $H_p$  до приведенного діаметра апарата  $D_a$ :  $H_p/D_a > 2,0$ .

При цьому введення рідкої фази здійснюється механічним диспергатором у середину псевдозрідженого шару. Тому, для забезпечення ефективних процесів перенесення в апараті необхідно створити направлену циркуляцію гранул, що супроводжується трьохмірним перемішуванням зернистого матеріалу в шарі.

У основу фізичної моделі покладено модель руху [1], наведену на Рисунок 1.

При підведенні газового теплоносія до шару, висотою  $H_p$ , відбувається його розділення на 2 зони: заповнену щільною твердою фазою та суцільною газовою фазою, при чому їхньою межею є поверхня факела. Зміна конфігурації факела на відстані  $Y_c$  розділяє газовий струмінь на факел із постійною формою та газову бульбашку, яка поступово збільшується і, у подальшому, відривається від струменя і рухається вертикально вгору.

Утворення газової бульбашки відбувається при умові  $Y_f < H_p$ . Припускається, що у центральній частині факела  $b_{max}$  частинки відсутні і всі вони зосереджуються у граничному шарі.

При використанні ГРП із кількістю щілин  $n > 1$  бульбашки, що відриваються від газових факелів, при знаходженні на відстані  $t \leq t_{max}$ , об'єднуються у більшу за розмірами, рисунок 2.

При застосуванні ГРП щілинного типу нової конструкції із трьома щілинами в камері гранулятора відбувається зливання газових бульбашок, яке забезпечує інтенсивне трьохмірне перемішування гранул у зоні диспергування, що покращує процес грануляції при зневодненні рідких систем на поверхні зернистого матеріалу.

На рисунку 3 наведено схему міжфазної взаємодії у системі газ-тверді частинки при проведенні дос-

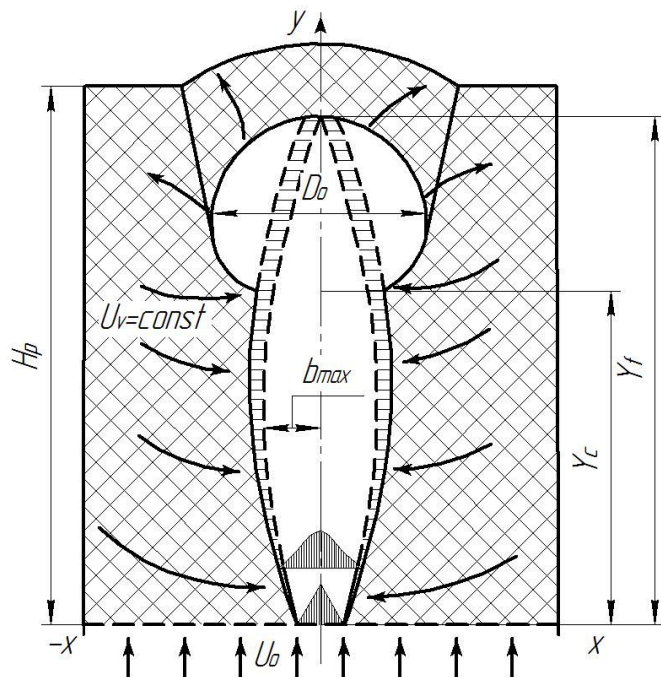


Рисунок 1 – Фізична модель між фазної взаємодії у системі газ-тверді частинки

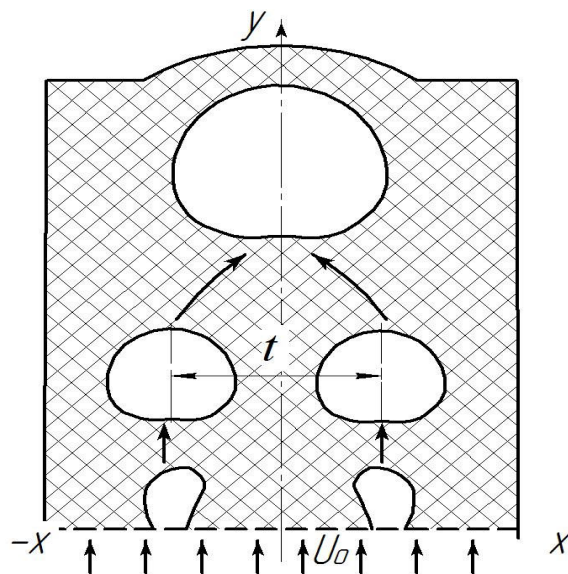


Рисунок 2 – Модель взаємодії кількох газових бульбашок у шарі

лідів у камері гранулятора із ГРП нової конструкції із забезпеченням трьохмірного перемішування гранул.

Направлена циркуляція відбувається за рахунок направляючої вставки 2, яка перенаправляє гранули з висхідного потоку  $cd$  до низхідного  $eab$ .

Математична модель, що дає можливість оцінити товщину струменя газowego факела у псевдозрідженому шарі має такий вигляд:

$$\frac{db_f}{dy} = \frac{C_K(U_o \cdot U_v)}{(U_o + U_v)}, \quad (1)$$

де  $C_K$  – константа струменя;  $U_o$  – середня швидкість зріджуючого агента в щілинах ГРП;  $U_v$  – швидкість газу на межі газowego факела.

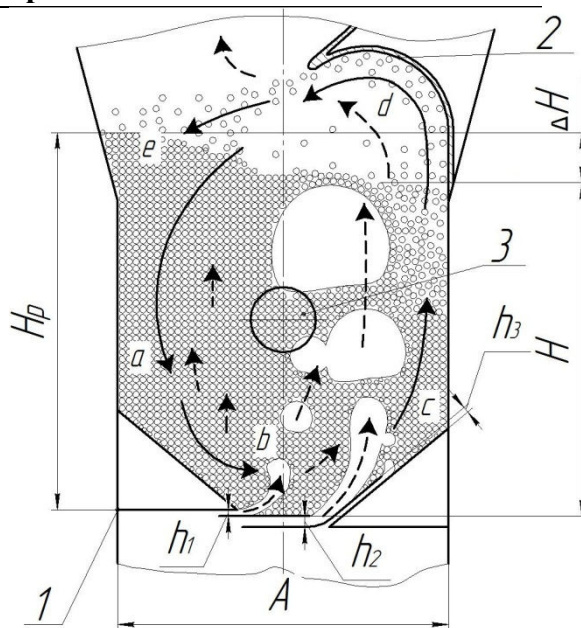


Рисунок 3 – Схема міжфазної взаємодії у системі газ-тверді частинки при застосуванні камери гранулятора із ГРП нової конструкції

Середня швидкість зріджуючого агента в живому перерізі ГРП  $\varphi$ :

$$U_o = \frac{W_a}{\varphi}, \quad (2)$$

де  $W_a$  – швидкість зріджуючого агента в живому перерізі апарата.

Швидкість на межі газowego факела:

$$U_v = \frac{\psi \cdot \frac{Ar}{18 + 0,61\sqrt{Ar}} \cdot \nu}{d_e}, \quad (3)$$

де  $Ar$  – критерій Архімеда.

Висота газowego факела, рисунок 1:

$$Y_f = \frac{U_o^2 \delta_i}{0,633 U_v^2 C_1'}, \quad (4)$$

де  $\delta_i$  – розмір  $i$ -ї щілини;  $C_1'$  – коефіцієнт:

$$C_1' = 0,46 Ga^{0,1}, \quad (5)$$

де  $Ga$  – критерій Галілея:

$$Ga = \frac{g d_e^3}{\nu^2}, \quad (6)$$

де  $d_e$  – еквівалентний діаметр зернистого матеріалу;  $\nu$  – кінематична в'язкість зріджуючого агента.

Відстань від початку струменя до перерізу, у якому швидкість на осі у два рази менше початкової:

$$Y_c = \frac{\delta_i}{0,158C_1} \quad (7)$$

Максимально допустимий крок між бульбашками для їх об'єднання:

$$t = 2 \cdot K_g \cdot b_{max} \quad (8)$$

де  $K_g$  – коефіцієнт, що враховує збільшення радіуса впливу струменів на структуру шару;  $b_{max}$  – півширина факела у його максимальному перетині.

За результатами розв'язання математичної моделі отримано співвідношення висоти пробою газового факела  $Y_f=0,152$  м до робочої висоти шару  $H_p=0,3$  м при проведенні процесу гранулювання у реальних умовах  $\frac{Y_f}{H_p} = 0,529 < 1$ , що свідчить про утворення газових бульбашок у шарі із  $D_c=2,17$  мм.

Під час проведення дослідів у якості початкових центрів грануляції використовувалися гранули сульфату амонію з домішками гумінових речовин з еквівалентним діаметром  $D_c=2,17$  мм.

На зневоднення подавалася рідка система на основі сульфату амонію із додаванням гумінових речовин.

Динаміка зміни еквівалентного діаметра гранул, наведена на Рисунок 4, свідчить про стійку кінетику процесу гранулоутворення з інтенсивністю  $\lambda=0,287$  мм/год при досягненні максимального значення навантаження по-

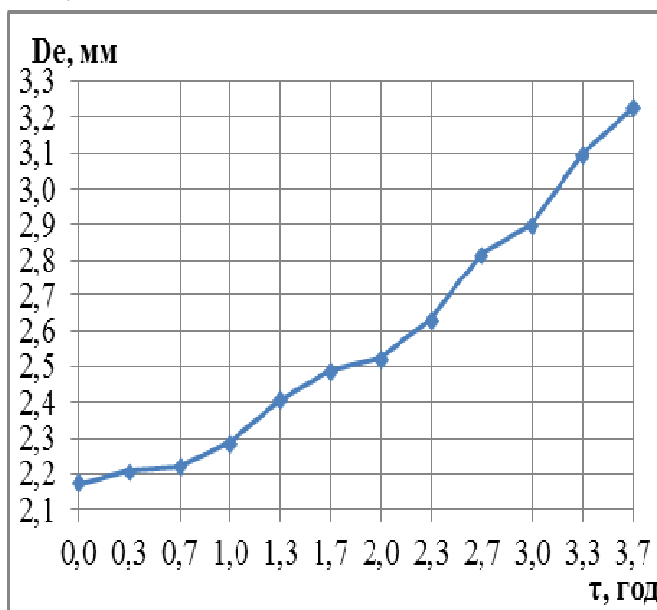


Рисунок 4 – Динаміка зміни еквівалентного діаметра гранул

верхні шару за вологою  $a_f = 0,69 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$ , що у 1,89 разів більше, ніж при звичайному режимі, Рисунок 5.

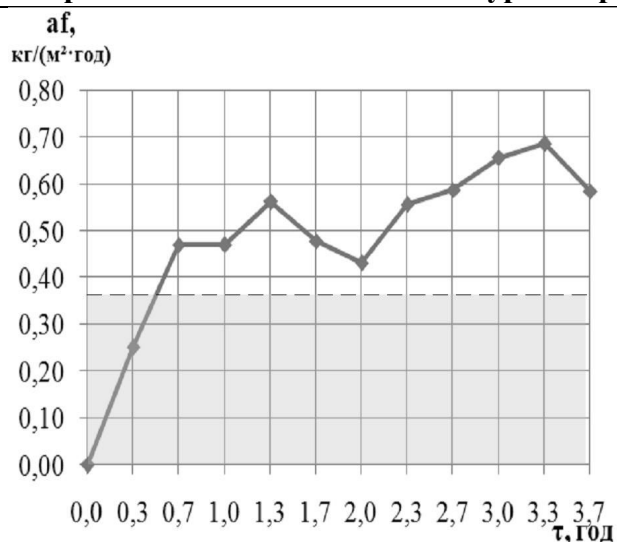


Рисунок 5 – Динаміка зміни питомого навантаження поверхні шару за вологою

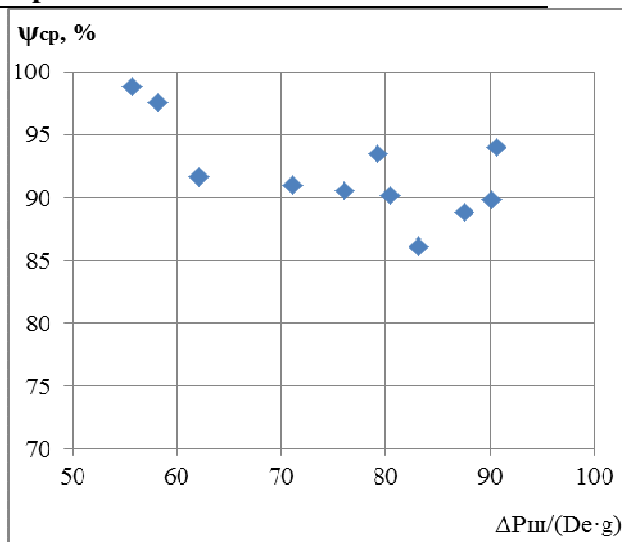


Рисунок 6 – Залежність коефіцієнта гранулоутворення від приведеної поверхні шару

Залежність коефіцієнта гранулоутворення  $\psi$  від приведеної поверхні шару  $\frac{\Delta P_{ш}}{g \cdot D_{с}}$ , рисунок 6, показує області, у яких коефіцієнт гранулоутворення досягає максимальних значень ( $\psi \geq 90\%$ ).

При значеннях комплексу  $75 \leq \frac{\Delta P_{ш}}{g \cdot D_{с}} \leq 87$  забезпечується інтенсивний тепломасообмін.

Новий спосіб взаємодії газового теплоносія дозволив у 1,89 разів підвищити питоме навантаження поверхні зернистого шару в апараті за вологою при коефіцієнті гранулоутворення  $\psi > 85\%$ , завдяки об'ємному перемішуванню зернистого матеріалу.

### Перелік посилань:

1. Бувич Ю.А. Струйное псевдоожигение / Ю.А. Бувич, Г.А. Минаев. – М.: Химия, 1984. – 136 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ТА ТЕПЛООБМІНУ

### У РОТОРНО-ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ

магістрант Бірюк Д. О., к.т.н., доц.. Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Плівкові процеси отримали поширення в хімічній, харчовій, з успіхом застосовуються в технології хіміко-фармацевтичних речовин, в біотехнології, металургії. Ці процеси реалізуються в плівкових теплообмінних апаратах. До них належать: плівкові теплообмінники, плівкові випарники, плівкові конденсатори і т.д [1].

Існують відповідні експериментальні і теоретико-експериментальні залежності. Але їх недостатньо для точного розрахунку. Тому потрібно виконувати експерименти, для подальшого поліпшення розрахунків. Існує формула виведена емпіричним способом, що дає можливість розрахувати коефіцієнта тепловіддачі при нагріві [2].

$$Nu = \frac{\alpha \cdot R}{\lambda} = 0,001 \cdot Re_{nl}^{0,21} \cdot Re_{цб}^{0,62} \cdot Pr^{0,78} \cdot z^{0,12} \cdot \Delta^{-0,23}$$

Наведена залежність справедлива для роторно-плівкового апарата з жорстким кріпленням лопатей.

Дослідження гідродинаміки та теплообміну у роторно-плівковому апараті з шарнірними лопатями буде проведено на установці показаній на рисунку 1.

Установка складається з наступних основних вузлів: роторний плівковий апарат 1 з оболонню 2 і шарнірним ротором 3 з приводом 4 і торцевим ущільненням 5 і конденсатор вторинних парів із змінною трубкою або змієвиковий конденсатор 6.

Початковий розчин подається в двох вентильний живильник з напірною судиною 7 з регулюючими витратами і поступає в РПА 1, захоплюється лопаткою ротора і розподіляється у вигляді тонкого рідинного шару по внутрішній поверхні апарату, що обігрівається оболонню 2. Упарений розчин стікає в приймальну і зливну 8,9 колби.



Вторинні пари поступають в конденсатор вторинної пари 6. Якщо в якості поверхні охолодження використовуються змінні труби 6,1 пари конденсуються на ній і конденсат стікає в нижню частину корпусу. Частина пари, що сконденсувалися на внутрішній поверхні корпусу 6 стікає в нижню частину поверхні корпусу.

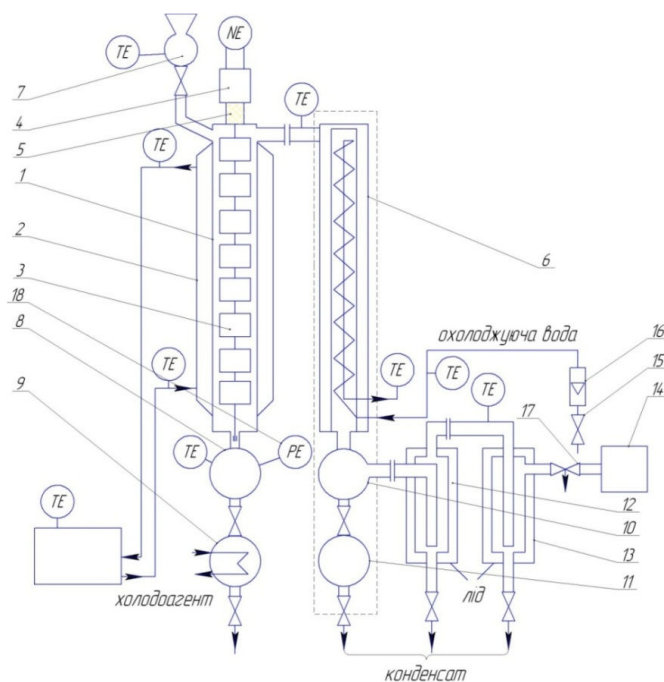


Рисунок 1 – Схема дослідної установки

Якщо в якості поверхні охолодження в конденсаторі вторинних парів використовується змійовик 6, то дистилат стікає в приймальну колбу 10 і збирається в зливній колбі 11.

