

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

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 XI міжнародної
науково-практичної конференції студентів,
аспірантів і молодих вчених**

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ
ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ”**

06-07 грудня

Київ 2016

УДК 66

ББК 35.11я43

Р 43

Збірник тез доповідей XI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (06-07 грудня 2016 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 88 с

Збірник тез доповідей XI 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 листопада 2016 р.

Рекомендовано до друку
Кафедрою машин та апаратів
хімічних
і нафтопереробних
виробництв
Протокол № 3
від 20 жортня 2016 р

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Киричок П.О.** д.т.н., проф., проректор Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» 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
- Шматок О.І.** 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.Горькіна
- 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 КПІ імені Ігоря Сікорського, голов організаційного комітету конференції

Степанюк А. Р.

к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ імені Ігоря Сікорського, заступник голови програмного комітету конференції

Марчевський В. М.

к.т.н., професор кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ імені Ігоря Сікорського

Андрєєв І. А.

к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ імені Ігоря Сікорського

Швед М. П.

к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ імені Ігоря Сікорського

Зубрій О. Г.

к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ імені Ігоря Сікорського

Двойнос Я.Г.

к.т.н., старший викладач 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»**

УДК 66.096.5

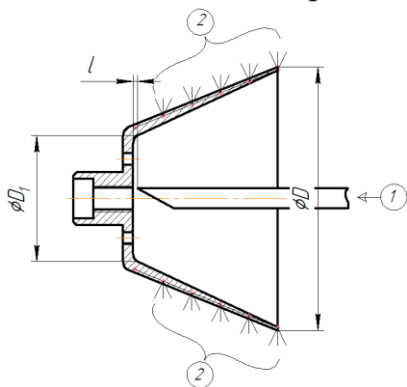
ДИСПЕРГУВАННЯ РІДКИХ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ В ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ

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

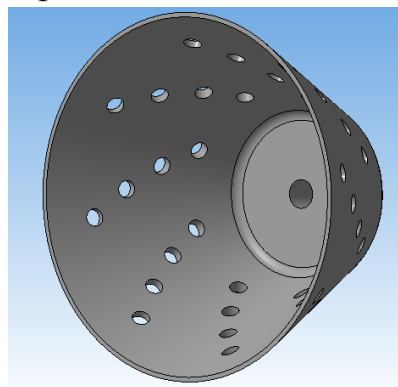
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Створення комплексних органо-мінеральних добрив найбільш ефективно проводиться в псевдозрідженому шарі. Введення складної гетерогенної рідкої фази доцільно проводити за допомогою механічного диспергатора.

Попередніми дослідженнями встановлено що використання дискового диспергатора призводить до локального перезволоження робочої зони і утворення агломератів з подальшим припиненням процесу. Тому з метою запобігання вказаних недоліків і утворення крапель розчину із середнім значенням 250 мкм пропонується використовувати механічний диспергатор об'ємного типу. Схема наведена на рисунку 1, а. Наявність отворів на бічній поверхні з коефіцієнтом живого перетину $f = 4\%$, дозволить відводити частину рідкої фази та зменшити витрати через крайку ротора.



а) Схема диспергатора



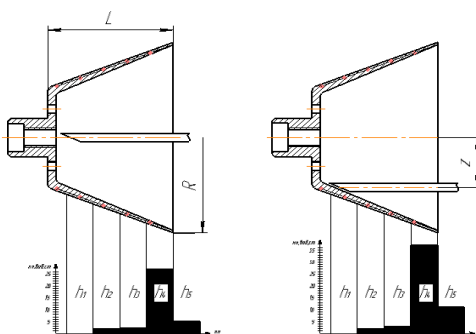
б) 3D модель

Рисунок 1 – Механічний диспергатор з кутом розкриття 50°

Основна ідея досліджень полягала у визначенні масового розподілення при різних лінійних швидкостях обертання крайки диспергатора з горизонтальною віссю обертання. Для визначення витрат рідини попередньо була проведена градація масових витрат насоса при різних режимах роботи. Кількість обертів фіксувались частотоміром який був підключений до вісі електродвигуна, з точністю ± 2 1/с.

Дослідження проводилось з двома положеннями трубки подачі, рисунок 2 а, співвісне, рисунок 2 б, зміщене розміщення. При масових витратах 12,44 л/год, та частотою обертання 3600 об/хв. В результаті отримано таке співвідношення по масовому розподіленню; в першому положенні $h_2:h_3:h_4:h_5 = 1:1:11:3$; у другому

положенні $h_2:h_3:h_4:h_5 = 1:1:18:5$. В другому положенні в 1,64 рази збільшилась щільність у зоні h_4 . Це може привести до локального перезволоження та утворення агломератів.



а) Співвісне

положення трубки подачі

б) Зміщене

розміщення трубки

Рисунок 2 – Схема визначення розподілення рідини по довжині диспергатора.

Проведеними дослідженнями встановлено, що частково краплі рідини створюють струмені за рахунок адгезійних сил та рухаються по зовнішній поверхні в зону більшого діаметра. В подальшому плануються зміна конструкції диспергатора для розірвання даних струменів рисунок 3.

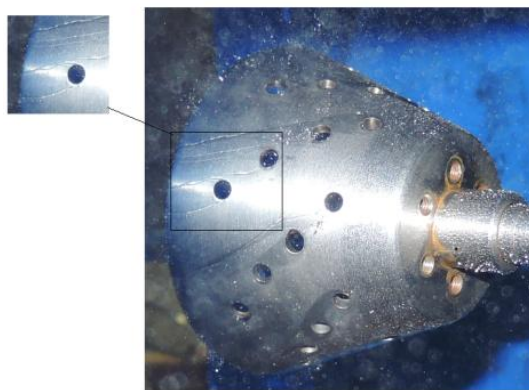


Рисунок 3 – Зовнішня поверхня диспергатора

Тому в подальшому необхідно встановити закономірності розподілення рідини на внутрішній та зовнішній поверхнях об'ємного диспергатора.

Перелік посилань:

1. Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Мартинюк О.В. – Підвищення ефективності процесу одержання гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Монографія. – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – с.207.

УДК 661.152

**УТВОРЕННЯ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ
НІТРАТУ АМОНІЮ З ОРГАНІЧНИМИ ДОМІШКАМИ**

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Харчування - це основа життя будь-якого живого організму, у тому числі й рослин. Поза харчуванням не можна зрозуміти сутність процесів росту і розвитку.

З погляду практичного рослинництва найважливішим засобом поліпшення харчування сільськогосподарських культур є застосування органічних і мінеральних добрив, бо запаси живильних речовин у ґрунтах у багато разів перевищують потребу в них рослин, однак їх велика частина у недоступній для рослин формі [1].

Мінеральні добрива підрозділяють на прості (одинарні, однобічні, однокомпонентні) і комплексні. Комплексні добрива містять два (наприклад, азотно-фосфорні, азотно-калійні, фосфорно-калійні) і більше (наприклад, азотно-фосфорно-калійні) основних елементів живлення рослин.

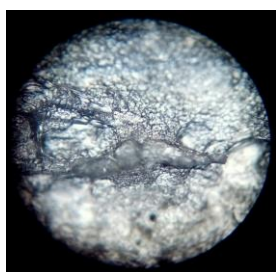
Комплексні добрива отримують різними методами, такими як: методом почергового нашарування, методом інкрустації, екструдкування, пресування, гранулювання [2].

Найпоширенішими є гранульовані добрива, оскільки вони мають агро-хімічні та фізико-механічні переваги.

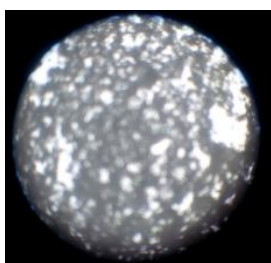
В залежності від агрокліматичних умов використання добрив необхідно підбирати індивідуальний склад добрив. Окрім азоту та сірки, які найчастіше використовуються у сільському господарстві, необхідно також вносити гумусні компоненти та калій, який є незамінним компонентом.

Метою є створення нових добрив на базі нітрату амонію у присутності сульфату амонію, гуматів та лугу калію.

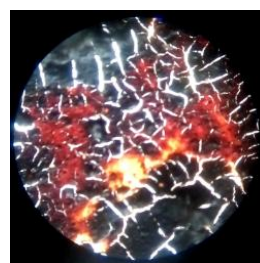
Під час утворення кристалів виникають аномалії. Тому були проведені дослідження по кристалізації індивідуальних компонентів та їх сумішей у заданих пропорціях (рисунок 1). Кристали 40% розчину сульфату амонію мають циліндричну будову (рисунок 1а), а 40% розчину нітрату амонію – невеликих кристалів «кубічної» форми (рисунок 1б). Кристали 40% розчину гуматів формуються у вигляді плоских монолітних частинок (рисунок 1в). Кристалізація 40% розчину лугу калію відбувається у вигляді об'ємних структур «кубічної» форми (рисунок 1г). Суміш цих компонентів утворює циліндричні кристали сульфату амонію, серед яких виділяються прямоподібні вкраплення лугу калію та гуматів (рисунок 1д).



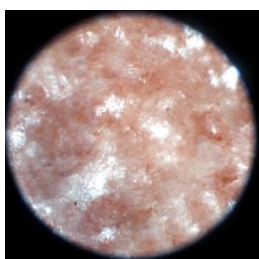
а)



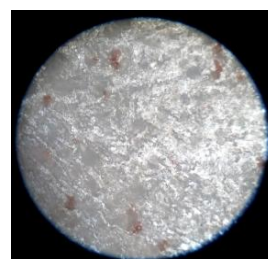
б)



в)



г)



д)

Рисунок 1 – Кристалічні структури випарених розчинів

Висновки: кристалізація сумішей призводить до порушення формоутворення «чистих» розчинів і утворення дислокацій компонентів лугу калію та гуматів.

Перелік посилань:

1. «Добрива» [електронне джерело]. Режим доступу: <http://ua-referat.com>
2. «Добрива» [електронне джерело]. Режим доступу: <http://agrosience.com.ua>

УДК 628.5:66.002.8

**ГАЗИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНОГО ПАЛИВА.
ОГЛЯД СУЧАСНИХ КОМЕРЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

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

Інститут газу НАН України, м. Київ,

***Національний технічний університет України**

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

З погляду на вартість традиційних джерел енергії в Україні розробка альтернативної енергетики є надзвичайно перспективною. За кількісними показниками вклад в енергетику на 2011 р. частка природного газу становила 36,9%, вугілля – 32,7%, атомна енергетика – 18,7%, нафта – 9,7%, гідроенергетика – 0,76%, а частка відновлювальних джерел всього 1,24%. Тоді як в Європі планується знизити споживання вугілля з 15,9% до 7% і скорочувати використання атомної енергії з 13,5% до 11% [1].

Одне з головних відновлювальних джерел енергії в ЄС є біомаса. Пряме спалювання твердого палива широко використовується на побутовому рівні. Технології постійно вдосконалюються. Найбільш поширеним є перехід від спалювання рідкого палива та вугілля до деревинних відходів, що потребує реконструкції топкового обладнання і створення необхідної інфраструктури для зберігання і підготовки палива.

Піроліз біомаси являє собою процес термохімічного розкладу органічних сполук без доступу кисню і відбувається за досить низьких температур (500-800 0C) у порівнянні з процесами газифікації (800-1300 0C) та горіння (900-2000 0C). Первинними продуктами піролізу можуть бути: рідина (теплота згоряння 2-25 МДж/кг), тверда вуглиста речовина (30 МДж/кг) та гази (15-22, 4-8 МДж/нм³) у залежності від виду та параметрів процесу. Вторинними продуктами є енергія, паливо та хімічні продукти.

Газифікація є одним із найбільш дешевих та екобезпечних способів отримання електричної та теплової енергії. У разі газифікації відсоток палива, що не згоряє, значно менший, ніж під час прямого спалювання. Ефективність конверсії в процесі газифікації становить 80-90%.

Найбільші робочі газифікатори в якості сировини найчастіше використовують відходи деревини, такі як: тирса, гілки, хмиз, пошкоджена деревина, кора та інше. Газифікатори зараз, в основному, використовуються для спільного спалювання, генерації енергії з використанням газових двигунів, а також для виробництва біопалива і для хімічної індустрії. На майбутнє розробляються амбіційні плани щодо великомасштабних підприємств (потужністю більше 100 МВт) для виробництва з відновлювальних джерел дизеля, етанолу та синтез-газу [2].

Технології газифікації можна класифікувати за розробленими технологічними схемами, теплотою згоряння отриманого газу та його призначенням, за температурою та тиском газифікації, типом дуття, характером руху палива, що газифікується. За типом дуття газифікацію розподіляють на повітряну, пароповітряну, кисневу, парову, парокисневу. За характером руху палива, що газифікується, розрізняють три основні напрямки: у стаціонарному шарі, псевдозрідженому шарі та в потоці. В основному, великогабаритну сировину обробляють у стаціонарному шарі, дрібнодисперсну – у киплячому

Метою роботи є вирішення задач: регулювання температури і витрати окисника; попередня підготовка сировини; очищення генераторного газу від аерозолів смоли; вибір оптимальних для процесу схем установок газифікації (у залежності від виду палива, складу відходів, їх вологості); зниження затрат енергії на дуття.

Перелік посилань:

1. Гелетука Г.Г. Біоенергетика на задвірках / Г.Г. Гелетука // Економічна правда. – 20 березня 2013.
2. Корчевой Ю.П. Экологически чистые угольные энерготехнологии / Ю.П. Корчевой, А.Ю. Майстренко, А.И. Топал. – Киев: Наукова думка, 2004. – 186 с.
3. Bressan Luigi. The gasification technologies. Technical characteristics and experience / Luigi Bressan. – Foster Wheeler, Italiana, 2007. P.

УДК 631.82

**ІЗОТЕРМІЧНА КРИСТАЛІЗЦІЯ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ
З ОРГАНІЧНИМИ ДОМІШКАМИ**

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

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

Щоб зберегти родючість ґрунтів України, використання лише традиційних мінеральних добрив є недостатнім. Одним із добрив є кристалічний сульфат амонію, що містить до 21 % азоту та 32 % сірки, має високу розчинність і схильність до злежуваності [1].

Сульфат амонію (сірчано-кислий амоній) - ефективне азотне добриво, яке забезпечує значний приріст врожаю чаю, жита, картоплі, бавовни, рису, вівсу, цукрового буряку [1].

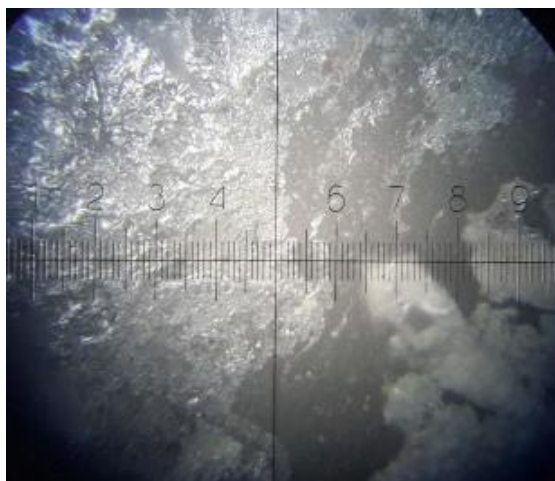
Як стимуляторів росту і органо-мінеральних добрив та поліпшувач ґрунту широко використовуються гумінові препарати – гумати (рис. 1). Ця група природних високомолекулярних речовин, які характеризуються високою фізіологічною активністю. Гумати сприяють збільшенню здатності організмів протистояти несприятливим умовам зовнішнього середовища, що призводить до збільшення врожайності культур [1].