Витрата охолоджуючого агента в конденсаторі вторинної пари регулюється вентилем 15 і контролюється ротаметром 16 типу РМ 6,3 ТУЗ. Частота обертання ротора регулюється ЛАТРом і вимірюється цифровим тахометром ТЦ-3М.

Плануються подальші теоретичні та експериментальні дослідження гідродинаміки та теплообміну в апараті з шарнірними лопатями.

#### **Перелік посилань:**

1. Соколова Н. В., Яблокова М. А. Апаратура микробиологической промышленности. – Л.: Машиностроение. Ленинград. Отд-ние, 1988. – 278с.
2. Соколов В. Н., Доманский И. В. Газожидкостные реакторы. Л.: «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1976. 216 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСНОСТІ СУСПЕНЗІЙ ТА ЕМУЛЬСІЙ.

магістрант Сидоренко О.П., к.т.н., доц. Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

В лабораторії кафедри МАХНВ проводяться дослідження розділення суспензій та емульсій в полі відцентрових сил.

Властивості дисперсних систем, найбільш важливі для процесів центрифугування, визначаються величиною поверхні розділу компонентів, що складають багатофазні системи. Однак зручніше розглядати не абсолютну поверхню частинок дисперсної фази, а їх питому поверхню, тобто відношення поверхні частинок до їх об'єму. Питома поверхня частинок, таким чином, є величина, що характеризує ступінь роздробленості даної системи; частіше її називають ступенем дисперсності.

Ступінь дисперсності визначають в полідисперсних системах величиною оберненою радіусу середньої за розміром частинки:

$$\frac{1}{r_{cp}} = \sqrt[3]{\frac{4xn}{3 \int_0^x v(x)dx}}$$

де  $r_{cp}$  – середній радіус;  $n$  – число диспергованих частинок,  $\int_0^x v(x)dx$  – сумарний об'єм всіх частинок радіусом від 0 до  $x$ , який визначається за допомогою кривої частоти.

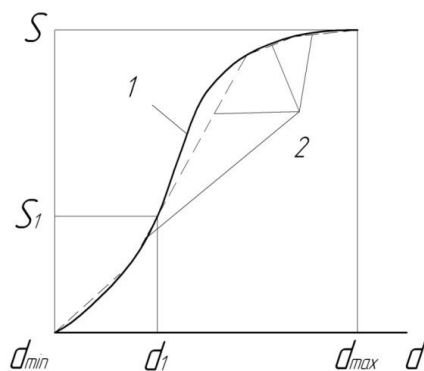
При сепаруванні більш важливе значення, ніж середня дисперсність, має дисперсність найдрібніших частинок, особливо ж дисперсність частинок, що знаходяться внаслідок своєї малості і броунівського руху належної інтенсивності у зваженому, в умовах відцентрового поля, стані. Ці частинки обумовлюють межу сепарації рідкої суміші.

В більшості випадків наявність часток даного граничного по малості розміру

служить не тільки характерною особливістю що піддаються сепарації рідин, але і більш постійною ознакою, ніж середня дисперсність, яка може піддаватися зміні під дією різних випадкових причин [1].

У зв'язку з тим що в технічних випадках дисперсні системи зазвичай бувають неоднорідними за складом, для характеристики їх дисперсності застосовують сумарні (кумулятивні) криві, а також диференціальні криві розподілу частинок за розмірами. При побудові сумарних кривих по осі абсцис відкладаються діаметри частинок  $d$ , а по ординатам - відсотковий вміст  $S$  всіх фракцій менше або більше даного розміру (рис1.). Різниця будь-яких двох значень ординат сумарних кривих визначають відсотковий вміст фракцій, розміри частинок яких лежать між відповідними двома значеннями абсцис[2].

Метою є дослідження дисперсності суспензій та емульсій в полі відцентрових сил на матеріалі відпрацьованих мастил, фруктових та овочевих соків.



1- сумарна крива; 2 – відрізки квадратичних парабол.

Рисунок 1 – Заміна сумарної кривої відрізками квадратичних парабол

### **Перелік посилань**

1. Жидкостные сепараторы : Г. И. Бремер – Государственное научно – техническое издательство машиностроительной литературы, Москва 1957. –240с.

2. Современные промышленные центрифуги : В. И. Соколов – Государственное научно – техническое издательство машиностроительной литературы, Москва 1967. –452с.

## **АКТУАЛЬНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЮ В УКРАЇНІ**

к.т.н., доц. Рябцев Г. Л., магістрант Литвиненко Є. Ю.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Україна належить до енергодефіцитних країн, оскільки забезпечена власними паливно-енергетичними ресурсами лише на 53% (імпортує 75% необхідного обсягу природного газу та 85% — сирової нафти і нафтопродуктів)

Залежність від імпорту нафти, ціна на яку невпинно підвищується, а також значне погіршення екологічного стану довкілля стимулюють інтенсивний пошук альтернативних джерел енергії. Ситуацію з енергоносіями, що склалася сьогодні в Україні, можна порівняти з тією, в якій опинилася світова спільнота в 1973—1974 роках. Сьогодні для України настав час розвивати власні потужності для виробництва біодизельного палива з поновлюваних сировинних ресурсів [1, 2, 3]. Одним із основних видів такого палива може бути біодизельне пальне. Біодизельне паливо (БДП) (біодизель, МЕРО, РМЕ, RME, FAME, EMAG, біонафта та ін.) — це екологічно чистий вид палива, який одержують із жирів рослинного і тваринного походження та використовують для заміни нафтового дизельного палива (ДП). З погляду хімії біодизельне паливо є сумішшю метилових (етилових) ефірів насичених і ненасичених жирних кислот.

Традиційно виробництво складається з таких стадій: відтискання жмиху, очищення олії від шламу та механічних домішок, змішування олії з перлітовим піском, очищення олії від парафіністих домішок та механічних

**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
частинок, переетерифікація олії, відділення дизельного біопалива від гліцерину змішування дизельного біопалива з перлітовим піском, очищення від залишків гліцерину, хлорофілу, мила, метанолу та сульфатної золи.

Очистка біопалива від води, видалення надлишкового метанолу, очищення дизельного біопалива під дією сорбенту "Амберлайт".

Ключовим процесом виробництва є ферментація. Цей процес на разі вивчені недостатньо глибоко, тому метою досліджень є встановлення закономірностей протікання вказаних процесів та підвищення ефективності отримання біодизеля.

#### **Перелік посилань:**

1. Винтоняк В. Українська рапсодія // Агрופерспектива. — 2000. — № 1. — с. 10–14.
2. Graboski M.S., and McCormik R.L. Combustion of fat and vegetable oil derived fuel in diesel engine. Prog. Energi Combust. Sci. Vol. 24. pp. 125–164, 1998..
3. Фукс И.Г., Евдокимов А.Ю., Джамалов А.А. Экологические аспекты использования топлив и смазочных материалов растительного и животного происхождения // Химия и технология топлив и масел. — 1992. № 6. — С. 36–40.

**ВИКОРИСТАННЯ КИПЛЯЧОГО ШАРУ  
У ВИРОБНИЦТВІ СПУЧЕНОГО ПЕРЛІТУ**  
магістрант Орішкевич С.О., к.т.н., доц. Собченко В.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

Вибір теплового обладнання при виробництві спученого перліту обумовлений розмірами зерен, що випалюються, необхідними властивостями заповнювача та потужністю підприємства, що запланована.

Для отримання спученого перліту зазвичай використовують різне обладнання [1]:

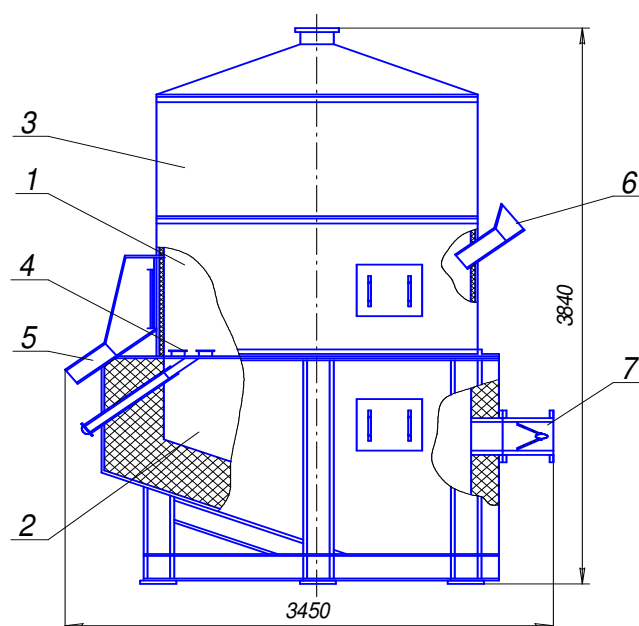
- 1) шахтні печі;
- 2) обертові барабанні трубчасті похилі печі;
- 3) обертові барабанні печі у завислому стані;
- 4) установки киплячого шару;
- 5) похилі не обертові трубчасті печі.

Переваги технології псевдозрідження обумовлюють широке розповсюдження апаратів даного типу для технологічних процесів. Псевдозрідження або киплячим шаром називають особливий стан дисперсного матеріалу, що характеризується переміщенням твердих частинок відносно один одного за рахунок енергії газу або рідини, що пропускаються через шар матеріалу.

Для випалювання перлітового піску, за відносно низьких температурних навантажень, більш доцільно використовувати піч киплячого шару (Рисунок1). Циркуляція теплоносія в середині агрегату сприяє досягненню стабільної температури киплячого шару [2].

Збільшення поверхні контакту сприяє прискоренню тепло- і масообміну, а безперервне перемішування частинок матеріалу забезпечує вирівнювання температури в шарі, що дозволяє проводити процес швидко і в невеликих робочих обсягах. Процеси в киплячому шарі легко

**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"** регулюються і піддаються автоматизації. Як показала практика, в киплячому шарі можна обробляти зерна твердих матеріалів розміром від часток міліметра до 10 мм при різній вологості. Випалюваний зернистий матеріал знаходиться в печі у вигляді псевдозрідженого шару, з якого виходить («зливається») готовий продукт. Продуктивність теплових агрегатів з киплячим шаром практично обумовлюється кількістю тепла, яке може бути виділене в процесі випалювання або підведене в шар за одиницю часу [3].



1-робоча камера; 2-підрешіткова камера; 3-сепараційна зона;  
4-газорозподільна решітка; 5-розвантажувальний пристрій;  
6-завантажувальний пристрій; 7-газопальниковий пристрій.

Рисунок 1- Схема апарату з псевдозрідженим шаром

### Перелік посилань:

1. Заповнювачі для бетону: Підручник.-К.:ФАДА,ЛТД, 2001.-399с.
2. К.Д. Некрасов, М.Г. Масленникова. Легкие жаростойкие бетоны на пористых заполнителях. – М. Строй. издат., 1982. – 152 с.
3. Материалы и изделия на основе вспученного перлита / А.В. Жуков, И.Я. Бейвель, О.П. Кашперовская и др. - М. Строй. издат., 1972.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ  
МЕМБРАННИХ МОДУЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ  
ЛОКАЛЬНОГО ЗАКИПАННЯ**

д.т.н., проф. Корнієнко Я.М., магістрант Григоренко О.В.,  
ст. викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Під час роботи мембранного модуля виникають поляризаційні явища, внаслідок яких можливе утворення забруднень на поверхні мембрани[1], що не пройшов крізь неї. Це створює гідравлічний опір та знижує продуктивність мембрани. Для продовження строку експлуатації мембран виконують їх очистку. До способів очистки мембран можна віднести гідравлічну, механічну та хімічну очистку. Тому питання розробки очисного обладнання для регенерації мембранних модулів є актуальним.

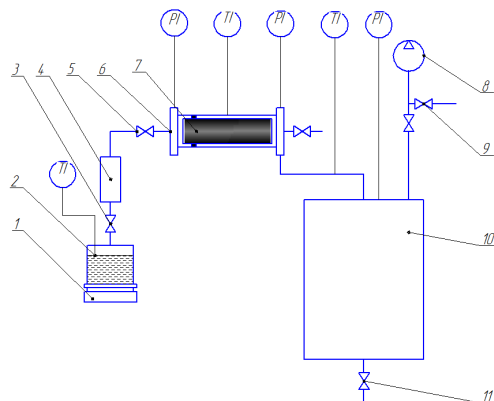
Як у більшості випадків осад утворюється внаслідок процесу кристалізації через підвищення концентрації в пограничних шарах до стану насичення. Конструкція рулонованих мембранних модулів виключає можливість механічного очищення, а хімічне очищення концентрованими реагентами небезпечно для активного шару мембрани, тому найбільш прийнятним методом очищення поверхні мембрани є розчинення утвореного осаду. Однак, внаслідок геометричних особливостей модуля на поверхні кристалів утворюється пограничний дифузійний шар, який гальмує процес масоперенесення. Крім того, можливе утворення на поверхні кристалів плівок органічного та біологічного походження, які також обумовлюють опір перенесенню маси. Тому для інтенсифікації процесу розчинення осаду необхідно порушити вказані опори. Це реалізується створенням в каналах модуля умов, сприятливих для локального закипання. В результаті утворення на поверхні кристалів бульбашок пари і їх відривання руйнуються пограничні шари і забезпечується доступ свіжого розчинника до кристалічної речовини. Оскільки синтетичні полімерні мембрани нестійкі до при температурах понад 40°C, процес доцільно проводити при розрідженні (абс. тиск 0,04-0,08 МПа).

Для реалізації цього процесу створена дослідна установка, схема якої зображена на Рисунок 1. Результати попередніх досліджень, проведених на даній установці для штучно забрудненої мембрани TW30-18-12-50



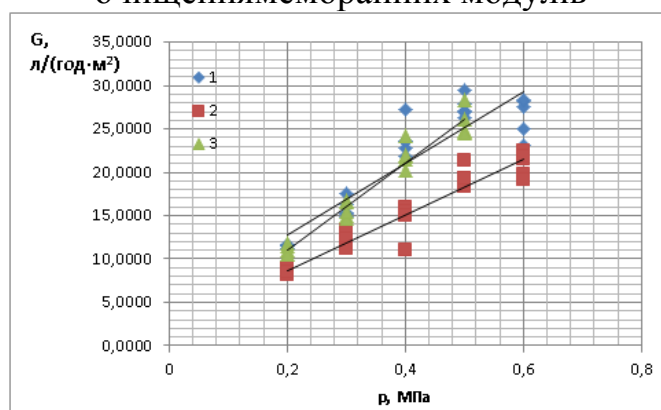
**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**

показали можливість відновлення продуктивності до 95% від початкової. При цьому суттєвих змін в селективності мембрани не виявлено (Рисунок 2)



- 1 - ваги, 2 – ємність з промивним розчином, 3, 5 – регулювальний клапан, 4 – буферна ємність, 6 – робочий блок, 7 – мембранний модуль, 8 – вакуум-насос, 9 – відсічний клапан, 10 – проміжна ємність, 11 – кран для відбору проб

Рисунок 1 – Схема експериментальної установки для очищення мембранних модулів



- 1 – початковий стан; 2 - стан після модельного забруднення; 3 – після трьохстадійної обробки

Рисунок 2 – Залежність питомої продуктивності мембрани TW30-18-12-50 (модельне забруднення) від робочого тиску

Метою подальших досліджень є виявлення закономірностей в процесі проведення очищення мембранних модулів та модифікувати установку для більш універсального використання.

**Перелік посилань:**

1. «Введение в мембранную технологию» М.Мулдер, – Пер. с англ. М: «Мир», 1999. – 513 с.

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КАВІТАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ**

м.н.с. Гоженко Л.П.; к.т.н., с.н.с. Ганзенко В.В.  
Інститут технічної теплофізики НАН України

Процес екстрагування з рослинної сировини відноситься до дифузійних процесів в системі тверде тіло-рідина і широко використовується в хімічній, харчовій, фармацевтичній галузях промисловості. Перспективним методом інтенсифікації екстрагування з твердої фази на сьогодні є вплив кавітаційного механізму.

Проведені експериментальні дослідження спрямовані на розробку енергоефективних технологічних схем виробництва функціональних продуктів на основі зернових компонентів. У цих експериментальних схемах застосовано роторно імпульсний апарат та пульсаційний диспергатор. В якості сировини використано насіння льону ціле та розмелене, екструдати льону і бобів сої.

Враховуючи специфічну будову і властивості сировини, перед обробкою проводили попередню підготовку. При отриманні продукту з цілого зерна (жива клітина) для інтенсифікації процесу виходу поживних та біологічно активних речовин проводили набухання (дрібна екстракція) протягом 2-2,5 годин при температурі 20-25 °С і другим етапом обробки в роторно імпульсному апараті або пульсаційному диспергаторі. При отриманні продукту у вигляді емульсії проводили розмелювання зерна, набухання з наступною обробкою і потім центрифугування. При одержанні продукту з попередньо розмолотого зерна до дисперсності частинок 0,3-0,6 мм (мертва клітина) процес попереднього набухання не проводили, а відразу обробляли в роторно імпульсному апараті і паралельно в пульсаційному диспергаторі при температурі 25-30°С протягом 5 хв. В якості розчинника використовували воду та молочну сироватку.

Одержані експериментальні зразки досліджено методом оптичної мікроскопії на дисперсність; перевірено за фізико-хімічними показниками: кількістю виходу сухих речовин, крохмалю, білків, рН. Досліджена динаміка в'язкості екстрактів після 5; 10; 15 хв обробки в апаратах

В результаті проведених досліджень встановлено кількість виходу сухих речовин, крохмалю, білків в одержаному продукті з використанням роторно імпульсного апарата і пульсаційного диспергатора. Розроблено технологічні схеми виробництва продукту на зерновій основі, визначено оптимальні режими процесів в залежності від характеристики обробленої суміші та режимів проведення попередньої підготовки зернового компонента.