Великого значення у підвищенні врожайності ґрунтів набув і сапоніт. Цей мінерал відносять до 9 групи силікатів і алюмосилікатів. Це найважливіший клас мінералів, представники якого разом із кварцом складають 95 % від маси земної кори.

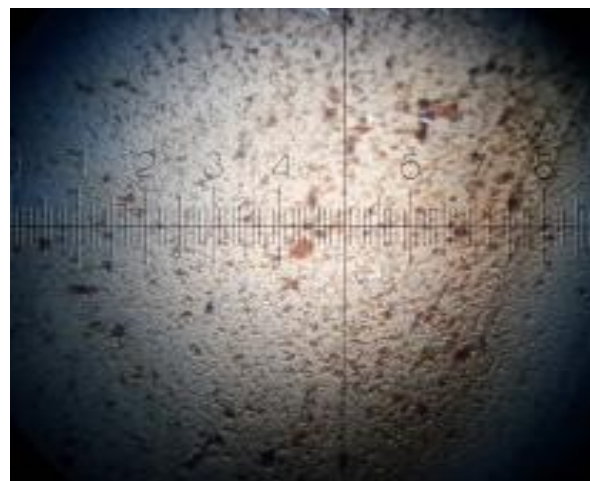
На рис. 1, а – сульфат амонію, б – гумати, в – сапонітова глина.

Кожен із зразків є кластером, утвореним із прозорих мікрочастин, у межах площі, що займала крапля початкового розчину. Поверхня утворених кристалів сульфату амонію є повністю відкритою. Дослідним шляхом встановлено, що в разі проведення кристалізації розчинів сульфату амонію з органічними домішками, що перебувають в емульгованому стані. Існує достатня

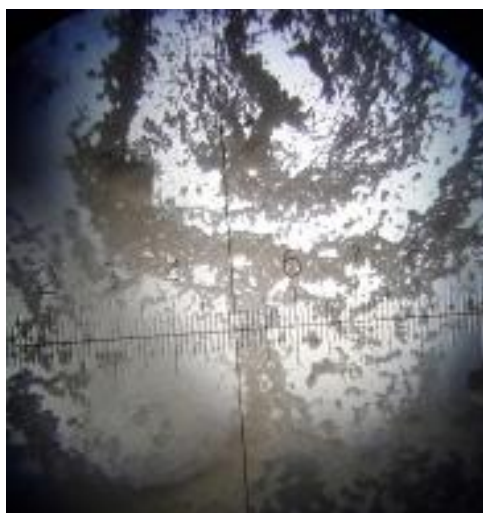
вільна поверхня мікрокристалів, на якій ітераційним способом можна здійснювати пошарову кристалізацію розчинів для утворення каркасу з мінеральних солей.



а)



б)



в)

а – сульфат амонію, *б* – гумати, *в* – сапонітова глина

Рисунок 1 – Фотографії мікрокристалів, одержаних при кристалізації водяного зразків

У подальшому доцільно визначити вплив на процес температури кристалізації та наявності твердих диспергованих домішок.

Перелік посилань

1. Корнієнко Я. М. Математичне моделювання гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, А. Р. Степанюк, П. М. Магазій // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2006. – № 6. – С. 73-76

УДК 66.096.5

РОЗПОДІЛЕННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ В ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ

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

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

Підвищення ефективності процесу зневоднення і грануляції в псевдозрідженому шарі передбачає створення направленої циркуляції зернистого матеріалу, яке досягається із застосуванням струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження. При цьому в апараті спостерігається нерівномірне розподілення газового середовища в зернистому матеріалі з утворенням газових бульбашок. Та вертикальних кластерів щільного зернистого матеріалу [1]. Для одержання гранульованого продукту з пошаровою структурою диспергування рідкої фази доцільно проводитись у збільшеному об'ємі, і для цього застосовують механічний диспергатор у вигляді конуса з горизонтальною віссю обертання.

Тому пропонується проведення дослідів для оцінки ефективності розподілу рідкої фази при проведенні процесу зневоднення і грануляції із максимальними витратами рідкої фази.

Схема диспергатора зображено на рисунку 1.

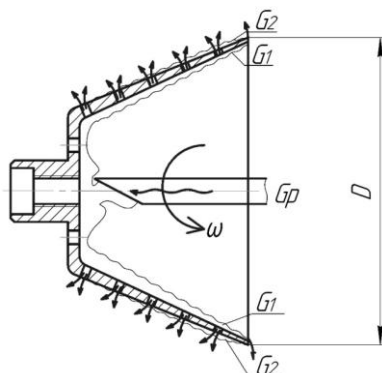
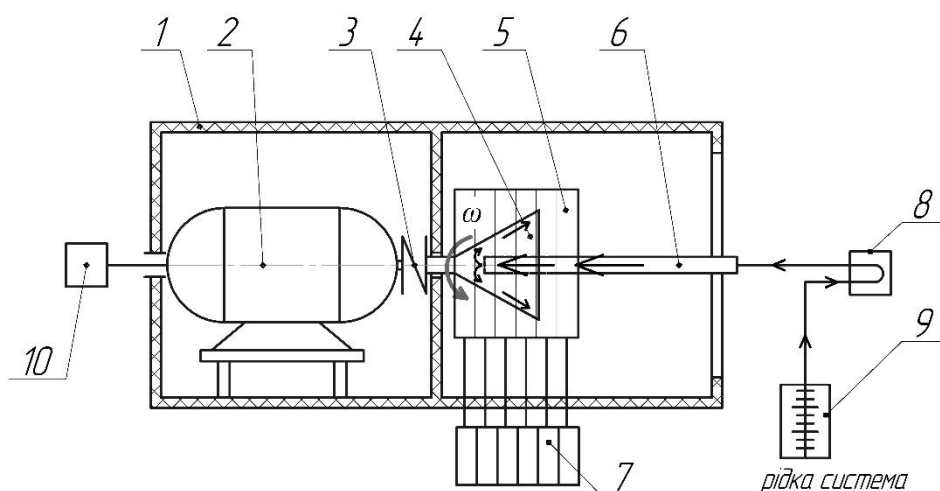


Рисунок 1 – Схема диспергатора

Робочий розчин подається всередину конічного диспергатора який обертається проти годинникової стрілки. Завдяки відцентровій силі відбувається розподілення робочого розчину по внутрішній поверхні диспергатора у вигляді плівки яка рухається до крайки і диспергується у псевдозрідженому шарі. Експериментально встановлено, що частина рідини проходить через отвори і за рахунок сил адгезії рухається по зовнішній поверхні в зону більшого діаметру.

Для проведення досліджень роботи механічного диспергатора модернізовано дослідний стенд (рисунок 2).



- 1 – корпус, 2 – двигун, 3 – муфта, 4 – диспергатор, 5 – секційний збірник, 6 – трубка для подачі розчину, 7 – мірні пластини, 8 – шланговий насос, 9 – мірні колби, 10 – частотомір

Рисунок 2 – Дослідний стенд

Перелік посилань:

1. Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Мартинюк О.В. – Підвищення ефективності процесу одержання гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Монографія. – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – с.207.
- 2.Новиков В.С. Гомогенизация и диспергирование в современной технологии: Обзор//Промышленная теплотехника.2000.Т.12. № 5. С. 40-59.

УДК 66.041

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕРМООБРОБКИ В АПАРАТІ З ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ

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

¹ Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

² Інститут газу НАН України

Для ефективного моделювання тепло-масообміну необхідно скласти математичну модель процесу термовологісної обробки. Задача математичного моделювання полягає у визначенні параметрів для проведення ефективної термообробки. Процес тепло-, масообміну, що протікає в дисперсній системі газ-тверде тіло, складає найважливіший клас основних процесів хімічної технології. До цих процесів належать сушка, адсорбція, розчинення, екстрагування та ін. Псевдозрідження є одним з найбільш прогресивних методів здійснення технологічних процесів з дисперсною фазою, таких як сушка, гранулювання тощо.

Обмежимося розглядом двовимірних квазогомогенних потоків суцільної та дисперсної фаз. Вважаємо, що в апараті має місце протитечійний рух фаз. Напрямок координатної осі Ox збігається з напрямком руху суцільної фази. Дисперсна фаза складається з однорідних частинок правильної геометричної форми. Вважаємо, що порозність рухомого шару (ε), теплоємності ($c, \bar{c}$), густини ($\rho, \bar{\rho}$) суцільної і дисперсної фаз є функціями внутрішньої координати шару, а коефіцієнти дифузійного перемішування суцільної (D_x, D_r) і дисперсної ($\bar{D}_x, \bar{D}_r$) фаз в поздовжньому і радіальному напрямках мають чисельно різні значення, але постійні по всьому об'єму шару. Узагальнений математичний опис нестационарних режимів процесу тепло-масообміну в апараті представлено наступною системою рівнянь:

Рівняння теплового балансу для суцільної і дисперсної фаз:

$$\frac{\partial(\varepsilon c \rho t)}{\partial \tau} + v \Omega \frac{\partial(\varepsilon c \rho t)}{\partial x} - J_w - D_x \frac{\partial^2(\varepsilon c \rho t)}{\partial x^2} - D_r \left[\frac{\partial^2(\varepsilon c \rho t)}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial(\varepsilon c \rho t)}{\partial R} \right] = 0,$$

$$\frac{\partial[(1-\varepsilon)\bar{c}\bar{\rho}\bar{t}_{cp}]}{\partial \tau} + w \Omega \frac{\partial[(1-\varepsilon)\bar{c}\bar{\rho}\bar{t}_{cp}]}{\partial x} - J_v - \bar{D}_x \frac{\partial^2[(1-\varepsilon)\bar{c}\bar{\rho}\bar{t}_{cp}]}{\partial x^2} - \bar{D}_r \left\{ \frac{\partial^2[(1-\varepsilon)\bar{c}\bar{\rho}\bar{t}_{cp}]}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial[(1-\varepsilon)\bar{c}\bar{\rho}\bar{t}_{cp}]}{\partial R} \right\} = 0$$

Рівняння матеріального балансу для суцільної та дисперсної фаз:

$$\frac{\partial(\varepsilon C)}{\partial \tau} + v \Omega \frac{\partial(\varepsilon C)}{\partial x} - I_w - D_x \frac{\partial^2(\varepsilon C)}{\partial x^2} - D_r \left[\frac{\partial^2(\varepsilon C)}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial(\varepsilon C)}{\partial R} \right] = 0,$$

$$\frac{\partial[(1-\varepsilon)\bar{C}_{cp}]}{\partial \tau} + w \Omega \frac{\partial[(1-\varepsilon)\bar{C}_{cp}]}{\partial x} - I_v - \bar{D}_x \frac{\partial^2[(1-\varepsilon)\bar{C}_{cp}]}{\partial x^2} - \bar{D}_r \left[\frac{\partial^2[(1-\varepsilon)\bar{C}_{cp}]}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial[(1-\varepsilon)\bar{C}_{cp}]}{\partial R} \right] = 0$$

де Ω – коефіцієнт форми апарата; C і $\bar{C}$ – концентрація речовини відповідно суцільної та дисперсної фази; I_v і I_w – потужність джерела речовини; J_v і J_w – потужність джерела теплоти.

Розглянемо, як окремий випадок математичний опис процесу сушіння.

Вважаємо, що перенесення теплоти в частках дисперсного матеріалу сферичної форми здійснюється теплопровідністю, а вологи – вологопровідністю. Структура потоків сушильного агента описується моделлю ідеального витіснення, а дисперсного матеріалу – моделлю ідеального перемішування. Напрямок руху сушильного агента збігається з напрямком координати OX [1].

Схема руху фаз в сушарці зображена на рисунку 1.

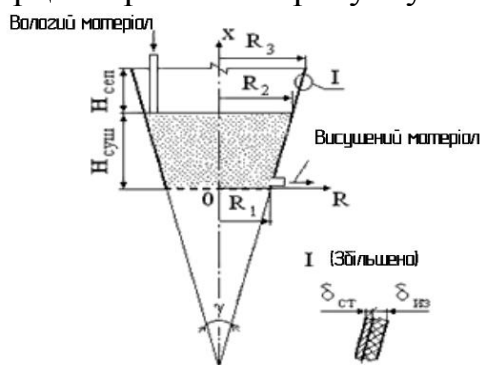


Рисунок 1 – Схема руху фаз в сушарці

Математичний опис процесу сушіння включає:

Рівняння теплопровідності в сферичних координатах: $\frac{\partial \bar{t}}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 \bar{t}}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \bar{t}}{\partial r} \right)$;

рівняння для визначення температури матеріалу на виході з сушарки:

$\bar{t}_{вих} = \int_0^\infty g(\tau) \bar{t}_{cp}(\tau) d\tau$, де $\bar{t}_{cp}(\tau)$ – середня температура матеріалу на виході з

сушарки. Рівняння дифузії в сферичних координатах: $\frac{\partial \bar{u}}{\partial \tau} = k \left(\frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \bar{u}}{\partial r} \right)$;

рівняння для визначення середнього вологовмісту частинок на виході з сушарки:

$\bar{u}_{вих} = \int_0^\infty g(\tau) \bar{u}_{cp}(\tau) d\tau$, де $g(\tau)$ – функція розподілу часу перебування частинок в

апараті, $\bar{u}_{cp}(\tau)$ – середня вологопровідність фаз [2].

Виконано узагальнений математичний опис нестационарних режимів тепло- і масообмінних процесів в апараті простої геометричної форми з псевдозрідженим шаром.

Перелік посилань:

1. **Сажин, Б.С.** Научные основы техники сушки [Текст]/ Б.С. Сажин, М.Б. Сажин. М.: Наука, 1997. С 448.

2. **Кафаров, В.В.** Математическое моделирование основных процессов химических производств [Текст]: учебное пособие для вузов/ В.В.Кафаров, М.Б. Глебов. М.: Высшая школа, 1991. 400 с.

УДК 66.045.132

РЕГЕНЕРАТОР ТЕПЛА ПОВІТРЯ З РЕГУЛЯРНОЮ НАСАДКОЮ ТА ТУРБУЛЕНТНИМ ГІДРОДИНАМІЧНИМ РЕЖИМОМ

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

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

Регенеративні теплообмінники поширені у системах вентиляції житлових приміщень через їх простоту, надійність конструкції, та більший коефіцієнт корисної дії, порівняно з теплообмінниками рекуперативного типу.

Традиційні провітрювачі містять насадку з ламінарним рухом повітря всередині, що дозволяє зробити їх компактними. Недоліком такого вибору є значний гідравлічний опір, що обмежує їх температурну ефективність, – основну технічну характеристику регенератора, F , % [1]:

$$F = \left| \frac{t_1 - t'_2}{t_1 - t_2} \right| 100\%$$

де t_1 – температура повітря у приміщенні, °С; t_2 – температура повітря зовні приміщення, °С; t'_2 – температура повітря після регенератора, що потрапляє на зовні приміщення, °С.

Також до основних характеристик відноситься об'ємна продуктивність, V , м³/год; період роботи, $\tau_{\text{цикл}}$, сек; гідравлічний опір насадки, Δp , Па,

Запропоновано використати насадку з умовами турбулентного режиму руху повітря у каналах.