УДК 676.04.02

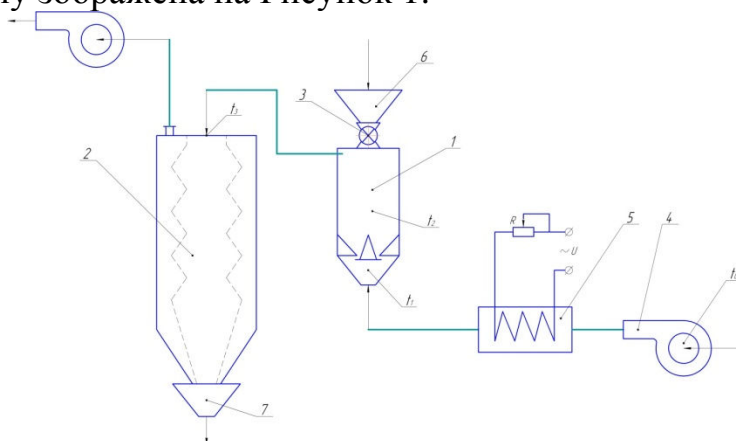
## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПАСТИ ДІОКСИДУ ТИТАНУ В КИПЛЯЧОМУ ШАРІ ІНЕРТНИХ ТІЛ

Асистент Гробовенко Я. В.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Відомо, що процес сушіння складається з періодів нагрівання, сталої та спадаючої швидкостей сушіння. В період прогріву матеріалу підведене тепло витрачається на нагрів матеріалу від початкової температури  $t_n$  до температури мокрого термометра  $t_{m.t.}$  та на випаровування вологи. В першому періоді сушіння за сталої швидкості сушіння  $\frac{\partial u}{\partial t} = const$ , відбувається процес сушіння пасти з постійною швидкістю випаровування вологи. В другому періоді відбувається процес досушування вологого матеріалу до потрібної величини сухості 99,7

Технологічна схема сушильної установки для сушіння пасти діоксиду титану зображена на Рисунок 1.



- 1 - сушильна камера; 2 – рукавний фільтр; 3 – живильник дозатор;  
4 – вентилятор; 5 – калорифер; 6 – завантажувальний бункер;  
7 – вивантажувальний бункер.

Паста діоксиду титану завантажується в завантажувальний бункер, звідки, через живильник поступає в сушильну камеру, де висушується на поверхні тіл та з потоком теплоносія поступає в рукавний фільтр. У фільтрі проходить очищення теплоносія від сухого діоксиду титану і теплоносій відводиться в навколишнє середовище.

При сушінні проходить процес випаровування поверхневої вологи із тонкої плівки пасти на поверхні інертних тіл. Поля температури і надлишкового тиску у висушуючому шарі пасти на сферичних частинках інертних тіл рахуються квазістаціонарними. Розглянемо процес сушіння

одного сферичного інертного тіла з плівкою пасти, що сохне в конвективному потоці теплоносія:

$$\begin{cases} \frac{dU_1}{d\tau} = \frac{\alpha \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{м.т.}})}{r \cdot M_{\text{п}} \cdot s}, \\ \frac{dU_2}{d\tau} = -K \cdot (u_{1\text{к}} - u), \\ \frac{dt}{d\tau} = \frac{\alpha \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{м.т.}})}{M_{\text{п}} \cdot c} - \frac{du}{d\tau} \cdot \frac{r}{c}, \end{cases}$$

де  $\frac{du_{\text{сп1}}}{d\tau}$ ,  $\frac{du_{\text{сп2}}}{d\tau}$  – швидкості сушіння в період сталої та спадаючої швидкостей сушіння, ( $1/c$ );  $F$  – загальна площа інертних тіл, на яких

проходить процес сушіння, ( $m^2$ );  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, ( $Вт/m^2 \cdot K$ );

$\beta$  – коефіцієнт масовіддачі, ( $кг/m^2 \cdot моль$ );  $K = f(t)$  – коефіцієнт швидкості сушіння;

$r$  – питома теплота пароутворення, ( $Дж/кг$ );  $c$  – питома теплоємність,

( $Дж/кг \cdot K$ );  $\rho$  – густина матеріалу, що подається на сушіння, ( $кг/m^3$ );  $V$  –

об'єм матеріалу, що знаходиться в певний момент часу в псевдозрідженому шарі, ( $m^3$ );  $t_f$  – температура при якій проходить процес сушіння вологого матеріалу, К;  $t$  – початкова температура пасти, К;  $P_{\text{в}}$  – парціальний тиск водяної пари в сушильній камері, Па;  $P_{\text{с}}$  – тиск насичення водяної пари, Па;  $u_{1\text{к}}$  – кінцевий вологовміст першого періоду сушіння;  $u$  – вологовміст пасти в другому періоді сушіння,  $s$  – сухість пасти, %.

Початковими умовами до даних рівнянь будуть вирази:

$$\begin{cases} u|_{\tau=0} = u_0 \\ \tau_0 = 0 \\ t_0 = t_1 \end{cases},$$

де  $t_1$  – початкова температура пасти діоксиду титану, К;  $u_0$  – початковий вологовміст пасти;  $\tau_0$  – час сушіння до деякого фіксованого значення вологовмісту.

### **Перелік посилань.**

1. Дослідження гідродинаміки псевдозрідженого шару. Методичні вказівки / Укл. В.М. Марчевський, Я.М. Корнієнко, П.М. Магазій, В.В. Райда.–К.: КПІ, 2008. – 17с.

## **ВИРОБНИЦТВО ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

д.т.н. Шурчкова Ю.О., к.т.н. Ганзенко В.В., к.т.н. Радченко Н.Л.

Інститут технічної теплофізики НАН України

В Інституті технічної теплофізики НАН України розвивається новий напрямок спрямований на розробку нових енергоефективних технологій виробництва функціональних продуктів на основі рослинної сировини. Актуальність даного напрямку обумовлена зростаючою в Україні і в світі популярністю вживання продуктів і напоїв функціонального призначення, а також продуктів для спортивного харчування збагачених різноманітними екстрактами лікувальних рослинних компонентів, білками, вітамінами та мікроелементами. Така популярність функціональних продуктів викликана зростанням у молоді та населення інтересу до ведення здорового способу життя. В Україні ринок виробництва функціональних продуктів представлений, головним чином, імпортними виробниками, а тому такі продукти мають високу вартість і, відповідно, являються недоступними для системного вживання більшості населення. Тому на сьогоднішній день в Україні у ніші виробництва функціональних продуктів виникла потреба у створенні нових видів функціональних продуктів та новітніх енергоефективних технологій, які одночасно забезпечать виробництво високоякісної продукції та її доступність за ціною для населення. У зв'язку з цим, в ІТТФ НАНУ проводяться роботи по вивченню властивостей рослинних компонентів і їх допустимого відсоткового співвідношення у складі функціональних продуктів, а також проводиться пошук нових рецептур функціональних продуктів та оптимальних методів і параметрів їх обробки. На основі перших результатів досліджень нами запропоновано нову технологію виробництва функціональних продуктів на основі роторно-пульсаційного апарата. Технологія дає можливість зниження енерговитрат на виробництво та собівартості одиниці продукції, а також забезпечує високу біологічну цінність отримуваних продуктів.

**СЕКЦІЯ 3  
«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТУПЕНЯ СТИСНЕННЯ ОСАДУ З ВОЛОКНИСТИХ СУСПЕНЗІЙ НА ШВИДКІСТЬ ФІЛЬТРАЦІЇ**

магістрант Жаркой Р.В.; к.т.н., доцент Семінська Н.В.;

к.т.н., доцент Семінський О.О.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

В останні десятиліття спостерігаються активна диверсифікація виробництва і розширення асортименту картонно-паперової продукції, що потребує розробки принципово нових технологічних процесів і конструкцій обладнання.

Виробництво паперу та картону здійснюється на паперо- та картоноробних машинах, що складаються з агрегатів – сіткової, пресової сушильної частин, машинного каландру (за необхідності) та накату. Серед зазначених агрегатів окреме місце посідає сіткова частина, на якій відбувається перетворення волокнистої суспензії на полотно та його первинне структуроутворення, закладаються умови для розвитку заданих фізико-механічних показників готової продукції. Особливу роль при цьому відіграє процес фільтрації від параметрів якого залежать продуктивність машини і якість сформованого полотна. Тим не менше, у сучасній науковій і спеціалізованій фаховій літературі питання фільтрації волокнистих суспензій та фільтрації крізь їх осади висвітлені недостатньо, а отже їх дослідження є актуальним.

Проведено експериментальне дослідження впливу ступеня стиснення осаду, утвореного з водних суспензій рослинних волокон первинної та вторинної обробки, на швидкість фільтрації води. В першому випадку для утворення суспензії використано розмелені волокна листової целюлози. В другому – макулатуру з паперу друкарського білого з питомою вагою  $80 \text{ г/м}^2$  без нанесення фарби. Дослідження проводились для різних ступенів розробки волокон в межах  $40 \dots 60 \text{ }^\circ\text{ШР}$ , що досягалось зміною часу гідроножового розмелювання при підготовці проб. Швидкість фільтрації визначалась за постійного перепаду тиску. Ступінь стиснення змінювався в межах  $0 \dots 2$ .

Для визначення швидкості фільтрації використано лабораторну дослідну установку схема якої наведена на рис. 1.

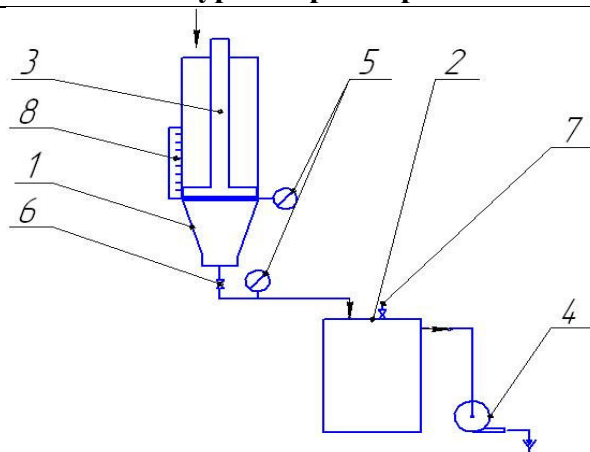


Рисунок 1 – Схема установки для визначення фільтраційних властивостей волокнистих суспензій.

Установка складається з камери 1, що містить циліндричну та конічну частини, які герметично з'єднуються між собою основами, між якими фіксується сіткова фільтрувальна перегородка, поршня з перфорованою торцевою поверхнею та пустотілим штоком 3, який має можливість руху в камері 1, вакуум-насосу 4 та ємності для вирівнювання тиску 2, вакуумметрів 5, кранів вакуумної магістралі 6 та 7, лінійки 8 для вимірювання товщини шару осаду.

За результатами досліджень встановлено, що:

1. Висота нестисненого шару осаду з суспензій з целюлозними волокнами вища, ніж осадів з макулатурних волокон, що зумовлено більшим вмістом довговолонистої фракції та більшим ступенем фібрилювання волокон.

2. У межах досліджуваних ступенів розробки волокон висота нестисненого шару волокон для кожного з видів суспензій залишалась незмінною.

3. Зі збільшенням ступеня стиснення шару осаду швидкість фільтрації стрімко зменшується, що може бути пояснене зменшенням пористості шару, ущільненням каналів у шарі по яким рухається рідина через шар осаду при фільтрації і збільшенням їх звивистості.

4. Зі збільшенням ступеня розробки волокон швидкість фільтрації суттєво зменшується внаслідок збільшення активної поверхні волокон.

5. Залежності швидкості фільтрації від ступеня стиснення шару осаду можуть бути представлені в аналітичній формі квадратичним поліномом.

Одержані результати будуть взяті за основу для проведення подальших досліджень та одержання фізично обґрунтованих математичних виразів кінетичних залежностей фільтрації крізь шари осадів з волокнистих суспензій.



## ПРОЦЕС ПРЕСУВАННЯ ФЛЮТИНГУ

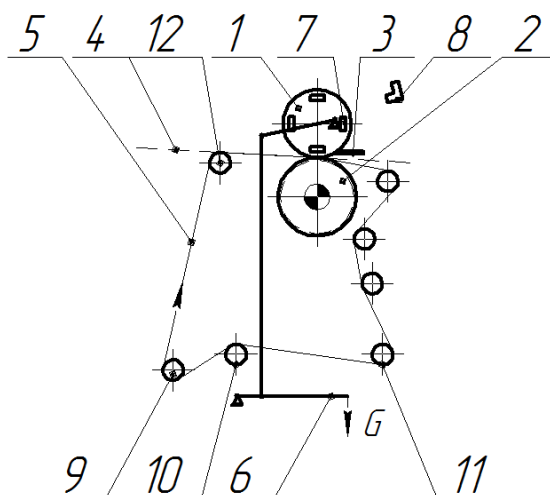
магістрант Василенко М.М., магістрант Биковець Д.П.,  
к.т.н., проф. Марчевський В.М., асист. Мельник О.П.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Один із широко використовуваних видів паперу для упаковки є флютинг. Його виготовлення енергозатратне і потребує вдосконалення пресів з метою зменшення енергоємності виробництва. Тому дослідження процесу пресування

з метою збільшення сухості паперу після пресу є актуальним.

Для дослідження процесу розроблена і виготовлена лабораторна установка рисунок 1, що дозволяє вимірювати наступні параметри [1]: величину теплового потоку, температуру вала, тиск у захваті пресу, швидкість та час пресування.



- 1 – верхній пресовий вал; 2 – нижній жолобчатий вал; 3 - шабер;  
4 – паперове полотно; 5 – нижнє сукно,  
6 – механізм притискання верхнього вала;  
7 – нерухомий електричний нагрівач; 8 – пірометр; 9 – розгінний вал;  
10 – сукно правка; 11 – сукно натяжка; 12 – сукно ведучий вал

Рисунок 1 – Схема дослідної установки для пресування флютингу.

### Перелік посилань:

1. Вісник Національного технічного університету «Київського політехнічного інституту», серія «Хімічна інженерія та ресурсозбереження», 2013 №1(11).

## ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ОБРОБКИ РІДКИХ СЕРЕДОВИЩ У РОТОРНИХ АПАРАТАХ ПУЛЬСАЦІЙНОЇ ДІЇ

магістрант Василенко Р.М.; к.т.н., доцент Семінський О.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Висока ефективність роторно-пульсаційних апаратів (РПА) при проведенні хіміко- та біотехнологічних процесів у рідких середовищах зумовлена комплексним багатofакторним впливом на речовину, що обробляється, дала поштовх для їх широкого розповсюдження та активного впровадження при модернізації існуючих та створенні нових енергозберігаючих виробництв.

Найчастіше РПА являє собою посудину, що складається з корпусу і кришки, оснащену підвідним і відвідним патрубками, всередині якої встановлені статор і ротор, виконані у вигляді по чергово розташованих коаксіальних циліндрів з перфорованими прорізами або отворами бічними поверхнями, а також приводу. Для створення додаткового напору рідини, що обробляється в РПА, у внутрішній порожнині ротора може бути встановлено крилатку.

Обробка у РПА полягає у тому, що речовина у вигляді потоку рідини подається через вхідний патрубок у внутрішню порожнину ротора і під дією відцентрової сили відкидається у радіальному напрямку та спрямовується у прорізи на бічній поверхні внутрішнього циліндра. Проходячи крізь перфорацію внутрішнього циліндра потік потрапляє в зазор між парою циліндрів статора і ротора та у прорізи наступного циліндру з більшим діаметром (рис. 1).

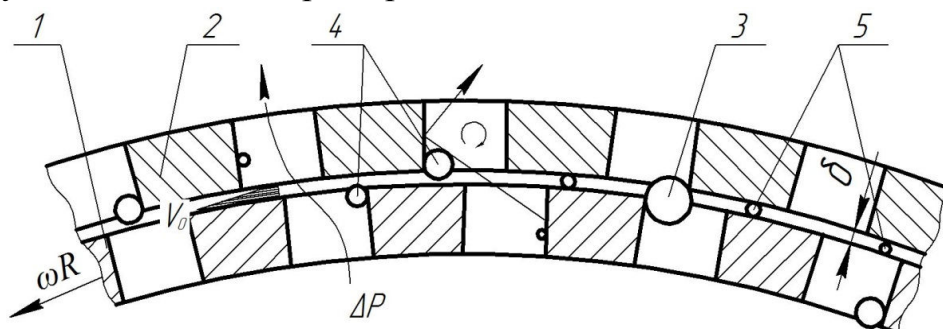


Рисунок 1 – Схема розподілення потоків рідини при обробці в РПА

Взаємодія окружної та радіальної частин потоку з елементами статора призводить до зміни напрямку руху потоку після проходження

прорізів статора. У зоні зміни напрямку потоку можливо також утворення стійких вихорів. Описаний рух потоку, що супроводжується частими змінами напрямку руху зумовлює пульсаційний багатофакторний вплив на речовину та продовжується до її виходу з зони обробки.

Більшість дослідників серед основних фізичних факторів, за рахунок яких відбувається обробка рідин в РПА виділяють: механічний та гідравлічний удар, дія рідинного тертя, пульсації тиску в протоці і кавітація [1, 2].

Ударна дія проявляється при обробці рідких дисперсних середовищ і зумовлена короткочасним зіткненням частинок у потоці 4 з суцільними елементами циліндрів статора 2 і ротора 1 при високошвидкісному перекритті радіального потоку рідини, розділення та зміні напрямку руху потоку рідини. Крім того різке перекриття живого перерізу викликає миттєву зміну швидкості потоку рідини у каналі, що зумовлює гідроудар.

Окрім ударної дії, гідроудар спричиняє утворення ударної хвилі рідини в каналі, що призводить її до коливального руху і зумовлює виникнення короткочасних імпульсів тиску, що викликає пульсації швидкості потоку рідини.

Рідинне тертя зумовлене зсувом шарів потоку рідини внаслідок великих значень градієнту швидкості в міжциліндровому зазорі  $\delta$ . При попаданні дисперсних частинок у зазор це призводить до їх подрібнення під дією зрізаючих і стираючих зусиль.

Кавітація проявляється за рахунок інерції об'єму рідини, що виривається під тиском з каналу ротора в канал статора в момент суміщення каналу ротора 1 з каналом статора 2. При закритому каналі статора рідина, просувається вперед уздовж каналу статора за рахунок інерційних сил, створює локальне розрідження на вхідній ділянці каналу статора. Короткочасний імпульс розтягуючого тиску (розрідження) викликає зростання парогазових зародків та ініціює кавітацію, яка інтенсифікує перемішування потоку рідини, диспергування та подрібнення частинок у ньому.

#### **Перелік посилань:**

1. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: Теория и практика / М.А. Промтов. – М.: Машиностроение-1, 2004. – 247 с.

2. Балабудкин М.А. Роторно-пульсационные аппараты в химико-фармацевтической промышленности. / М.А. Балабудкин. – М.: Медицина, 1983. – 163 с.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ДЕГІДРАТАЦІЇ КРИСТАЛІЧНОГО ХЛОРИДУ МАГНІЮ

проф. Марчевський В.М., асистент Улітько Р.М.  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Шестиводний хлорид магнію ( $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ), більш відомий як бішофіт, є однією з найбільш промислово важливих солей магнію. Використовується у вигляді розчину з густиною 1,28-1,32 кг/л, та в сухій формі. Бішофіт в кристалічній формі в нашій країні, та в країнах СНД досі не випускався в зв'язку зі складністю здійснення процесу сушіння [1].

Метою роботи є виявлення кінетичних залежностей процесу сушіння кристалічного бішофіту і отримання основних технологічних параметрів, необхідних для розробки промислової установки.

Запропонована математична модель, що описує процеси сушіння та дегідратації кристалічного бішофіту:

$$\frac{dU}{d\tau} = \frac{\alpha \cdot F}{r \cdot m_c} \cdot (t_f - t_m) - \frac{1}{r} \cdot (C_c - U \cdot C_v) \cdot \frac{dt}{d\tau} + k \cdot U$$

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{\alpha \cdot F (t_f - t_m)}{m_c \cdot (C_c + U \cdot C_v)} - \frac{r}{(C_c + U \cdot C_v)} \cdot \frac{dU}{d\tau}$$

$$\frac{dX}{d\tau} = z_0 \cdot \exp\left(-\frac{E}{R \cdot T_0}\right) \cdot X$$

де:  $U$ -вологоміст бішофіту, кг/кг;  $\alpha$ -коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія до кристалу,  $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ ;  $m_c$  - маса абсолютно сухого матеріалу, кг;  $F$

– сумарна площа гранул масою  $m_c$ ,  $м^2$ ;  $F = \frac{3 \cdot m_c}{l \cdot \rho}$ ;  $l$  – радіус кристала, м;

$\rho = 1560 \text{ кг/м}^3$  – густина кристалічного бішофіту;  $r$  – питома теплота пароутворення,  $кДж/кг$ ;  $t_f = 80 \div 120 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура гарячого повітря;  $t_m$  – температура матеріалу в 1-му періоді сушіння,  $^\circ\text{C}$ ;  $C_c$ ,  $C_v$  - теплоємності бішофіту та води,  $\frac{кДж}{кг \cdot К}$ ;

$z_0$ - предекспотенціальний множник,  $с^{-1}$ ;  $E$  – енергія активації,  $\frac{кДж}{кг}$ ;

$R$ -універсальна газова стала,  $\frac{Дж}{кмоль \cdot К}$ ;  $X$  – ступінь дегідратації, кг/кг.

Отримані експериментальні залежності і параметри процесів дають можливість інтегрувати математичну модель.

### Перелік посилань:

1. Производство магния электролизом. О.А.Лебедев. М.: Металлургия, 1988. 65 с.

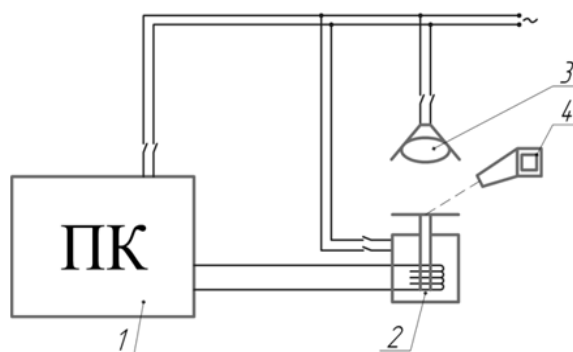
## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

магістрант О.О.Татарчук, проф., к.т.н., В.М.Марчевський

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Контактний метод сушіння паперу на сушильних циліндрах найпоширеніший в сучасній папероробній промисловості. Але його недоліки велика металоємність обладнання, значні енергозатрати та мала швидкість нагрівання вологого паперу. Тому для швидкого нагрівання паперу можна рекомендувати використовувати інфрачервоне (ІЧ) випромінювання, що має властивість проникати в об'єм матеріалу. При цьому тепло виділяється по всій товщині паперового полотна, нагріваючи його верхні і внутрішні шари, що дозволяє значно збільшити швидкість нагрівання та продуктивність машини. Для дослідження процесу розроблено комп'ютеризовану лабораторну установку, що показана на рисунку 1 [1].



1 - персональний комп'ютер; 2 - електронні ваги; 3 - інфрачервоний випромінювач потужністю 1000 Вт; 4 – пірометр

Рисунок 1 - Схема лабораторної установки

### Перелік посилань:

1.Марчевський В.М., Новохат О.А. Кінетичні закономірності нагріву та сушіння паперу із застосуванням енергії інфрачервоного випромінювання.// ОНАХТ, Наукові праці, випуск 39, Т.2, 2009 - с. 79-81

## ПРОЦЕС ГАРЯЧОГО ПРЕСУВАННЯ КАРТОНУ

магістрант Биковець Д.П., магістрант Василенко М.М.,

проф. Марчевський В.М., асист. Мельник О.П.

національний технічний університет України

«Київський політехнічний університет»

У пресах із поперечним фільтруванням води в сукні волога в результаті дії градієнтів тиску і температури переміщується із паперового полотна в сукно, проходить сукно в поперечному напрямі і виходить із нього в жолобки чи глухі отвори пресового вала, а парова частина вологи конденсується в сукні.

Кількість води, яка видаляється з паперу за рахунок фільтрації та деформації, визначається залежністю [1]:

$$Q = - \left\{ B \rho k_{\perp} \int_0^t \frac{\partial H}{\partial z} \Big|_{z=\delta} dt - B \rho k_{c_{\perp}} \int_0^t \frac{\partial H}{\partial z} \Big|_{z=\delta_c} dt \right\},$$

де  $B$  - ширина полотна паперу;  $\rho$  - густина води;  $H$  - напір;  $z$  - товщина паперу;  $k$  - коеф. фільтрації.

Враховуючи рівняння нерозривності, а також приймаючи середні значення величин коефіцієнтів пористості  $\bar{\epsilon}$ , стисливості  $\bar{\alpha}$  та фільтрації  $\bar{k}$  в заданому діапазоні тисків, отримуємо лінійне диференціальне рівняння напірної функції:

$$\frac{\partial H}{\partial \tau} = \left( \frac{(1 + \bar{\epsilon}) \bar{k}}{\bar{\alpha} \rho_s} \right) \frac{\partial^2 H}{\partial z^2}.$$

Початковий розподіл фільтраційного напору:  
 $H = (z, 0) = \varphi(z)$ . Граничні умови: при  $z = 0$ ,  $H = \mu_1(\tau)$ ; при  $z = \delta$ ,  $H = \mu_2(\tau)$ .

Для знаходження тиску пари, яким можна підвищити гідравлічний тиск необхідно знати температуру поверхні валу і відповідну поверхню паперу, що контактує з гарячою поверхнею валу. Зміну температури поверхні вала можна представити рівнянням теплопровідності

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a_T \left( \frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t}{\partial r} \right)$$

Початкові умови:

$$\tau = 0 \quad t = t_n$$

Граничні умови на внутрішній поверхні гарячого вала при  $r = R_{GH}$ :

$$q = const = \frac{N}{\pi D_{\text{вн}} B} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial r}$$

де  $N$ - потужність електронагрівачів розміщених в валі

На зовнішній поверхні вала вздовж зони контакту верхнього гарячого і нижнього приводного валів та зоною контакту зовнішньої поверхні гарячого вала з повітрям діють граничні умови третього роду:

$$-\lambda \frac{\partial t}{\partial r} = \alpha_1(t_g - t_s); \quad -\lambda \frac{\partial t}{\partial r} = \alpha_2(t_g - t_f)$$

Температура насичення на межі гарячий вал – папір можна знайти із залежності, °С:

$$t_s = t_g - \frac{q}{\alpha_1}$$

Так як  $P=f(t_s)$  тиск в захваті можна знайти за допомогою формули:

$$\lg P = A - \frac{a}{t_s + 273}$$

де  $A$  і  $a$  – дослідні коефіцієнти

Враховуючи, що гідравлічний тиск пари, в захваті пресу, розподіляється по поверхні картону за параболічним законом [1]:

$$p_i = \frac{4p_{\text{max}}}{\tau_{\text{кін}}} \tau - \frac{4p_{\text{max}}}{\tau_{\text{кін}}^2} \tau^2 = \frac{4\rho g H_{\text{max}}}{\tau_{\text{кін}}^2} (\tau_{\text{кін}} \tau - \tau^2),$$

отримаємо:

$$\mu_2(\tau) = p(\tau) = \lambda \tau_{\text{кін}} \tau - \lambda \tau^2.$$

### **Перелік посилань:**

1. Новиков Н.Е. Пресование бумажного полотна/ Новиков Н.Е. - М.: Лесная промисленность, 1972. - 240 с.
2. Марчевський В.М. Кінетика гарячого пресування паперового полотна / В.М.Марчевський, Л.Г. Воронін, А.О. Біловол, О.П. Мельник / Наук. Пр.. Одеської нац. академії харч. Технологій.-2007.- Вип 32

## **ПРОЦЕС УТИЛІЗАЦІЇ ПАПЕРОВОЇ УПАКОВКИ**

### **З ОТРИМАННЯМ БІОГАЗУ**

магістрант Смірнова В.А., к.т.н., проф. Марчевський В.М.,

к.т.н. доцент Воронін Л.Г.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний університет»

Інтенсивний розвиток виробництва упаковки не вирішує проблему її ефективної утилізації.

Особливо це стосується паперової упаковки ламінованої полімерними плівками та фольгою, тому робота направлена на її утилізацію з отриманням біогазу та вторинних продуктів, таких як плівка, фольга та добрива, є актуальною.

В роботі запропонований новий спосіб утилізації паперової упаковки, що оснований на попередній ферментації та наступному виділенні біогазу шляхом зброджування. Розроблено фізичну та математичну модель та виконано попередні експериментальні дослідження направлені на визначення кінетичних закономірностей процесу та його основних параметрів.

На основі отриманих експериментальних даних побудована графічна залежність виходу біогазу залежно від часу при 30° С (Рисунок 1).



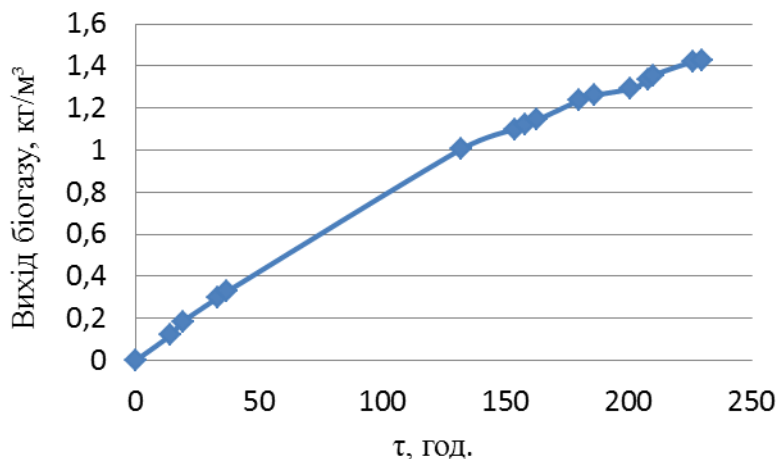


Рисунок 1 - Графічна залежність виходу біогазу від часу

З графіка видно, що процес протікає з постійною швидкістю в межах основного відрізка часу (від 0 до 200 годин). Величина питомої об'ємної потужності внутрішнього джерела виходу біогазу на даному проміжку складає  $0,0064 \text{ кг/м}^3$ . Крива виходу біогазу отримана при утилізації паперової упаковки схожа на криві отримані авторами [1, 2] при проведенні досліджень біогазового процесу з іншими сировинами.

Отримані дані показують, що процеси ферментації та біогазового метаногенезу протікають стабільно з достатньою швидкістю, величина якої практично постійна [3].

#### **Перелік посилань:**

1. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки. Практическое пособие. / Zorg Biogas, 2008.
2. Баадер В., Доне Е. Биогаз, теория и практика. / М.: «Колос», 1982 г.
3. Пилипчук М. І., Григор'єв А. С., Шостак В. В. Основи наукових досліджень: Підручник. / К. : Знання, 2007. □ 270 с.

**СЕКЦІЯ 4**

**«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»**

## ПРИНЦИПИ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ВОДИ І ВОЛОКНА З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ПК

Плосконос В.Г., к.т.н., доц., Скрипка М.Л., магістрант

Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"

Метою даної роботи є розроблення програмного забезпечення для автоматизованого розрахунку матеріального балансу води і волокна виробництва паперу та картону на базі сучасних ПК.

Під час розроблення дипломного проекту чи курсової роботи розрахунок матеріального балансу води і волокна є досить складним етапом роботи. Використання типових блоків та спеціального програмного забезпечення, а саме «Microsoft Excel» дозволяє значно полегшити трудомісткість цього етапу роботи та прискорити вибір оптимального варіанту розрахунку.

Розрахунок матеріального балансу води і волокна ґрунтується на законі збереження маси речовини, тобто рівності кількості води і сухої речовини, що надійшли на даний вузол (точку), і відповідній їх кількості, яка відходить із вузла (точки). В такому разі складається одне рівняння для балансу маси, а інше – для балансу сухої речовини (1).

В цьому випадку кількість невідомих величин може бути не більше двох, інші повинні бути задані, взяті з практичного досвіду, або визначені в процесі попередніх розрахунків.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j_1=1}^{l_1} P_{j_1 i} - \sum_{j_2=1}^{l_2} P_{i j_2} = 0 \\ \sum_{j_1=1}^{l_1} P_{j_1 i} * C_{j_1 i} - \sum_{j_2=1}^{l_2} P_{i j_2} * C_{i j_2} = 0 \end{array} \right. , \quad (1)$$

де  $i$  – порядковий (умовний) номер точки технологічної схеми, для якої виконується розрахунок матеріального балансу;

$l_1$  – кількість потоків маси (води), що поступають в  $i$  точку;

$l_2$  – кількість потоків маси (води), що виходять з  $i$  точки.

Матеріальний баланс води і волокна дає можливість визначити питомі витрати волокнистих напівфабрикатів та свіжої води на 1 т готової продукції, кількість відходів, а також ступінь використання обігової та проясненої води.

Результати, отримані після розрахунку матеріального балансу води і волокна дають підґрунтя для розуміння послідовності технологічних процесів, які відбуваються як на стадії підготовки маси, так і під час виготовлення самого паперу чи картону на паперо– чи картоноробних машинах та цілісності процесів, пов'язаних з використанням великих за обсягом масних та водних потоків.

Дані, отримані в результаті розрахунку матеріального балансу води і волокна, дають можливість розробити та оцінити балансові схеми води і волокна, а також визначитися зі шляхами скорочення питомого споживання свіжої води залежно від якості продукції, що виготовляється.

Таким чином, використання певної методології із використанням сучасних ПК дозволило створити програмне забезпечення для автоматизованого розрахунку матеріального балансу води і волокна виробництва паперу та картону, що дозволить розширити можливості методичних вказівок, які розроблено для студентів напряму підготовки 0513 – "Хімічна технологія" програми професійного спрямування 6.051301 "Хімічна технологія переробки деревини та рослинної сировини".

УДК 676:658.562.3:681.3

## **АНАЛІЗ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ПК**

Плосконос В.Г., к.т.н., доц., Скрипка М.Л., магістрант

Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"

Метою даної роботи є розроблення методології системного підходу до аналізу складних технологічних систем картонно-паперового виробництва з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки.

Захист навколишнього природного середовища від промислових забруднень можливо досягти за рахунок переведення діючих підприємств целюлозно-паперової промисловості, а також тих, що споруджуються, на маловідходну і безвідходну технології.

При цьому питомі норми споживання свіжої води на виробничі потреби зводяться до мінімуму, тобто ставиться задача створення технологічних систем, близьких до замкнених. Цього можна досягти шляхом інтенсифікації використання води, що циркулює у технологічній системі виробництва.