До визначальних розмірів регенеративної насадки, рисунок 2 відносяться: діаметр насадки, D , м; довжина насадки, L , м, еквівалентний діаметр каналу, d , м; товщина стінки між каналами, S , м.

Спростимо модель насадки до плоско паралельної моделі пластини, що омивається потоком повітря, рисунок 1, при цьому потік повітря буде стиснений.

Приймаємо наступні припущення:

1. Гранична умова: $W_0=0$ м/с – швидкість повітря на поверхні насадки нульова.

2. Визначальною швидкістю повітря у каналах насадки є середня швидкість, м/с:

$$W_{\infty} = \bar{W} = \frac{4V}{\pi D^2 S_{\hat{n}\hat{a}}},$$

де $S_{\hat{n}\hat{a}}$ – доля поверхні отворів у перетині насадки до загальної площі насадки; V – об'ємна витрата повітря, м³/с; D – діаметр корпусу регенератора, м.

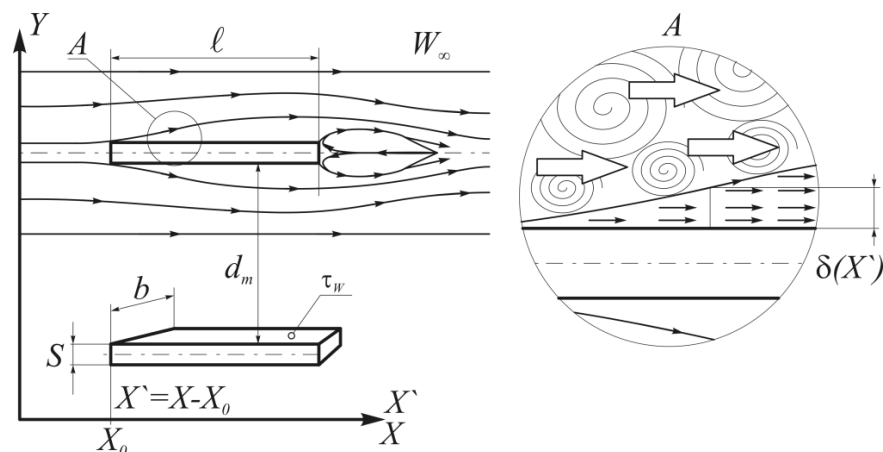
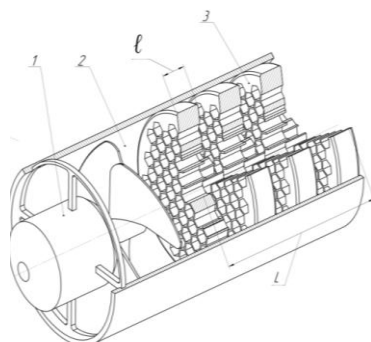
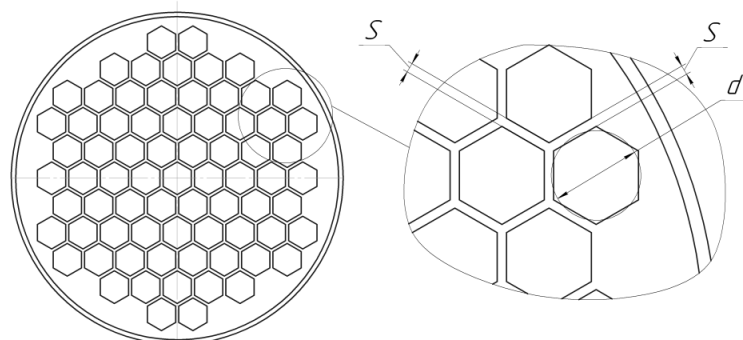


Рисунок 1 – гідродинамічна, плоско паралельна модель руху повітря ВЗДОВЖ

пластини у стисненому каналі



1 – вентилятор; 2 – корпус; 3 – регенеративна насадка



S – товщина стінки насадки між каналами, м; d – еквівалентний діаметр каналів насадки, м

Рисунок 2 – Принципова схема регенератора тепла повітря:

Висновок: сформульовано фізичну модель процесу теплообміну у нерегулярній насадці регенеративного теплообмінника з турбулентним режимом руху повітря у каналах насадки, обґрунтовано припущення що–до використання плоско паралельної моделі каналу.

Перелік посилань:

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

СУШІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ

магістрант Пашенько М.А.доц., к.т.н. Корінчук Д.М., к.т.н. Дабіжа Н.О.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут технічної теплофізики НАН України

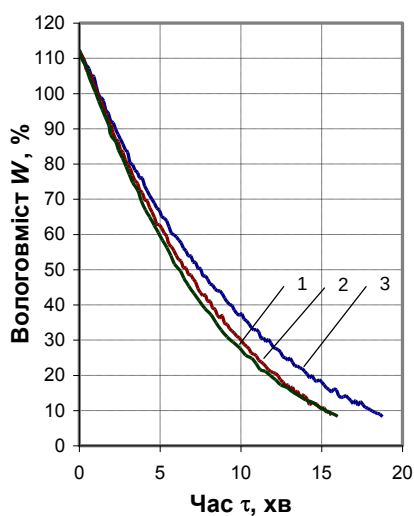
Останнім часом, все більшого поширення набуває виробництво біомаси на плантаціях швидкого обороту деревини, тобто енергетичних лісах. Під фразою «енергетичні ліси» маються на увазі плантації швидкорослих порід дерев і чагарників, для яких використовуються сільськогосподарські високо механізовані методи виробництва [1]. Енергетичні ліси зрізаються через 3-10 років після висаджування, що знову ж таки здійснюється високо механізованим методом. Через 5 років урожай досягає близько 50 тонн сухої маси з гектара. Для енергетики вирощують низькосортні види дерев: тополі, вільху та вербу.

Залежно від походження та умов зберігання вологість енергетичної деревини може коливатися в значних межах. Так природна вологість деревини становить 40-60 %, але може сягати і 70%. Теплотворна здатність деревини при такій вологості становить 6-8 кДж/кг, але після сушіння до вологості 10-20% зростає вдвічі. Для виробництва паливних брикетів або пеллет використовують рівномірно здрібнений матеріал з середнім лінійним розміром частинок 2-3 мм, відносною вологістю 8-12%. Тому використання деревини у виробництві пеллет, а також різних видів композиційного твердого палива передбачає сушіння подрібненого матеріалу до вологості, що визначена технологічними вимогами.

Дослідження процесу сушіння проводилось для різних видів енергетичних рослинних матеріалів. Порівняння процесів сушіння тирси деревини верби, тополі та вільхи (рис.1), проведених при однакових умовах, показало, що характер кривих кінетики зневоднення цих матеріалів є подібним і характерним для колоїдних капілярно-пористих тіл, тобто основні закономірності протікання процесів тепломасообміну є загальними для досліджуваних матеріалів.

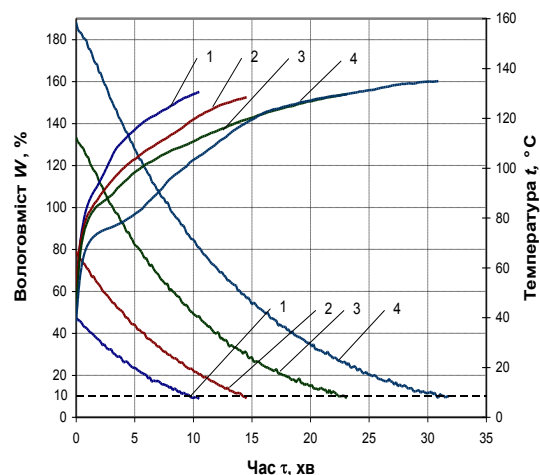
Оскільки закономірності, виявлені при аналізі процесу зневоднення для одного виду сировини, можна поширити на інший, обмежимося дослідженнями впливу режимних параметрів на кінетику сушіння для тирси деревини верби.