Картонно-паперові підприємства належать до тих виробництв, у яких вода визначає основні етапи технологічних процесів і сприяє підвищенню якості готової продукції.

Як показують проведені дослідження і літературні дані, під час скорочення витрат свіжої води в системах технологічного устаткування відбувається нагромадження водорозчинних мінеральних і органічних компонентів. Підвищений вміст їх, особливо сульфатів-іонів, викликає корозію і наростання слизу на устаткуванні, створює технологічні утруднення на стадії проклейки картону і ін.

У зв'язку із цим, для створення нормальних умов експлуатації

**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
картонно-паперових підприємств необхідно ще на стадії проектування об'єкта визначити ступінь забруднення зворотніх і стічних вод, вжити заходів щодо запобігання можливих технологічних утруднень, добитися максимального зниження шкідливого впливу стічних вод на навколишнє середовище.

Розв'язання такого типу задач утруднюється тим, що під час проектування сучасних картонно-паперових підприємств із мінімальною питомою витратою свіжої води не завжди існують аналоги, на які заздалегідь можна орієнтуватися. Спроби відтворити на одному з діючих підприємств аналогічні умови, що закладаються в проект нового об'єкта, не дають бажаних результатів, оскільки кожне виробництво характеризується характерною тільки для нього різноманітністю вузлів і апаратів, оригінальною структурою їх взаємозв'язків. Це дуже важливо в умовах інтенсивного використання в технологічних потоках зворотніх вод, коли значно зростає взаємодія елементів проектованої системи, оскільки зміна в роботі одного з них відбивається на роботі інших, а також усієї системи в цілому.

Вихід досліджуваної системи на рівноважний стан стосовно мінеральних або органічних компонентів багато в чому визначається структурою зв'язків елементів системи, а також залежить від виду і якості волокнистої сировини, що використовується, застосовуваних хімікатів, особливостей технологічного устаткування, режиму роботи очисних споруд і ін.

Таким чином, враховуючи складність задачі, аналіз складних технологічних систем на стадії проектування або реконструкції підприємств вимагає застосування методології системного аналізу та сучасних засобів обчислювальної техніки.

УДК 676

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОГО СПОСОБУ ДЕЛІГНІФІКАЦІЇ НЕДЕРЕВНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

магістрант Трубійчук Р. П., к.т.н. Трембус І.В., к.х.н. Барбаш В.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Для пошуку оптимальних значень параметрів проведення технологічних процесів, як відомо, існують різні методи оптимізації. Найбільш широко для побудови експериментально-статистичних математичних моделей для об'єкту типу технологія-властивість в якості математичного методу планування використовують повний факторний експеримент (ПФЕ) типу  $2^n$  [1].

Метою даної роботи є розроблення математичних моделей процесу одержання волокнистих напівфабрикатів (ВНФ) із стебел сорго цукрового лужно-сульфітно-спиртовим (ASAE) способом варіння для визначення максимальних значень фізико-механічних показників ВНФ, які будуть досягатися за визначених технологічних параметрів.

Попередніми дослідженнями [2] було встановлено, що при виконанні аналогічних робіт експериментальні дослідження проводяться в області, що не є лінійною. Тому в якості математичної моделі було обрано поліноми другого порядку. На основі проведеної серії варінь, в якості незалежних змінних, було вибрано наступні фактори, які впливають на показники якості ASAE делігніфікації: тривалість варіння, хв. ( $X_1$ ); температура варіння,  $^{\circ}\text{C}$  ( $X_2$ ). Ці фактори впливають на цільові функції  $Y_i$ : вихід волокнистих напівфабрикатів, % ( $Y_1$ ); вміст залишкового лігніну, % ( $Y_2$ ); розривна довжина, м ( $Y_3$ ); міцність на злам під час багаторазових перегинів, к.п.п., ( $Y_4$ ); опір роздиранню, мН ( $Y_5$ ); опір продавлюванню, кПа ( $Y_6$ ).

В результаті математичної обробки отриманих експериментальних даних розраховано рівняння регресії, які адекватно описують залежність вихідних змінних від основних технологічних параметрів і можуть бути

**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
використані в якості математичної моделі ASAE делігніфікації стебел сорго цукрового. Отримані рівняння регресії мають наступний вигляд:

$$Y_1 = 53,325 - 2,925 x_1 - 6,225 x_2 + 0,9125 x_1 x_2;$$

$$Y_2 = 6,65 - 1,3 x_1 - 1,4 x_2 - 0,075 x_1 x_2;$$

$$Y_3 = 9512,5 + 627,5 x_1 + 237,5 x_2 - 113,75 x_1 x_2;$$

$$Y_4 = 246,15 - 148,35 x_1 + 116,6525 x_2 + 55,125 x_1 x_2;$$

$$Y_5 = 440,5 + 57 x_1 + 8 x_2 - 0,75 x_1 x_2;$$

$$Y_6 = 350,75 + 27,75 x_1 + 29,75 x_2 - 4,625 x_1 x_2;$$

В результаті математичного моделювання, на основі отриманих рівнянь регресії визначено технологічні параметри проведення ASAE делігніфікації стебел сорго цукрового і отримано значення показників якості органосольвентних волокнистих напівфабрикатів у вигляді оптимальної точки. Пошук точки оптимуму був реалізований за допомогою програмного пакету Excel «Пошук рішення». В точці оптимуму значення факторів  $X_1$ ,  $X_2$  є наступними:  $X_1 = 175$  хв.;  $X_2 = 170$  °С. Показники якості отриманих волокнистих напівфабрикатів в точці оптимуму мають наступні значення:  $Y_1 = 46,7$  %;  $Y_2 = 2,1$  %;  $Y_3 = 10090$  м;  $Y_4 = 865$  к. п. п;  $Y_5 = 485$  мН;  $Y_6 = 389$  кПа.

Таким чином, застосування методу математичного моделювання дозволило вирішити задачу розроблення математичних моделей процесу варіння недеревної рослинної сировини та використання одержаних волокнистих напівфабрикатів у виробництві масових видів картонно-паперової продукції.

### **Перелік посилань:**

1. Статюха Г. О. Планування оптимального експерименту. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / Г. О. Статюха, М.Д. Складаний. – К.: Політехніка, 2004. – 36 с.

2. Барбаш В. А. Оптимізація процесу одержання целюлози для хімічної переробки натронним способом з попереднім гідролізом / В. А. Барабаш, І. М. Дейкун // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2003. – № 1. – С. 74–78.



## **ВИБІЛЮВАННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ ОДЕРЖАНОЇ З СТЕБЕЛ СОНЯШНИКУ**

магістрант Сидоренко Д. А., к.т.н. Трембус І.В.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Однією із проблем сучасної целюлозно-паперової промисловості залишається розробка екологічно чистих технологій вибілювання целюлози, оскільки, як відомо, використання для вибілювання целюлози молекулярного хлору супроводжується утворенням високотоксичних хлорорганічних сполук: хлорфенолів, діоксинів, фуранів [1]. Тому загальним напрямом розвитку технологій вибілювання целюлози є розробка методів вибілювання без використання молекулярного хлору або повністю без хлормістких реагентів.

Для вивчення відношення органосольвентних ВНФ одержаних з стебел соняшнику до основних вибілювальних реагентів в роботі використовували органосольвентну целюлозу одержану лужно-сульфітно-спиртовим способом делігніфікації. Варіння стебел соняшнику проводили розчином сульфату натрію і їдкою натру у співвідношенні 80 : 20 об'ємних %, при співвідношенні об'ємів етилового спирту і води 35 : 65 у %, при витратах антрахінону 0,1 % від маси абс. сух. сировини, за температури 170 °С, тривалості 150 хв. В результаті проведення процесу делігніфікації було одержано целюлозу з виходом 47,6 % і вмістом залишкового лігніну 7,2 % від маси абс. сух. сировини, білість 36,8 %.

В якості основного вибілювального реагенту, який може використовуватися на перших ступенях вибілювання органосольвентної недеревної целюлози, досліджувався пероксид водню з його витратами від 1 до 10 % від маси абс. сух. целюлози. Результати проведених досліджень наведено на Рисунок 1.

Із Рисунок 1 видно, що використання пероксиду водню призводить до ефективного видалення лігніну із органосольвентної целюлози. При цьому встановлено, що видалення 50 % лігніну від його початкового вмісту в невибіленій органосольвентній целюлозі із стебел соняшнику досягається вже при витратах пероксиду водню 5 % від маси абс. сух целюлози.

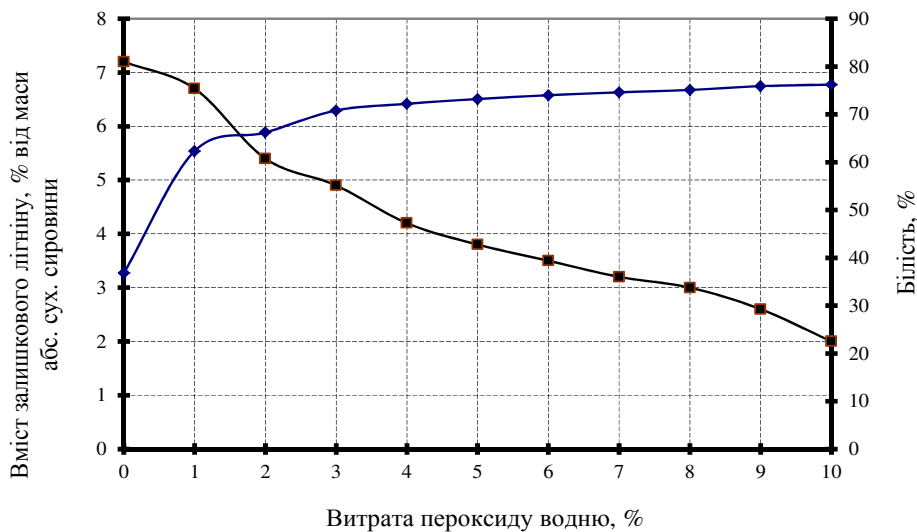


Рисунок 1 – Залежність вмісту залишкового лігніну і білості лужно-сульфотно-спиртової целюлози із стебел соняшнику від витрат вибілювального реагенту

У процесі вибілювання  $H_2O_2$  з підвищенням витрат реагенту вихід недеревної целюлози зменшується від 14 до 18 % за рахунок розчинення низькомолекулярної фракції целюлози і геміцелюлоз. Невисокі втрати целюлози при цьому свідчать про те, що під час пероксидного вибілювання відбувається мінімальна деструкція вуглеводних компонентів рослинної сировини, а основні реакції в процесі вибілювання  $H_2O_2$  спрямовані на окислення хромофорних груп лігніну і екстрактивних речовин, за рахунок чого білість целюлози зростає без значного зниження її виходу. Це пов'язано з тим, що пероксид водню має низький окислювальний потенціал і тому він в меншій мірі окислює органосольвентну целюлозу із стебел недеревної рослинної сировини. Застосування пероксидного вибілювання на перших ступенях у лужному середовищі може розглядатися як продовження процесу делігніфікації рослинної сировини.

#### Перелік посилань:

1. Непенин Н.Н. Технологія целюлози. В 3 – х т. Производство целюлози органо-сольвентными способами. -М: Лесная промышленность, 1976.- 624с.

## **НІТРАТИ ЦЕЛЮЛОЗИ ІЗ ЛУБОВОЛОКНИСТИХ ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР**

магістрант Дрозд К., к.т.н., доц. Дейкун І.М., к.х.н., доц. Барбаш В.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

З усіх видів рослинної сировини, яка використовується у целюлозно-паперовій промисловості, найбільший вміст целюлози має бавовна – 95...97%. Порівняно багаті целюлозою луб'яні волокна таких технічних рослин, як льон, коноплі, джут, рамі, кенаф, у яких вміст целюлози досягає 63...67%, в той час, як різні породи деревини в середньому містять 40...55% целюлози [1]. Тому ці лубоволокнисті технічні культури є цінною сировиною для виробництва волокнистих напівфабрикатів різного призначення. У попередній роботі наведені результати нітрування лляного волокна [2].

Мета роботи – одержання нітратів целюлози із лубоволокнистих технічних культур – кенафу та конопель.

Для нітрування використовували вибілену целюлозу, одержану комбінованим варінням подрібнених волокон конопель і кенафу.

На першій стадії проводили натронне варіння в автоклавах, занурених у гліцеринову баню за температури 175<sup>0</sup>С, з гідромодулем 5:1, тривалістю 1,5; 2 і 2,5 год. Витрати NaOH на варіння -20% від маси абс. сух.сировини.

Промиту целюлозу обробляли розчином пероцтової кислоти (ПОК) з концентрацією ПОК 9,9% і пероксиду водню 5,8 % протягом 15-45 хв за температури 95<sup>0</sup>С у скляних колбах, оснащених зворотнім холодильником.

У результаті комбінованого варіння одержали вибілені волокнисті напівфабрикати з вмістом  $\alpha$ -целюлози 87,32...69,15% і зольністю 0,50...0,13%.

Після нітрування волокнистих напівфабрикатів із кенафу та конопель нітруючою сумішшю з вмістом азотної кислоти 19,5мас.%, сірчаної кислоти 62,5 мас.% та води 18мас. % одержали нітрати целюлози з виходом 105...156% від маси абс. сух. целюлози.

### **Перелік посилань:**

1. Диагностические признаки недревесных растительных и химических волокон/В.Е. Москалева, З.Е. Брянцева, Е.В. Гончарова и др./Под.ред. Н.П. Зотовой-Спановской.- М.: Лесн. пр-ть, 1981.-120 с.

2. І.М.Дейкун В.А Барбаш. Одержання нітратів целюлози із лляної целюлози /Сборник тезисов докладов XVI конференции аспирантов и молодых ученых «Экология. Человек.Общество» (17-19 мая 2013 г., Киев)/Составитель Д.Е. Бенатов.- К.: НТУУ «КПІ», 2013. - с. 34-35.

3. Бытенский В.Я., Кузнецова Е.П. Производство эфиров целлюлозы. - Л.: Химия, 1974.- 208 с.

## МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ СТЕБЕЛ МІСКАНТУСА

магістрант Микитюк Т.С., к.х.н. Барбаш В.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Математичні моделі процесу нейтрально-сульфітного варіння стебел міскантуса у вигляді рівнянь регресії - залежностей показників якості нейтрально-сульфітних волокнистих напівфабрикатів ( $y_i$ ) від основних технологічних факторів ( $x_i$ ) одержувалися з використанням повного факторного експерименту типу  $2^3$ .

На основі проведених попередніх досліджень визначено інтервали технологічних параметрів, які використовувалися для планування експерименту (табл. 1).

Таблиця 1 – Найменування факторів та діапазони їх значень

Діапазон варіювання факторів	Тривалість варіння, хв	Концентрація варильного розчину, г/л SO <sub>2</sub>	Температура варіння, °С
	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Нижній	60	20	160
Верхній	120	40	180
Нульовий	90	30	170

За алгоритмом ПФЕ розроблено програму розрахунку та одержано коефіцієнти рівняння регресії процесу нейтрально-сульфітного варіння стебел міскантуса для кожного показника якості  $y_i$  (табл. 2).

Однорідність построків дисперсій перевіряли з використанням критерію Кохрена, значимість коефіцієнтів регресії математичних моделей перевірялась за допомогою критерію Стюдента. Перевірка адекватності одержаних математичних моделей виконувалась за критерієм Фішера.

Таблиця 2 – Значення коефіцієнтів  $b_i$  рівняння регресії для різних показників якості нейтрально-сульфітної целюлози із стебел міскантуса

Показники якості	Значення коефіцієнтів $b_i$						
	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	$b_5$	$b_6$
Вихід ВНФ ( $y_1$ ), %	53,7	-4,3	-3	-7,3	-0,3	-1,6	-1,3
Вміст лігніну ( $y_2$ ), %	3,5	-0,9	-0,5	-1,2	-0,1	-0,4	-0,1
Ступінь делігніфікації ( $y_3$ ), %	91,7	2,9	1,6	3,8	0,2	0,8	0,3
Розривна довжина, м	6196	671	-296	-796	-50	350	-200
Опір роздиранню, мН	66,8	8	-3,5	7	-0,6	3,4	-2,1
Опір продавлюванню, кПа	243,3	22	-10,5	26,8	0	8,8	-6,3
Міцність на злом, ч.п.п.	212,3	23,8	-8,0	21,3	2	12,3	-3,5

Отримані математичні моделі адекватно описують процес одержання нейтрально-сульфітної целюлози із міскантуса вказаним рівнянням регресії і свідчать про те, що збільшення тривалості варіння, концентрації варильного розчину і температури процесу делігніфікації закономірно призводить до зниження абсолютних значень виходу і вмісту лігніну та збільшення ступеня делігніфікації. Порівняння абсолютних значень коефіцієнтів регресії  $b_i$  свідчить про те, що за збільшенням впливу на показники якості волокнистих напівфабрикатів технологічні фактори можна розташувати в наступний ряд: концентрація варильного розчину - тривалість варіння – температура варіння.

У результаті аналізу фізико-механічних показників якості нейтрально-сульфітних ВНФ зі стебел міскантуса, видно, що фактор тривалості варіння впливає на збільшення абсолютних значень показників якості ВНФ, а фактор концентрації варильного розчину – зменшення. Таким чином, для одержання волокнистих напівфабрикатів із стебел міскантуса із наперед заданими значеннями показників якості можна рекомендувати одержані математичні моделі нейтрально-сульфітного способу делігніфікації.