На рис. 2 наведені температурні криві та криві кінетики сушіння тирси деревини верби в шарі товщиною 10 мм залежно від початкової вологості матеріалу. З аналізу ходу кривих сушіння виявлено, що вони подібні, тобто величина вихідної вологості не впливає на закономірності процесу сушіння. Це дозволяє використовувати кінетичні криві, одержані при сушінні вологих зразків, для аналізу сушіння матеріалів з низьким вологовмістом. Також видно, що величина початкової вологості суттєво впливає на тривалість процесу зневоднення деревини. Так для тирси з вологістю 38,0 % ($W=45$ %) час сушіння до вологовмісту 10 % становить 9 хв, а при вологості 65 % ($W=188$ %) – 31 хв. Крім того, зі збільшенням початкової вологості матеріалу збільшується кількість води, яку необхідно видалити, та відповідно зростають енерговитрати на процес сушіння.



1–вільха; 2–тополя; 3–
верба; $t = 140^\circ\text{C}$, $v = 3$ м/с, $d = 10$ г/кг с.в.; $h = 10$ мм

Рисунок 1 – Вплив породи деревини на процес сушіння



1 – 32 %; 2 – 44 %; 3 – 57 %; 4 – 65 %;
 $t = 140^\circ\text{C}$,
 $v = 3$ м/с, $d = 10$ г/кг с.в.; $h = 10$ мм

Рисунок 2 – Вплив початкової вологості тирси деревини верби на процес сушіння

Перелік посилань:

1. <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/2578/> від 18.10.2016 р.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕПЛОНОСІЯ НА СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ ТОПОЛІ

магістрант Пашенько М.А., доц., к.т.н. Корінчук Д.М., к.т.н. Дабіжа Н.О.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут технічної теплофізики НАН України**

Енергетичні культури – це рослини, які спеціально вирощуються для використання безпосередньо в якості палива або для виробництва біопалива [1]. На сьогоднішній день відомо близько 20 видів швидкоростучих рослин, які можна вирощувати для отримання рослинної біомаси. Це евкالیпт, тополя, верба, міскантус та інші. Зібрана біомаса використовується для виробництва теплової та електричної енергії, може бути сировиною для виробництва твердого біопалива, як паливні гранули і брикети.

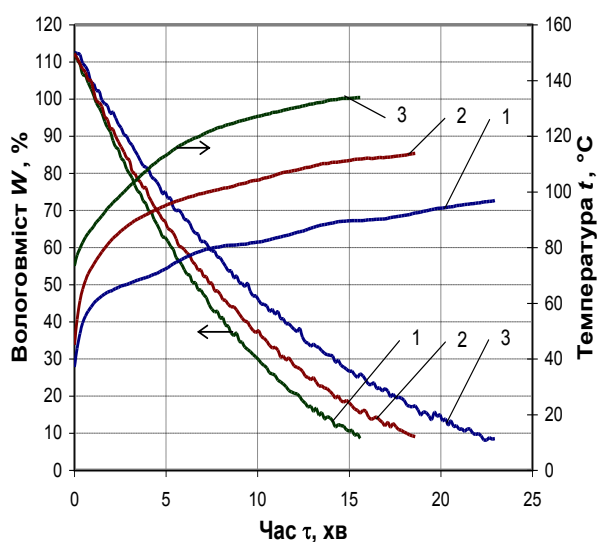
2. Серед усіх енергетичних рослин у світі саме тополя сьогодні використовується, як основна енергетична культура для виробництва твердого палива. Для його виготовлення, нам необхідно отримати рівномірно здрібнений матеріал, з середнім лінійним розміром частинок 2-3 мм і відносною вологістю 8-12%, тому використання біосировини у виробництві твердого палива передбачає сушіння подрібненого матеріалу до вологості, що визначена технологічними вимогами.

3. Під час сушіння вологовміст матеріалу поступово знижується, його температура підвищується, наближаючись до температури сушильного агента. В зв'язку з тим, що температура запалення деревини становить 250-300 °С, для запобігання займання дрібнодисперсних легкозаймистих складових, температуру сушильного агента вибирають так, щоб не перевищити безпечний рівень.

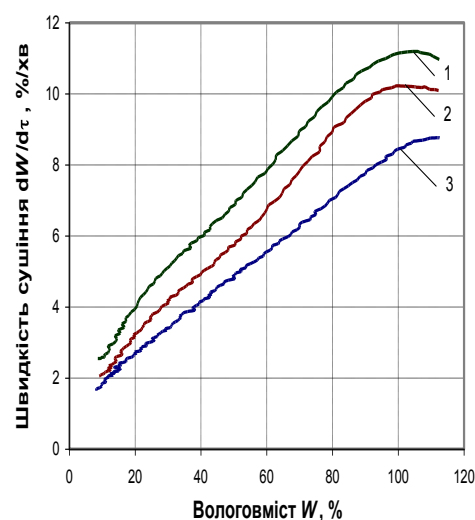
4. Дослідження процесу зневоднення тирси деревини тополі проводилися при температурах 100, 120 та 140 °С. Аналіз експериментальних даних показав, що підвищення температури сушильного агента інтенсифікує процес сушіння тирси деревини, при цьому відбувається швидке нагрівання матеріалу і прискорення процесу (рис. 1). Підвищення температури сушильного агента з 100 до 120 °С при зневодненні тирси деревини верби в тонкому шарі до

вологівмісту 10 % сприяє скороченню тривалості процесу з 22 до 18 хв. (тобто у 1,22 рази), а збільшення температури з 120 до 140 °С призводить до зменшення тривалості сушіння з 18 до 16 хв. (на 11 %). Швидкість сушіння в початковий момент при температурі сушильного агента 140 °С в 1,37 рази вища, ніж при 100 °С.

5. Спільний аналіз кривих сушіння і температурних кривих (рис. 1) показав, що температура тирси в процесі сушіння підвищується: спочатку інтенсивно, а потім повільно, наближаючись до температури теплоносія. В дослідженому діапазоні змінювання температур процес сушіння протікає в періоді падаючої швидкості: зменшення вологовмісту матеріалу з самого початку процесу відбувається за складною кривою, що асимптотично наближається до рівноважного вологовмісту.



а)



б)

1 – $t = 140$ °С; 2 – $t = 120$ °С; 3 – $t = 100$ °С; $v = 3$ м/с; $d = 10$ г/кг с.п.; $h = 10$ мм

Рисунок 1 – Вплив температури сушильного агента на процес сушіння тирси деревини тополі: температурні криві та криві кінетики сушіння (а), криві швидкості сушіння (б)

6. За результатами досліджень з кінетики сушіння тирси деревини тополі виявлені основні закономірності протікання процесів тепломасообміну для цього матеріалу та розроблені раціональні режими сушіння оптимальні з точки зору енерговитрат та одержання продукту заданої якості.

Перелік посилань:

1. <http://lis.volyn.ua/?p=3343> від 19.10.2016 р.

УДК 664.8.047.014

**ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОНОСІЯ НА КІНЕТИКУ СУШІННЯ
ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ РОСЛИНОЇ СИРОВИНИ**

магістрант Перепеличний О.В.¹, д.т.н., гол. наук. співр. Петрова Ж.О.²

1-Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім.Ігоря Сікорського",

2- Інститут технічної теплофізики НАН України

Процесом, який забезпечує стійкість і тривалість зберігання харчових продуктів та сприяє уповільненню росту мікроорганізмів, є сушіння. Сучасні технології сушіння базуються на максимально можливому збереженню біологічно активних речовин вихідної рослинної сировини. У якості досліджуваного композиційного матеріалу використовували функціональну рослинну сировину.