## ВИКОРИСТАННЯ БАЗАЛЬТОВИХ ТА ХІМІЧНИХ ВОЛОКОН У ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНОГО ПАПЕРУ ПІДВИЩЕНОЇ ТЕРМОСТІЙКОСТІ

Скрипка М. Л. магістр., Антоненко Л. П. к.х.н. доц.,  
Плосконос В. Г. к.т.н. доц  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Виробництво паперу-подібного матеріалу на основі мінеральних волокон потребує розширення теоретичних основ, експериментальних досліджень та вдосконалення технології виробництва на основі існуючого папероробного обладнання. Важливим питанням є вибір мінерального волокна, яке дозволить отримувати паперу-подібні композити з високою термостійкістю і міцністю. Враховуючи те, що мінеральні волокна не мають здатності до утворення міцних міжволоконних зв'язків, до композиції будуть входити додаткові зв'язувальні речовини, умови використання і вплив яких потребує детальнішого вивчення.

Метою нашої роботи є отримання результатів аналізу властивостей матеріалу, до композиції якого входять базальтові, полівінілспиртові та поліефірні волокна, а також визначення оптимального співвідношення волокон для отримання електроізоляційного матеріалу підвищеної термостійкості.

Було вироблено зразки паперу різної композиції та проведено їх фізико-механічне випробування. Результати наведено в таблиці.

№ п/ п	Композиція, %			Найменування показників		
	Базальтові волокна	Поліефірні волокна	Полівініл- спиртові волокна	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Руйнівне зусилля, Н	Відносне видовження, %
1	65	20	15	0,30	8,92	4,8
2	70	15	15	0,31	10,06	3,19
3	75	10	15	0,33	12,64	5,24
4	80	5	15	0,35	18,18	2,28
5	85	0	15	0,29	2,2	1,7

У разі зменшення вмісту поліефірного волокна, а вміст полівінілспиртового волокна залишається сталим, відбувається збільшення щільності паперу. Одночасно з цим підвищуються показники руйнівного зусилля а значення відносного видовження змінюються нерівномірно, до того ж без використання поліефірного волокна були отримані зразки дуже не однорідної структури, базальтові волокна збиваються в пучки і не утворюються зв'язки між базальтовими і полівінілспиртовими волокнами, як це видно із дослідження зразка без вмісту поліефірного волокна.

Найкращі показники мав зразок з композицією: базальтові волокна – 80 %, поліефірні волокна – 5 %, полівінілспиртові волокна – 15 %.

Слід зазначити, що у разі використання каолінових волокон була отримана композиція іншого складу: каолінові волокна – 70 %, поліефірні волокна – 15 %, полівінілспиртові волокна – 15 %. [1]

Надалі планується проведення аналізу впливу температури на механічні показники електроізоляційного матеріалу підвищеної термостійкості отриманого із визначених вище композицій волокон.

Таким чином буде визначена оптимальна температура використання електроізоляційного матеріалу підвищеної термостійкості.

### **Перелік посилань:**

1.Скрипка М. Л., Заїка Д. С. студ., Антоненко Л. П., Плосконос В. Г. Використання мінеральних та хімічних волокон у виробництві електроізоляційного паперу підвищеної термостійкості – Збірник тез доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених 15 – 16 травня 2013 р. м. Київ «Ресурсозберігаючі технології та обладнання» 15 – 16 травня 2013 р. – с. 92 – 93.



## **ВПЛИВ КОМПОЗИЦІЇ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ЦЕЛЮЛОЗИ НА ЙОГО МЕХАНІЧНУ МІЦНІСТЬ**

Мовчанюк О.М. доц., к.т.н., Родюк О.В., Шевчук О.В. магістри

Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"

Фільтрувальні види паперу та картону застосовуються для очищення і концентрування рідин і газів у багатьох сферах життя і діяльності людини, включаючи практично всі галузі виробництва. У сучасному асортименті фільтрувальних матеріалів, залежно від виду фільтрованого середовища, виділяють групу фільтрувальних видів паперу та картону для медико-біологічних і харчових рідин [1]. Для очищення рідин у світовій промисловості широко використовуються баромембранні технології [2]. Для оцінки ефективності використання фільтрувальних матеріалів, що працюють в умовах підвищеного тиску, застосовується комплекс характеристик, серед яких важливу роль відіграють показники механічної міцності. Механічна міцність забезпечує можливість проходження паперового полотна по папероробній машині, пристроям для просочення, обробки паперу і збереження цілісності фільтруючого елемента в період експлуатації.

Метою роботи було дослідження впливу композиції фільтрувального матеріалу, що виготовлений на основі целюлози, на його механічну міцність.

Лабораторні зразки фільтрувального матеріалу були виготовлені традиційним мокрим способом формування на листовідливному апараті, з хвойної сульфатної вибіленої целюлози, з додаванням 10 – 15 % синтетичного волокна та 10 – 50 % клею від маси абсолютно сухого волокна. Крім того, в якості регулятора лужності в масу вводився глинозем.

Механічна міцність зразків оцінювалася показником опору

**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
продавлюванню в сухому та вологому стані, в середньому з обох сторін, тому що зовнішні зусилля під час роботи в умовах підвищеного тиску спрямовані саме в перпендикулярному до площини матеріалу напрямку.

Дослідження показали, що максимальні значення опору продавлюванню як у вологому (130 кПа), так і в сухому стані (484 кПа) було досягнуто для композиції целюлоза+клей при витраті клею 30 %. Подальше збільшення витрати клею до 50 % призводить до зниження показника.

Таким чином, в результаті проведених досліджень було отримано зразки фільтрувального матеріалу, опір продавлюванню яких у вологому стані до 26 разів перевищує норми цього показника для паперу фільтрувального лабораторного за ГОСТ 12026. Такий матеріал може використовуватися для фільтрування в умовах підвищеного тиску.

#### **Перелік посилань:**

1. Гончарук В.В. Перспективы развития фундаментальных и прикладных исследований в области физики, химия и биологии воды / В.В. Гончарук, А.В. Мамченко, Н.А. Клименко. – К.: Наукова думка, 2011. – 407 с.

2. Остреров М.А. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т.2. Производство бумаги и картона. Ч. 2. Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. – СПб.: Политехника, 2006. – 499 с.

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ БАРОМЕМБРАННОГО ФІЛЬТРУВАННЯ  
ВОДИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ  
НА ОСНОВІ ЦЕЛЮЛОЗИ**

магістрант Мовчанюк О.М., к.т.н., доц., Плосконос В.Г., к.т.н.,

доц., Родюк О.В., магістрант Шевчук О.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

Існує велика кількість методів очищення стічної та питної води. Сьогодні широко використовуються баромембранні процеси. Основними перевагами таких методів є екологічна безпека, висока якість очищеної води, висока продуктивність і малі габарити устаткування, низька енергоємність.

Метою даної роботи є розроблення математичних моделей процесу баромембранного фільтрування води за допомогою фільтрувального матеріалу на основі целюлози для визначення оптимальних експлуатаційних характеристик фільтрувального матеріалу, які будуть досягатися за визначених маси  $1 \text{ м}^2$  та композиції матеріалу.

Вирішення задач такого класу має відбуватися в певній послідовності та базуватися на використанні можливостей методу математичного моделювання в поєднанні із певною методологією вирішення такого класу задач.

На першому етапі даного дослідження в лабораторних умовах були проведені експериментальні дослідження.

Аналіз експериментальних даних показує, що кожний із факторів, що входять до матриці експерименту, змінюються в максимально можливому діапазоні, а саме:

$X_1$  – маса  $1 \text{ м}^2$  фільтрувального матеріалу, г;

$X_2$  – витрата клею, %;

$X_3$  – витрата глинозему, %.

Такий підхід надає можливість на етапі експериментальних досліджень одержати максимально можливий об'єм інформації про досліджувані властивості отриманих зразків, який в подальшому буде використано в процесі створення відповідних математичних залежностей.

В якості параметрів оптимізації вибрані параметри механічної міцності, продуктивності та затримуючої здатності досліджуваних зразків фільтрувального матеріалу.

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

Другий етап – етап, на якому виконується розробка математичних моделей. Якщо результати експериментальних досліджень являють собою інформаційний (цифровий) макет об'єкта, який ми досліджуємо, то математичні моделі (описи) – це закодована (стисла) інформація про вплив, який мають вхідні фактори на параметр оптимізації.

На цьому етапі пропонується застосування методології синтезу математичних моделей з використанням методу групового урахування аргументів (МГУА).

У відповідності з масивом експериментальних даних, отриманих в лабораторних умовах, в роботі створені математичні описи:

а) математична модель за показником опору продавлювання у вологому стані,кПа:

$$Y_1 = 95,50 - 2,10 \cdot 10^3 \cdot \sin^2(X_2) \cdot \sin(X_3) - 6,08 \cdot 10^{-1} \cdot X_1 \cdot \sin(X_2) - 3,31 \cdot 10^{-7} \cdot X_1^4 - 6,37 \cdot X_1 \cdot \sin(X_1) \cdot \sin^2(X_3)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 4,5 %.

б) математична модель за показником опору продавлювання у сухому стані,кПа:

$$Y_2 = 284,24 - 8,35 \cdot X_2 \cdot \sin(X_2) \cdot \cos(X_3) + 3,07 \cdot 10^{-1} \cdot X_1 \cdot \sin(X_2) \cdot X_3 + 6,74 \cdot 10^1 \cdot \sin^2(X_1) \cdot \sin(X_2) \cdot \cos(X_3) + 4,58 \cdot X_1 \cdot \cos(X_1) \cdot \cos(X_2) \cdot \sin(X_3)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,67 %.

в) математична модель за показником швидкість трансмембранного потоку, см<sup>3</sup>/(см<sup>2</sup>·хв):

$$Y_3 = 0,30 + 9,75 \cdot \sin(X_2) \cdot \sin(X_3) \cdot \cos^2(X_3) - 5,78 \cdot 10^{-5} \cdot X_1 \cdot X_2 - 3,27 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 + 1,02 \cdot 10^{-3} \cdot X_1$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 4,22 %.

г) математична модель за показником селективності за кольоровістю, %:

$$Y_4 = 37,95 + 1,33 \cdot 10^2 \cdot \sin^2(X_2) \cdot X_3 - 9,70 \cdot 10^1 \cdot \sin(X_1) \cdot \sin^2(X_2) \cdot \cos(X_2) + 3,31 \cdot 10^{-5} \cdot X_1^3 \cdot \sin(X_2) - 4,83 \cdot \cos^3(X_1) \cdot \cos(X_3)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,34 %.

д) математична модель за показником залишкової кольоровості, град:

$$Y_5 = 28,94 - 1,10 \cdot X_2 \cdot \cos(X_2) \cdot \sin(X_1) \cdot \cos(X_3) - 6,04 \cdot 10^{-6} \cdot X_2^4 - 1,70 \cdot 10^{-1} \cdot X_2 \cdot \sin(X_1) \cdot \sin(X_2)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 1,44 %.

Таким чином, використання методу математичного моделювання в поєднанні із певною методологією дозволило вирішити задачу розроблення математичних моделей процесу баромембранного фільтрування води за допомогою фільтрувального матеріалу на основі целюлози, які можуть бути використані з метою пошуку оптимальних умов.

**МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМУ НАТРОННОГО  
ВАРІННЯ НА ОТРИМАННЯ ВОЛОКНИСТИХ  
НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ СУМІШІ РІПАКУ І СОНЯШНИКУ**

Плосконос В.Г. к.т.н.доц., Котюх Ю.М. магістрант

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

Метою досліджень є розроблення математичних залежностей впливу режиму натронного варіння на показники якості отриманих волокнистих напівфабрикатів.

Вирішення задач такого класу має базуватися на використанні можливостей методу математичного моделювання в поєднанні із сучасним рівнем розвитку засобів обчислювальної техніки.

Проведені в лабораторних умовах попередні дослідження дали можливість визначитися з факторами та інтервалами їх варіювання.

Були вибрані наступні параметри оптимізації: вихід напівфабрикату, %, ( $Y_1$ ); вміст лігніну у отриманому напівфабрикаті, %, ( $Y_2$ ); розривна довжина, м, ( $Y_3$ ); опір продавлюванню, кПа/м<sup>2</sup>, ( $Y_4$ ).

Для складання матриці експериментальних досліджень використані результати аналізу якісних показників отриманих напівфабрикатів.

У відповідності з масивом експериментальних даних в роботі створені математичні описи, а саме: ( $Y_1 - Y_6$ ):

*а) математична модель за показником виходу целюлози, %*

Математична модель за показником виходу має такий вигляд:

$$Y_1 = 72,99 - 3,16 \cdot 10^{-6} \cdot X_1^2 - X_3^2 - 2,73 \cdot 10^{-4} \cdot X_2^2 - 3,20 \cdot \text{Cos}(X_1) \cdot \text{Cos}^2(X_3) \cdot \text{tg}(X_3) + 5,23 \cdot 10^{-4} \cdot X_1^3 \cdot \text{Cos}(X_4)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 7,31%.

*б) математична модель за показником залишкового лігніну, %*

Математична модель за показником залишкового лігніну має такий

вигляд:

$$Y_2 = 17,11 - 7,24 \cdot 10^{-1} \cdot X_1 \cdot \sin(X_3) \cdot \cos(X_3) \cdot \cos(X_4) - \\ - 3,13 \cdot 10^{-1} \cdot X_1 \cdot \cos^2(X_3) \cdot X_4 - 5,75 \cdot 10^{-6} \cdot X_1^3 \cdot X_2 + \\ + 6,13 \cdot 10^{-5} \cdot X_2^2 \cdot \cos(X_3) \cdot X_4 + 9,45 \cdot 10^{-1} \cdot \cos(X_1) \\ \cdot \cos^3(X_3)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 8,37%.

*в) математична модель за показником розривної довжини, м*

Математична модель за показником розривної довжини має такий

вигляд:

$$Y_3 = 5677,61 + 3,45 \cdot 10^1 \cdot X_3 \cdot \sin(X_3) \cdot \cos^2(X_3) - 3,45 \cdot 10^3 \\ \cdot \sin(X_1) \cdot \cos^2(X_3) \cdot X_4 + 1,78 \cdot 10^3 \cdot \sin(X_3) \cdot \cos(X_3) \cdot \cos(X_4) - \\ - 2,38 \cdot \cos(X_1) \cdot X_2 \cdot \sin(X_2) \cdot \operatorname{tg}(X_2)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 7,14%.

*г) математична модель за показником опору роздиранню, Н*

Математична модель за показником опору роздиранню має такий

вигляд:

$$Y_4 = 236,93 + 1,35 \cdot 10^1 \cdot X_1 \cdot \sin^2(X_3) \cdot \cos(X_3) + 5,14 \cdot X_1 \cdot \cos^2(X_3) \\ = X_4 - 8,44 \cdot 10^1 \cdot \sin^2(X_3) \cdot \cos(X_2) \cdot \cos(X_3) + \\ + 6,77 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_3) \cdot \sin(X_3) \cdot \cos^2(X_4) + \\ + 3,30 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_1) \cdot \sin^2(X_2) \cdot \cos(X_4)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 7,34%.

Проведено математичне оброблення результатів дослідження та отримано математичні моделі, які дозволяють проаналізувати механізми процесів, що досліджувалися, вивчити закономірності змін властивостей об'єкта, що вивчається, в точках, що не були включені в експеримент.

**СЕКЦІЯ 5**

**"ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ"**

## **РОЗРОБЛЕННЯ НОВИХ ВИДІВ ФРУКТОВИХ НАПОЇВ З ДОДАВАННЯМ ЕКСТРАКТІВ РОСЛИННОЇ ЛІКАРСЬКОЇ СИРОВИНИ**

М.М.Жеплінська к.т.н., доц., А.В. Копиленко к.т.н., доц.,

Л.В.Зоткіна к.т.н., доц., О.В. Кузьменко магістрант

Національний університет харчових технологій

З глибокої старовини людина використовувала природні блага рослинного світу і як джерело свого прожитку, і для полегшення своїх недуг. Спостережливість і народна мудрість заклали основу вживання рослин в лікуванні людини спочатку з місцевої флори, а в ході суспільного розвитку і налагодження торгівельних стосунків - практично зі всієї земної кулі. Обмін знаннями дозволив людині створити вельми значний арсенал лікарських засобів [1].

З незапам'ятних часів людина використовувала лікарські трави для лікування самих різних захворювань.

Таким чином, здоров'я сучасної людини багато в чому залежить від якості і кількості, що поступають з їжею, біологічно активних речовин. Тому їх вживання є одним з найважливіших альтернативних методів оздоровлення людини і профілактикою найбільш поширених захворювань. Нами розроблено і запропоновано фруктові консерви на основі екстрактів лікарських трав в оздоровчо-профілактичних цілях [2].

Основна сировина – яблука та виноград, додаткова - ромашка, звіробій та шавлія, які є поширеними на території України і мають в своєму хімічному складі достатньо велику кількість біологічно активних речовин, що позитивно в невеликих дозах впливають на самопочуття людини, посилюють кровообіг, виявляють протизапальну, бактеріостатичну дію тощо.

Для отримання екстрактів з лікарської сировини визначили необхідне співвідношення твердої та рідкої фаз, яке становило 1:10. Процес екстрагування здійснювали від 20 до 80 °С, спостерігаючи



**Збірник тез доповідей VI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
зростання вмісту розчинних сухих речовин (РСР). Встановлено, що збільшення температури понад 70 °С недоцільне, бо не відбувається приросту вмісту РСР.

На основі отриманих екстрактів розроблені рецептури для виготовлення таких фруктових напоїв як яблучний, виноградний та виноградно-яблучний, в яких фізико-хімічні показники входять в область, що передбачена для фруктових напоїв за стандартом України на соки та сокові напої.