Для визначення впливу вологовмісту агента на інтенсивність процесу сушіння та визначення оптимальних режимів роботи для збереження каротиноїдів були проведені експериментальні дослідження, в процесі яких було відпрацьовано технологічні режими сушіння функціональної рослинної сировини надалі гарбуз та соєво-овочеві суміші.

Важливим позитивним фактором була можливість проведення сушіння конвективним методом на низькому температурному рівні з достатньо високою інтенсивністю, завдяки збереженню високого масообмінного тиску між сушильним агентом та матеріалом, що особливо важливо при сушінні термолабільних каротиновмісних матеріалів. Сушили матеріал при температурі не більше 50 °С зі швидкістю повітря 1.3 м/с до $W_k=8\%$ та початковою вологістю повітря від 5 до 20 г/кг.с.п.

На Рис.1 показані графіки впливу вологовмісту теплоносія на тривалість процесу сушіння соєво-морквяної композиції (СМК) (а) та залежність швидкості сушіння СМК(б) від вологовмісту теплоносія. З Рис.1 видно, що вологовміст сушильного агента найбільше впливає на інтенсивність процесу на початковій стадії постійної швидкості сушіння, при цьому зниження вологовмісту від 20 до 5 г/кг.с.п (сухого повітря) забезпечує підвищення швидкості процесу в 1.5 рази. Однак за більшого вологовмісту теплоносія період постійної сушки збільшується

і кількість випареної води в цей період пропорційно збільшується. З вилученням води на другому етапі сушіння ступінь впливу цього параметру на інтенсифікацію процесу знижується. Це пояснюється тим, що на останній стадії масообмін лімітується, в основному, швидкістю дифузії води в матеріалі, якої в зразку (Рис.1. Крива 4) було значно менше

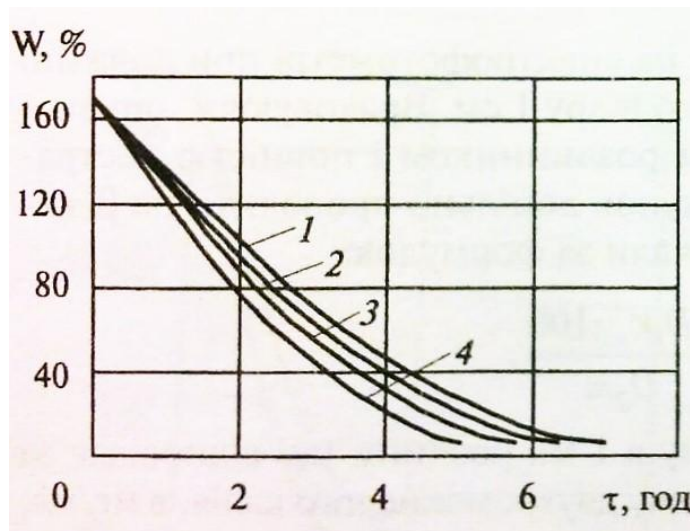


Рисунок 1 Графіки впливу вологовмісту теплоносія на тривалість процесу сушіння СМК: 1-d=5 г/кг; 2-d=10 г/кг; 3-d=15 г/кг; 4-d=20 г/кг

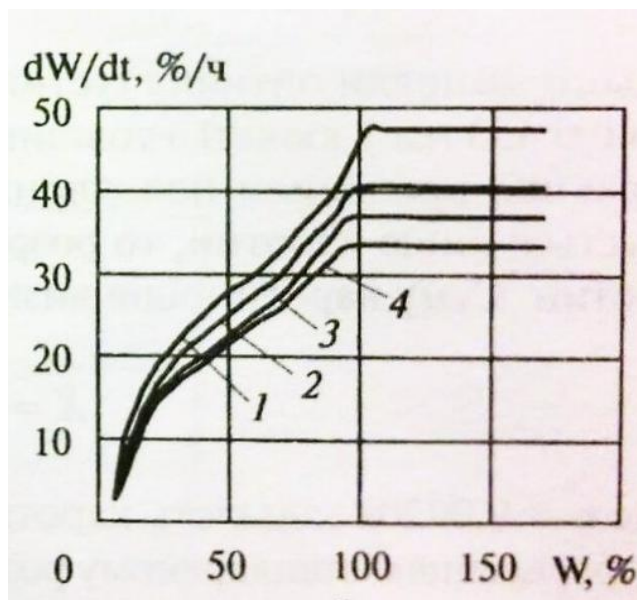


Рис 2. Залежність швидкості сушіння СМК (б) від вологовмісту теплоносія: 1-d=5 г/кг; 2-d=10 г/кг; 3-d=15 г/кг; 4-d=20 г/кг

Перелік посилань:

1. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Теплообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків, Київ; ВД «Академперіодика», 2007,- 162с

УДК 621.643

КРИТИЧНІ ЗНАЧЕННЯ ВАКУУМУ ПРИ КАЛІБРУВАННІ ТРУБ З ПОЛІЕТИЛЕНУ

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

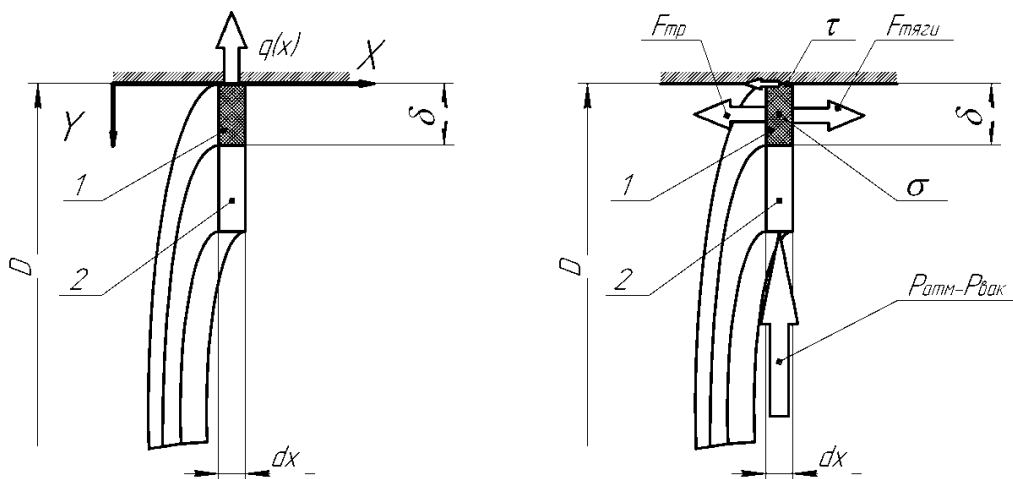
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою роботи є визначення максимально критичного значення вакууму при калібруванні труб з поліетилену, за якого процес є стабільним.

У розплаві поліетилену відбувається перенос тепла до стінки втулки, рисунок 2, за рахунок чого тонкий шар біля стінки охолоджується, кристалізується, зміцнюється. З закону збереження енергії [1, 2]:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda_{i\bar{e}}}{\rho C_p} \nabla^2 t \Rightarrow \frac{\partial t}{\partial x} U_x = \frac{\lambda_{i\bar{e}}}{\rho C_p} \frac{\partial^2 t}{\partial y^2}, \quad (1)$$

де U_x – швидкість руху труби у калібруючий втулці, м/с; $\lambda_{i\bar{e}} = 0,39$ – теплопровідність поліетилену, Вт/(м·К); $\rho = 951$ – густина поліетилену, що кристалізувався, кг/м³; $C_p = 2500$ – питома теплоємність поліетилену Дж/(кг·К).