Отримані екстракти з таких лікарських трав як ромашка, звіробій та шавлія рекомендовано як додатковий інгредієнт для фруктових напоїв з метою підвищення в них біологічно активних речовин, що дозволить застосовувати такі напої в оздоровчо-профілактичних цілях. Вміст деяких біологічно активних речовин (мікро-, макроелементів, вітаміну С, органічних кислот) в отриманих екстрактах довів високу їх кількість, яка будучи внесена до основного напою, сприятиме покращенню самопочуття організму людини.

Для визначення оптимальних параметрів процесу екстрагування цінних речовин з лікарської сировини отримано рівняння регресії, за допомогою яких експрес-методом можна визначати передбачуваний вміст в екстрактах РСР при необхідних температурах і тривалості процесу.

#### **Перелік посилань:**

1. Екстракція рослинної сировини /Ю.І.Сидоров, І. І. Губицька, Р.Т.Конечна, В.П.Новіков. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2008. – 336 с.

2. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология /В.Б.Спиричев, Л.Н.Шатнюк, В.М. Позняковский: Под. общ. ред. В.Б.Спиричева, - 2-е изд. стер. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2005. – 548 с.

## **ВИКОРИСТАННЯ ПАРОКОНДЕНСАЦІЙНОЇ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ ЯБЛУЧНОГО СОКУ**

М.М. Жеплінська, к.т.н., доц., О.С.Бессараб., к.т.н., професор,

О.Ю. Бих, магістрант, В.В. Пацуков, магістрант

Національний університет харчових технологій

Під освітленням розуміють вивільнення соку від каламуті та більшої частини колоїдних речовин і одержання прозорого продукту.

Існує багато способів освітлення соків, серед яких найчастіше використовують спосіб з додаванням ферментних препаратів [1]. Як альтернатива нами досліджувалась можливість застосувати для освітлення соків, зокрема яблучного, пароконденсаційну кавітацію.

Мета роботи полягала в знаходженні ефективного режиму оброблення яблучного соку парою в пароконденсаційному кавітаційному пристрої для його освітлення.

Дослідна лабораторна установка складалася із котла, в якому отримується пара, збірника пари, двох манометрів, барботера, скляної посудини з соком, та ємності, в яку розміщували посудину з соком. Оброблення соку проводили з потенціалом пари 0,12; 0,16; та 0,2 МПа з інтервалом температури 10 °С. Початкова температура соку становила 20 °С.

Механізм оброблення соку полягає в проходженні струменя пари в об'ємі соку, його дробіння на парові бульбашки із подальшим їх колапсом. В результаті колапсу (тобто сплескування) кавітаційних бульбашок виникають кавітаційні ефекти, які ініціюють процес коагуляції речовин колоїдної дисперсності, які складають білково-пектиновий комплекс соку.

Запропонована модель взаємодії кавітаційної бульбашки із колоїдними частинками соку. Згідно теорії Френкеля, кавітаційна бульбашка в момент свого виникнення має лінзоподібну форму, протилежні сторони якої мають протилежні заряди.

Колоїдні частинки, в результаті кавітаційних ефектів, мають на своїй поверхні подвійний електричний шар з від'ємним зарядом.

Таким чином, можна передбачити, що внаслідок взаємодії протилежних зарядів колоїдних частинок та кавітаційних бульбашок відбувається об'єднання частинок, їх укрупнення та седиментація.

Отже, ударно-хвильова дія, яка виникає при колапсі бульбашок, інтенсифікує процес коагуляції речовин колоїдної дисперсності.

Були проведені розрахунки для визначення кількості пари, яка додавалася до соку. У відсотках це становить 1,6 % до маси соку.

Внаслідок оброблення відбувається збільшення об'єму соку. Це відбувається за рахунок розбавлення соку водяною парою. При збільшенні об'єму відбувається зниження вмісту сухих речовин. Але це розбавлення не має суттєвого впливу на сік, так як вміст сухих речовин не менше нормованих показників.

Щодо забарвленості, при потенціалі пари 0,2 МПа, показник забарвленості має найнижче значення, і відповідно прозорість найвища, а вміст осаду найбільший. Це свідчить про те, що чим вищий потенціал пари, тим краще проходить взаємодія речовин колоїдної дисперсності з кавітаційними бульбашками, в результаті яких відбувається коагуляція речовин білково-пектинового комплексу соку.

Проведені техніко-економічні розрахунки свідчать про можливість використання для освітлення яблучного соку пароконденсаційного пристрою, що може бути встановлений в трубопроводі, який розміщений між стрічковим пресом та відстійником.

Оброблення яблучного соку в пароконденсаційному кавітаційному пристрої дозволяє покращити седиментаційні властивості обробленого соку. Завдяки такому обробленню підвищується продуктивність відстійників. Отримані дані дозволяють встановити режим оброблення: тиск пари  $p=0,2$  МПа до температури соку 40-50 °С. Аскорбінова кислота в обробленому соці зберігається краще, ніж при простому нагріванні. Природні властивості соку зазнають мінімальних змін за рахунок дії невисоких температур за короткий проміжок часу.

#### **Перелік посилань:**

1. Технологія консервування плодів, овочів, м'яса і риби / Флауменбаум Б.Л., Кротов Є.Г. Загібалов О.Ф. та ін. ; За ред. Флауменбаума Б.Л. К.: Вища школа, 1995. - 301 с.

## **ПИЛООЧИСНІ УСТАНОВКИ**

Р. Прозор, доц., к.т.н. А. В.Копиленко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

### **Вступ**

Повітряні фільтри належать до основних пилоочисних установок, широко застосовуються для очищення повітря від пилу на підприємствах різних галузей промисловості України.

Повітряними фільтрами називають установки, призначені для відокремлення (вилучення) пилу з повітря та газів. Найбільш поширеними для відокремлення пилу з повітря є сухий, мокрий та електричний методи.

### **Матеріали і методи**

Важливими показниками повітряних фільтрів є ефективність, пилоємність (пилопродуктивність) та опір. Ефективність фільтрів залежить від умов, в яких вони використовуються, зокрема від дисперсності вловлюваного пилу.

Повітряні фільтри класифікуються за продуктивністю. В різних країнах класифікація фільтрів має відмінності та особливості. У табл. 1 наведена класифікація повітряних фільтрів, які застосовуються в країнах СНД і ФРН.

Показники ефективності, наведені в табл. 1, можуть бути використані для оцінки нижніх меж ефективності під час очищення атмосферного повітря, запиленість якого знаходиться на максимальному рівні, встановленому нормами (0,5 мг/м<sup>3</sup>), або перевищує його не більше, ніж у два рази. Під ефективним вловлюванням розуміють вловлювання з ефективністю, близькою до 100%.

До фільтрів I, II класів відносять переважно волокнисті фільтри з різною товщиною та щільністю фільтрувального матеріалу. Фільтри I класу характеризуються здатністю вловлювати та достатньо надійно утримувати на сухих фільтрувальних поверхнях частинки пилу всіх розмірів — від частинок, що вимірюються десятими, а навіть сотими частками мікрометра, які вловлюються в результаті дії механізму дифузії і зчеплення (Е0, Ев+г), до великих частинок, що затримуються в густому переплетенні тонких волокон фільтрувального матеріалу.

У волокнистих фільтрах II класу з товстішими волокнами механізм дифузії менше діє, тому в них затримуються не всі частинки, особливо менші 1 мкм. Великі частинки ефективно затримуються в результаті механічного зчеплення. Частинки, більші 4—5 мкм, у сухих фільтрах цього класу затримуються недостатньо. Товщина волокна у волокнистих фільтрах II класу не повинна перевищувати 8—10 мкм. В електричних фільтрах частинки пилу затримуються під впливом електричних сил.

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

У пористих фільтрах III класу, що заповнюються відносно товстими волокнами, дротом, перфорованими та зигзагоподібними листами, основними діючими факторами є інерція. Унаслідок великих розмірів пор і каналів заповнення фільтрів та створення умов ефективного затримання великих частинок фільтри цього класу змочують різними рідинами.

Таблиця 1. Системи класифікації повітряних фільтрів у різних країнах

Системи класифікації								
У країнах СНД				У ФРН				
Клас фільтра	Розміри ефективно вловлюваних частинок, мкм	Середня ефективність за масою пилу, %	Вид тестового пилу	Клас фільтра	Підклас фільтра	Розміри ефективно вловлюваних частинок, мкм	Середня ефективність за масою пилу, %	Вид тестового пилу
I	Усі	99	Кварцовий мелений	C	—	Понад 0,7	95	Кварцовий мелений
II	Понад 1	85	Кварцовий мелений	B	B1 B2	Понад 7	70 80	Кварцовий мелений
III	10—50	60	Кварцовий мелений	A	A1 A2	Понад 20	40 50	Кварцовий мелений

У країнах СНД для очищення атмосферного повітря широко застосовують повітряні фільтри таких видів: масляні, волокнисті змочувані, волокнисті сухі, губчасті, двозональні промивні (електричні).

Серед повітряних масляних фільтрів найчастіше зустрічаються такі види: коміркові ФяР, коміркові ФяВ, самоочищувальні Кд, КДМ, Кт, ФШ. Основними видами волокнистих само-очищувальних фільтрів є коміркові ФяУ, рулонні ФРУ, а серед волокнистих сухих — коміркові ЛАНК, коміркові ФяЛ, панельні ФР-2, рулонні ФРП. До губчастих фільтрів відносять лише один вид — ФяП.

В інженерній практиці широко застосовують двозональні промивні електричні повітряні фільтри, до яких належать агрегатні Ф9 і тумбові ЗФ-2.

### **Висновок.**

Відповідно до санітарних норм очищення вважається достатньою, якщо залишкова концентрація пилу в повітрі, поверненого в приміщення, не перевищує 30 % від гранично допустимої концентрації (ГДК) для цього пилу. Однак загальний вміст пилу в повітрі робочих приміщень не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій.

### **Перелік посилань:**

1. Апостолук С.О. Охорона навколишнього середовища в деревообробній промисловості / С.О. Апостолук, А.С. Апостолук, В.С. Джигирей та ін. — К.: Основа, 2003. — 174 с.
2. Апостолук С.О. Санітарно-технічне та екологічне забезпечення безпеки праці в деревообробці / С.О. Апостолук, А.С. Апостолук, В.С. Джигирей та ін. — К.: Основа, 2003, — 189 с.

## **ДЕЯКІ РЕЖИМИ ШТУЧНОЇ КАВІТАЦІЇ**

Никитюк Т.В., Копиленко А.В.

Національний університет харчових технологій

При моделюванні процесів кавітації, яка виникає на різних осесиметричних тілах при русі на великих швидкостях у безмежній рідині, було встановлено, що одержати низькі значення чисел кавітації при дослідженнях з осесиметричними тілами в трубах неможливо. Це значно ускладнювало експериментальні дослідження осесиметричних течій. Робилися спроби теоретично розрахувати вплив твердих стінок на основні розміри кавітаційної каверни, а також вплив таких факторів, як густина та в'язкість.

Було розроблено метод штучного одержання кавітаційних струминних течій при низьких значеннях чисел кавітації в дослідному басейні при незначній швидкості руху тіла. Цей метод зводиться до того, що всередину кавітаційної каверни, яка утворюється при русі тіла, подається повітря. Течія, що утворюється при цьому, буде відповідати числу кавітації  $k$ , яке визначається не за тиском насичення водяної пари  $p_n$ , а за тиском газу, що заповнює каверну  $p_k$ .

Так як  $p_k$  може бути набагато більшим  $p_n$ , у цих умовах можна при малих швидкостях рідинного потоку одержувати течії, що відповідають дуже низьким значенням чисел кавітації і максимальному ступеню розвитку кавітації - суперкавітації.

Так звана теорія "підсмоктування", заснована на припущенні, що об'ємна витрата пари, необхідної для підтримання парової каверни, дорівнює об'ємній витраті газу, яка необхідна для підтримування штучної каверни, що має ту ж геометрію, опір і число кавітації. Режими штучної кавітації розглядаються як режими суперкавітації і є однією з форм кавітаційних течій, які підпорядковуються тим же закономірностям, що і природні кавітаційні течії.

Виходячи з загально механічних міркувань, доведено, що коефіцієнт опору тіла  $X$ , віднесений до площі кавітатора  $S_k$ , приблизно дорівнює числу кавітації  $k$ :

$$C_x = \frac{X}{\frac{\rho \cdot V}{2} \cdot S_k} = Kk, \quad (1.1)$$

де  $K = \pi/4$  (в випадку плоских течій) і  $K = 0,9-0,95$  (для осесиметричних течій).

Якщо числа кавітації малі, а кавітатор має фіксовану лінію відриву, опір тіла разраховується по формулі:

$$C_x = C_{x0} \cdot (1 + k), \quad (1.2)$$

де  $C_{x0}$  - коефіцієнт опору кавітатора при  $k=0$ .

Для тонких тіл з малими кутами атаки найкращі результати дає формула:

$$C_x = C_{x0} + k, \quad (1.3)$$

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

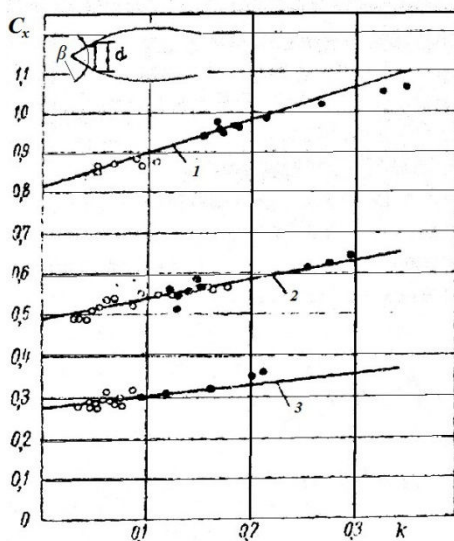
Починаючи з  $k > 0,5$ ,  $C_x$  - коефіцієнт опору кавітатора стає нелінійним і при  $0,5 < k < 1,5$  визначається за формулою:

$$C_x = C_{x0} \cdot (1 + k + 0,028 \cdot k^2), \quad (1.4)$$

де  $C_{x0} = 0,8053$  - коефіцієнт гідравлічного опору кавітатора при  $k = 0$ .

Експериментально підтверджено справедливість залежності коефіцієнта опору тіла  $C_x$ , що утворює каверну, від числа кавітації  $k$  (1.1).

На Рисунок 1 представлені результати співвідношення розрахунку за формулою (1.1) та досліджень для дисків та конусів, що характеризуються наявністю фіксованої лінії відриву на початку кавітаційної каверни.



1 - диск,  $\beta = 180^\circ$ ; 2 - конус,  $\beta = 90^\circ$ ; 3 - конус,  $\beta = 45^\circ$ ; • - експериментальні дані для  $d < 1 = 0,1$  м; ° - експериментальні дані для  $d < 1 = 0,035$  м.

Рисунок 1 - Залежність коефіцієнта опору  $C_x$  від чисел кавітації для конусів та дисків з різними кутами розкриття  $\beta$

Необхідні для розрахунку за формулою (1.1) значення  $C_{x0}$  отримані екстраполяцією експериментальних залежностей до перетинання з віссю " $C_x$ ".

Очевидно, що незалежно від того, яку форму має кавітатор (конус чи диск), розрахунок добре співвідноситься з даними експерименту. Гірше, наприклад, коли в якості кавітатора використовується куля.

**Перелік посилань:**

1. Эпштейн Л.А., О минимальном числе кавитации при струйных течениях в цилиндрических каналах.
2. Эпштейн Л.А., Методы теории размерности и подобия в задачах гидромеханики судов.

Мачинский А.С., Кавитационные смесители. – М.: ЦНИИТЭ Нефтехим, 1991. – 40 с.

## **ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ МЕТОДОМ ІОННОГО ОБМІНУ**

Максим С., Пінчук ., доц., к.т.н. Копиленко А,В.

Національний університет харчових технологій

**Вступ.** Очистка стічних вод методом іонного обміну в останній час набуває все більшого розповсюдження, так як цей метод дозволяє утилізувати цінні домішки, очищати воду до меж допустимих концентрацій і забезпечує можливість використання очищених стічних вод у промислових процесах або в системах оборотного водопостачання.

**Матеріали і методи.** Практичне застосування для очистки стічних вод отримали синтетичні іонообмінні смоли. Ці сполуки складаються з просторово зшитих нерозчинних у воді вуглеводневих ланцюгів (матриці) з фіксуванням на них активними іоногенними групами, що мають заряд, який нейтралізує розташовані у середині полімеру іони протилежного знака протиіонами, що здатні вступати в реакції обміну з іонами того ж знака, що знаходяться в розчині. При негативному заряді фіксованих груп аніоніт обмінює катіони (катіоніт), при позитивному - аніони (аніоніт).

Розрізняють наступні види іонітів:

1. Сильнокислотні катіони, що містять у своєму складі сульфурні групи або фосфорнокислі групи і основні аніоніти, які складають четверні амонієві основи. До даного виду іонітів відноситься наприклад катіоніт КУ-2 і аніоніт АВ-17. Рівноважна (статична) обмінна ємність цих іонітів по відношенню до різних іонів залишається сталою в широкому інтервалі рН.

2. Слабокислотні катіоніти, що містять у собі карбоксильні і фенольні групи, дисоціюють при  $\text{pH} \geq 7$  (наприклад катіони КБ-2 і КБ-4), а також слабокислотні аніоніти, що складаються з початкових-  $\text{NH}_2$  і вторинні -  $\text{NH}$ - аміногрупи (наприклад, аніоніти АН-23 і АН-2Ф), що дисоціюють при  $\text{pH} \leq 7$ .

3. Іоніти змішаного типу, проявляючи склад суміші сильної і слабкої кислоти або основи. Так Катіон КУ-1 містить в собі сульфурну і фенольну групи.

4. Іоніти, обмінна ємність яких поступово змінюється в широкому інтервалі рН. Вони поводять себе подібно сумішам кислот і основ різної сили.

Особливу групу представляють Окислювально-відновлюючі полімери або редоксіти володіючи здібністю до окислювально-відновлюючих реакцій.

При контакті іонітів з водою відбувається їх набухання. Зазвичай застосовуються промислові зразки іонітів збільшують свій об'єм при набухання в 1,5-2 рази.

Однією з основних характеристик іонітів є обмінна ємність, гранична величина якої визначається числом іоногенних груп. Повна ємність іоніту - кількість грам-еквівалентів іонів, що знаходяться у воді, яке може поглинути  $1 \text{ м}^3$  іоніту до повного насичення. Робоча ємність іоніту - кількість грам-еквівалентів іонів, яке може поглинути  $1 \text{ м}^3$  іоніту у фільтрі при обробці води до початку проскоку в фільтрат поглинаючих іонів. Крім того, при визначенні місткості іонітів в статичних або динамічних умовах розрізняють статичну (рівноважну) і динамічну обмінну ємність іонітів. Характерною особливістю іонітів, важливою для практичного використання, являється їх оборотність, тобто можливість проведення реакцій в зворотньому напрямку. Це дає можливість іонітам регенеруватися.

Відповідно до моделі граничного дифузійного шару процес іонного обміну можна розглядати в вигляді декількох послідовних етапів: дифузія іонів із розчину через граничну плівку рідини до поверхні іоніту, дифузія в середині зерна іоніту, хімічна реакція обміну іонів, дифузія витіснених протиіонів з об'єму зерна до його поверхні і дифузія протиіонів від поверхні іоніту в розчин.



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

При малій концентрації в розчині ( $\leq 0,003$  М) лімітною стадією іонообмінного процесу являється дифузія іонів через рідинну плівку (плівкова кінетика), при концентрації більше 0,1 М – дифузія іонів в середині зерна (гелева кінетика), а при концентрації 0,003-0,1 М має значення плівкова та гелева кінетика.

**Результати. Катіонування.** Для очищення стічних вод застосовують штучні природні мінеральні та органічні катіоніти, Мінеральні катіоніти, незважаючи на невисоку вартість, не отримали широкого поширення внаслідок малої обмінної ємності і достатньої стійкості, хоча деякі з них рекомендується застосовувати для очищення стічних вод від радіоактивних домішок. Частіше використовують органічні штучні сильнокислотний (КУ-1, КУ-2, сульфоуголь, Вофатіти, тощо) і слабокислотні (КБ-4, СГ-1, Амберлайт та ін) катіоніти.

Якщо катіоніти знаходяться в Н- формі або Na- формі, обмін катіонів проходить відповідно по реакціях



де [K] - складний комплекс катіоніту; Me + - катіон розчину (стічної води).

Сильнокислотні катіоніти дозволяють проводити процес в будь-яких середовищах, а слабокислотні - в лужних і нейтральних.

**Аніонування.** Аніоніти являють собою штучні смоли, одержувані поліконденсацією або полімеризацією деяких органічних сполук: фенілендіаміну, меланіну та ін. Слабоосновні аніоніти характеризуються тим, що основний радикал має константу дисоціації менше  $1 \cdot 10^{-3}$ , а сильноосновні - більше  $1 \cdot 10^{-2}$ . Слабоосновні аніоніти обмінюють аніони сильних кислот (наприклад,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ), і не здатні обмінювати аніони слабких мінеральних кислот ( $CO_3^{2-}$ ,  $SIO_2^-$  и др.):



На обмінну ємність слабоосновних аніонітів впливає природа сорбуючого аніона. З ростом концентрації кислоти в розчині збільшується обмінна ємність аніонітів.

Потрібно відзначити, що деякі аніоніти в процесі експлуатації старіють внаслідок окислення киснем, розчиненим у воді. Це призводить до зниження обмінної ємності аніоніта. Вартість сильноосновним аніонітів значно вище вартості слабоосновних, тому перші слід застосовувати переважно для вилучення аніонів слабких кислот.

**Фільтри зі змішаним шаром іонітів.** Повне знесолення води можливе при послідовному фільтруванні її через три щаблі фільтрів:

I ступінь - Н- катіонування, при якому з води можна видалити катіони всіх металів. Вода при цьому збагачується мінеральними кислотами.

II ступінь - ОН- аніонування на слабоосновних аніонітах, в результаті якого з води видаляють іони сильних кислот і вода при цьому нейтралізується.

III ступінь - ОН- аніонування на сильноосновних аніонітах, для обміну аніонів слабких кислот.

Для регенерації виснаженої суміші катіоніту і аніоніти необхідно попереднє розділення іонітів, що проводиться методом гідравлічної класифікації водою, що подається знизу вгору. Очевидно, що зі збільшенням різниці щільності аніоніта і катіоніту ефективність розділення підвищується.

**Висновок.** При розгляді кінетики процесу іонного обміну необхідно враховувати такі фактори як температура, ступінь вичерпності обмінної ємності іоніту, особливості структури та інш.

### **Перелік посилань:**

1. В.Н. Ужов, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков, И.К. Решидов. Очистка промышленных газов от пыли. Издательство «Химия». – 1981г. – 389 с.

## **ЗМІСТ**

### **СЕКЦІЯ 1**

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

<b>Корнієнко Я.М., Корсак І.І.</b> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИСПЕРГУВАННЯ РІДКОЇ ФАЗИ В ПСЕВДОЗРІДЖЕНИЙ ШАР	5
<b>Двойнос Я. Г., Назарчук В. В., Хотинецький М. І.</b> ФОРМУЮЧИЙ ІНСТРУМЕНТ ВИРОБНИЦТВА СПІНЕНОГО ПОЛІСТИРОЛУ	9
<b>Скуратовський А.К., Радько О.В., Кравчук В.М.</b> ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ХІМІЧНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ	11
<b>Шурчкова Ю.О., Целень Б.Я.</b> БЕЗРЕАГЕНТНА НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ КИСЛОГО КОНДЕНСАТУ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	13
<b>Собченко В.В., Кліщ О.В.</b> ВПЛИВ СИРОВИНИ ТА ДУТТЯ НА КІНЦЕВИЙ ПРОДУКТ ГАЗИФІКАЦІЇ	15
<b>Степанюк А. Р., Тишко Ю.А.</b> ЗАЛЕЖНІСТЬ ЧАСУ ЕКСТРАГУВАННЯ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ РОЗЧИННИКА ПРИ ВИЛУЧЕННІ ГУМІНОВОЇ КИСЛОТИ НА БАЗІ ТОРФУ	17
<b>Степанюк А.Р., Борисенко Є.Ю.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ МІНЕРАЛЬНО- ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН НА БАЗІ ЛУГІВ ГУМАТІВ СОНЯШНИКОВОГО ПОПЕЛУ	19
<b>Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Воронцов М.Є.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ КОЛОЇДНИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ	21
<b>Мікульонок І.О., Воронцов М.Є.</b> СУШАРКА ДЛЯ СУШІННЯ СИПКОГО МАТЕРІАЛУ	23
<b>Зубрій О. Г., Давидов А. С.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ РОТОРНО-ПЛІВКОВОГО АПАРАТА З ВИСХІДНИМ ПОТОКОМ	25

**Зубрій О. Г., Давидов А. С.**

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВІДДАЧІ В РОТОРНО-ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ З ШАРНІРНИМ КРІПЛЕННЯМ ЛОПАТЕЙ 27

**Корнієнко Я.М., Любека А.М.**

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ГАЗУ В КАМЕРІ ГРАНУЛЯТОРА ПСЕВДОЗРІДЖЕНОГО ШАРУ 29

**Собченко В. В., Гапонюк М. М.**

ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ГІДРОСИЛКАТІВ 31

**Степанюк А.Р., Сапон А.Ю.**

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ ГУМАТІВ З БУРОГО ВУГІЛЛЯ 33

**Швед М.П., Швед Д.М., Мітусов Р.О.**

РЕСУРСО-ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ПРОЦЕС ДОЗУВАННЯ В КАСКАДНОМУ ДИСКОВО-ШЕСТЕРЕННОМУ ЕКСТРУДЕРІ 35

**Степанюк А.Р., Слободянюк К.С.**

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ КРИСТАЛІЧНО-АМОРФНИХ СТРУКТУР ПРИ ПЕРЕРОБЦІ РОЗЧИНІВ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК 37

**Швед М.П., Швед Д.М., Плешко О.В.**

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ ОБЕРТІВ В ШЕСТЕРЕННОМУ НАСОСІ ПРИ ПЕРЕКАЧУВАННІ ВИСОКОВ'ЯЗКИХ РІДИН 39

**Швед М.П., Швед Д.М., Степанюк Д.А.**

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ЧЕРВ'ЯЧНО ЕКСТРУДЕРА З ШЕСТЕРЕННИМ НАСОСОМ 41

**Фіалко Н.М., Шевчук С.І.**

АНАЛІЗ ТЕПЛОВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ МЕТАЛЕВИХ ДИМОВИХ ТРУБ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ 43

## **СЕКЦІЯ 2**

### **«КОМП'ЮТЕРНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ БІОХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

**Воронін, І.А. Андрєєв, Д.Ю. Шмельова**

РОЗРАХУНОК ГЕОМЕТРІЇ ВІБРОЕКСТРУДЕРА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛИТ ПОКРИТТЯ 46

**Целень Б.Я., Яроцький С.М.**

ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ НЕЙТРАЛІЗАЦІЙ У РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ 48

<b>Корнієнко Я.М., Семененко Д.С., Гайдай С.С., Мартинюк О.В.</b> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИСПЕРГУВАННЯ РІДКОЇ ФАЗИ В ПСЕВДОЗРІДЖЕНИЙ ШАР	50
<b>Степанюк А.Р., Степчук І.В.</b> МЕТОД ПРОПАРЮВАННЯ ТРІСКИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕРЕВНИХ ПАЛИВНИХ БРИКЕТІВ	54
<b>Андрєєв І.А., Воронін Л.Г., Гончарова І. С.</b> ВИЗНАЧЕННЯ КУТІВ НАХИЛУ ПОХИЛИХ СТИНОК ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ОДНАКОВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ПО ДОВЖИНІ	56
<b>Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Семененко Д.С., Мартинюк О.В.</b> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ПУЛЬСАЦІЙНОГО СТРУМЕНЯ В АПАРАТІ ІЗ ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ	58
<b>Зубрій О.Г., Бірюк Д. О.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ТА ТЕПЛООБМІНУ У РОТОРНО-ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ	63
<b>Зубрій О.Г., Сидоренко О.П.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕСНОСТІ СУСПЕНЗІЙ ТА ЕМУЛЬСІЙ.	65
<b>Рябцев Г. Л., Литвиненко Є. Ю.</b> АКТУАЛЬНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЮ В УКРАЇНІ	67
<b>Собченко В.В., Орішкевич С.О.</b> ВИКОРИСТАННЯ КИПЛЯЧОГО ШАРУ У ВИРОБНИЦТВІ ВСПУЧЕНОГО ПЕРЛІТУ	69
<b>Корнієнко Я.М., Григоренко О.В., Гулієнко С.В.</b> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ МЕМБРАННИХ МОДУЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЛОКАЛЬНОГО ЗАКИПАННЯ	71
<b>Гоженко Л.П., Ганзенко В.В.</b> ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КАВІТАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ	73
<b>Гробовенко Я. В.</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ПАСТИ ДІОКСИДУ ТИТАНУ В КИПЛЯЧОМУ ШАРІ ІНЕРТНИХ ТІЛ	74
<b>Радченко Н.Л., Шурчкова Ю.О., Ганзенко В.В.</b> ВИРОБНИЦТВО ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	76

**СЕКЦІЯ 3**

**«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»**

**СЕКЦІЯ 4**

<b>Семінський О.О., Семінська Н.В., Жаркой Р.В.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТУПЕНЯ СТИСНЕННЯ ОСАДУ З ВОЛОКНИСТИХ СУСПЕНЗІЙ НА ШВИДКІСТЬ ФІЛЬТРАЦІЇ	78
<b>Марчевський В.М., Мельник О.П., Василенко М.М., Биковець Д.П.</b> ПРОЦЕС ПРЕСУВАННЯ ФЛЮТИНГУ	80
<b>Семінський О.О., Василенко Р.М.</b> ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ОБРОБКИ РІДКИХ СЕРЕДОВИЩ У РОТОРНИХ АПАРАТАХ ПУЛЬСАЦІЙНОЇ ДІЇ	81
<b>Марчевський В.М., Улітько Р.М.</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ДЕГІДРАТАЦІЇ КРИСТАЛІЧНОГО ХЛОРИДУ МАГНІЮ	83
<b>Марчевський В.М., Татарчук О.О.</b> ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ІЕФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	84
<b>Марчевський В.М., Мельник О.П., Биковець Д.П., Василенко М.М.</b> ПРОЦЕС ГАРЯЧОГО ПРЕСУВАННЯ КАРТОНУ	85
<b>Воронін Л.Г., Марчевський В.М., Смірнова В.А.</b> ПРОЦЕС УТИЛІЗАЦІЇ ПАПЕРОВОЇ УПАКОВКИ З ОТРИМАННЯМ БІОГАЗУ	87
<b>«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»</b>	
<b>Плосконос В.Г., Скрипка М.Л.</b> ПРИНЦИПИ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ВОДИ І ВОЛОКНА З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ПК	90
<b>Плосконос В.Г., Скрипка М.Л.</b> АНАЛІЗ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ПК	92
<b>Трубійчук Р. П., Трембус І.В., Барбаш В.А.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОГО СПОСОБУ ДЕЛІГНІФІКАЦІЇ НЕДЕРЕВНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ	94
<b>Сидоренко Д. А., Трембус І.В.</b> ВИБЛЮВАННЯ ЦЕЛЮЛОЗИ ОДЕРЖАНОЇ З СТЕБЕЛ СОНЯШНИКУ	96

<b>Дрозд К., Дейкун І.М., Барбаш В.А.</b> НІТРАТИ ЦЕЛЮЛОЗИ ІЗ ЛУБОВОЛОКНИСТИХ ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР	98
<b>Микитюк Т.С., Барбаш В.А.</b> МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ СТЕБЕЛ МІСКАНТУСА	100
<b>Скрипка М. Л., Антоненко Л. П., Плосконос В. Г.</b> ВИКОРИСТАННЯ БАЗАЛЬТОВИХ ТА ХІМІЧНИХ ВОЛОКОН У ВИРОБНИЦТВІ ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНОГО ПАПЕРУ ПІДВИЩЕНОЇ ТЕРМОСТІЙКОСТІ	102
<b>Мовчанюк О.М., Родюк О.В., Шевчук О.В.</b> ВПЛИВ КОМПОЗИЦІЇ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ЦЕЛЮЛОЗИ НА ЙОГО МЕХАНІЧНУ МІЦНІСТЬ	104
<b>Мовчанюк О.М., Плосконос В.Г., Родюк О.В., Шевчук О.В.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ БАРОМЕМБРАННОГО ФІЛЬТРУВАННЯ ВОДИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ НА ОСНОВІ ЦЕЛЮЛОЗИ	106
<b>Плосконос В.Г., Котюх Ю.М.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМУ НАТРОННОГО ВАРІННЯ НА ОТРИМАННЯ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ СУМІШІ РІПАКУ І СОНЯШНИКУ	108

## **СЕКЦІЯ 5**

### **"ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ"**

<b>Жеплінська М.М., Копиленко А.В., Зоткіна Л.В., Кузьменко О.В.</b> РОЗРОБЛЕННЯ НОВИХ ВИДІВ ФРУКТОВИХ НАПОЇВ З ДОДАВАННЯМ ЕКСТРАКТІВ РОСЛИННОЇ ЛІКАРСЬКОЇ СИРОВИНИ	110
<b>Жеплінська М.М., Бессараб О.С., Бих О.Ю., Пацуков В.В.</b> ВИКОРИСТАННЯ ПАРОКОНДЕНСАЦІЙНОЇ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ ЯБЛУЧНОГО СОКУ	113
<b>Прозор Р, Копиленко А.В.</b> ПИЛООЧІСНІ УСТАНОВКИ	115
<b>Никитюк Т.В., Копиленко А.В.</b> ДЕЯКІ РЕЖИМИ ШТУЧНОЇ КАВІТАЦІЇ	117
<b>Самофал М., Пінчук Б., Копиленко А.В.</b> ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ МЕТОДОМ ІОННОГО ОБМІНУ	119

Рішення  
міжнародної науково-практичної конференції  
студентів, аспірантів і молодих вчених.  
«Ресурсоенергозберігаючі технології і обладнання»  
Київ -2014

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» в складі Грузинського технічного університету, Тверського державного технічного університету, Інститут тепломасобміну ім. А.В.Ликова, Московського державного агроінженерного університету ім. В.П. Горячкіна 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 кафедри машин та апаратів  
хімічних і нафтопереробних виробних  
виробництва НТУУ «КПІ»



Я.М.Корнієнко

---

**Підписано до друку 16.04.2014 р. Формат 60x90 1/16.  
Папір офсетний. Умовн. др. арк. 4,9  
Друк різнограф. Тираж 200 прим. Зам. № 1604/02.**

---

**Підприємство УВОІ "Дономога" УСІ"  
Свідоцтво про державну реєстрацію №531018  
03056, м. Київ, пров. Політехнічний 6, корп. 5 (КП)  
Тел.: 277-41-46.**