1 – поліетилен у кристалічній фазі; 2 – поліетилен у розплаві

Рисунок – 2 Фізична модель переносу тепла у трубі, що калібрується, та напружень у трубі від сил тертя

Рівняння (1) з врахуванням залежності теплоємності від температури:

$$\frac{\partial t}{\partial x} U_x = \frac{\lambda_{\text{пол}}}{\rho C_p} \frac{\partial^2 t}{\partial y^2}$$

Граничні та початкові умови, враховуючи незначну порівняно з матеріалом калібруючої втулки теплопровідність поліетилену:

$$t|_{y=0} = t_{\text{стінка втулки}} \quad t(x=0) = t_{\text{початкова}}$$

Розв'язання (1) дозволяє отримати товщину твердої плівки поліетилену:

$$\delta(x) = f_1(x)$$

Напруження розриву в кристалізованому матеріалі плівки:

$$\sigma(x) = \frac{4F_{\text{тертя}} x}{\pi(D^2 - D - 2\delta(x)^2)} = \frac{4 \int_{x=0}^{x=x} \pi D \varphi (P_{\text{атм}} - P_{\text{вак}}) dx}{\pi(D^2 - D - 2\delta(x)^2)} = \frac{4\pi D \varphi (P_{\text{атм}} - P_{\text{вак}}) x}{\pi(D^2 - D - 2\delta(x)^2)} \leq \sigma,$$

де $F_{\text{тертя}} x = \int_{x=0}^{x=x} \pi D \varphi (P_{\text{атм}} - P_{\text{вак}}) dx$ – сила тертя, що діє на трубу при її русі

відносно втулки, Н; $P_{\text{атм}}$ – атмосферний тиск, що діє зсередини труби, Па; $P_{\text{вак}}$ – тиск, що діє на трубу зовні (зі сторони втулки) у вакуумній ванні, Па; σ – допустиме напруження на розрив для поліетилену, що кристалізувався, Па; $\varphi = 0,15$ – коефіцієнт тертя поліетилену по матеріалу втулки [3].

Висновок: існує мінімальний критичний тиск у вакуумній ванні, за якого відбувається обрив труби; при збільшенні швидкості калібрування труби необхідно або зменшувати значення вакууму, або інтенсифікувати охолодження труби, або збільшувати довжину зони охолодження труби без її притискання вакуумом до стінки втулки калібратора (відстань до першої прорізі). Важливим є розв'язання сформульованої математичної моделі для забезпечення практичних розрахунків калібруючого пристрою та чисельного моделювання процесу.

Перелік посилань:

1. Полиэтилен низкого давления. Технические условия: ГОСТ 16338-85. – Введ. 1987-01-01. – М. : ИПК, Изд.-во стандартов, 2000, – II, 27 с.
2. Кристаллические полиолефины / Под ред. Р. А. Раффа и К. В. Дока. Пер. с англ. М. "Химия", 1970, т. I, 360 с.; т. II, 470 с.
3. Технические свойства полимерных материалов: Учеб. – справ. пособие / Крыжановский В. К., Бурлов В. В. [и др.]. – 2-е изд., доп. – СПб.: Профессия, 2005. – 248 с.

УДК 663.64.069.84

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ВОДНИХ СИСТЕМ СПОСОБОМ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ

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

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інститут технічної теплофізики НАН України

В умовах сучасних міст очищаються величезні об'єми води. У природній воді завжди присутні домішки у вигляді газів, органічних і неорганічних з'єднань, які визначають низку її властивостей і перебіг багатьох реакцій. Вуглекислий газ має найбільшу розчинність у воді, в результаті, у водному середовищі підвищується концентрація іонів водню [1].

В Інституті технічної теплофізики НАН України в рамках відповідного наукового напрямку спроектовано і розроблено обладнання на базі роторно-пульсаційного апарата (ДІВЕ), що дозволяє змінювати величину водневого показника (pH), фізико-хімічні та органолептичні показники води і водних систем. При видаленні з води вуглекислого газу зменшується концентрація вільних іонів водню. При цьому зменшуються масова концентрація гідрокарбонатів, загальна жорсткість і загальна лужність і, як наслідок, підвищується значення pH [2].

Для аналітичного визначення концентрацій радикалів гідроксилу у воді, припущено, що концентрація збуджених молекул води $C_{H_2O^*}$ є пропорційною питомій ефективній потужності $\varepsilon_{акт}$:

$$C_{H_2O^*} = a \cdot \varepsilon_{акт.}$$

Кінетичне рівняння, що описує процес надходження радикалів $OH^\bullet$ у воду, матиме вигляд

$$\frac{dC_{OH^\bullet}}{d\tau} = k_1 \cdot \varepsilon_{акт}$$

де $\frac{dC_{OH^\bullet}}{d\tau}$ – швидкість надходження гідроксильних радикалів у воду, моль/($\text{дм}^3 \cdot \text{с}$); k_1 – константа швидкості надходження радикалів гідроксилу у рідку фазу, моль/(Вт·с). Постійна величина a входить у константу k_1 .

Згідно прийнятого механізму, у активованій воді відбуваються інші хімічні перетворення, кожне з яких описується своїм кінетичним рівнянням.

Реакції радикалів гідроксилу з іншими радикалами, молекулярними продуктами або з розчиненими речовинами можна описати рівнянням першого порядку:

$$-\frac{dC_{OH\cdot}}{d\tau} = k_2 \cdot C_{OH\cdot},$$

де k_2 – константа швидкості реакції радикалів гідроксилу з іншими радикалами, молекулярними продуктами, розчиненими речовинами, c^{-1} .

Рекомбінація радикалів гідроксилу з утворенням пероксиду водню:

$$\frac{dC}{d\tau} = k_3 \cdot C_{OH\cdot}^2,$$

де $\frac{dC}{d\tau}$ – швидкість зміни концентрації пероксиду водню, $моль/(дм^3 \cdot c)$; k_3 – константа швидкості реакції рекомбінації радикалів гідроксилу, $дм^3/моль \cdot c$.

У першому наближенні швидкість зміни концентрації радикалів гідроксилу $C\cdot$ можна описати кінетичним рівнянням

$$\frac{dC_{OH\cdot}}{d\tau} = k_1 \cdot \varepsilon - k_2 \cdot C_{OH\cdot} - \frac{1}{2} k_3 \cdot C_{OH\cdot}^2,$$

де k_1, k_2, k_3 – константи швидкостей відповідних хімічних реакцій [3].

Характер зміни pH під впливом гідродинамічної кавітації неоднозначний і залежить від кількості введеної енергії, мірою якої, в даному випадку є число кавітації, та потребує ґрунтовних досліджень [4].

Перелік посилань:

1. <http://www.npblog.com.ua/index.php/ekologiya/zabrudnennja-vodi.html>
2. Долинский А.А., Шурчкова Ю.А. «Вода в условиях обработки путем дискретно-импульсного ввода энергии».
3. Східно-Європейський журнал передових технологій: Вітенько Т.М. «Механізм реакцій гідроксильних радикалів при обробці води у кавітаційному пристрої», 2010.
4. Зарецька Т., Вітенько Т.М. «експериментальне обґрунтування параметрів активації екстрагентів методом кавітації»: XVIII наукова конференція ТНТУ ім. І. Пулюя, 2014.

УДК 66.096.5

ОЦІНКА ЯКОСТІ РЕЖИМУ ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ ДЛЯ ВИСОКИХ ШАРІВ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Для гранулювання гуміново-органомінеральних добрив із насичених висококонцентрованих водяних розчинів сульфату амонію з домішками поживних речовин органічного та мінерального походження найбільш доцільно використовувати техніку псевдозрідження, як енергоефективну технологію. Особливість процесу зневоднення та гранулювання у псевдозрідженому шарі (ПШ) полягає у застосуванні теплоносія з температурою, що у 2 і більше рази перевищує температуру плавлення сульфату амонію, завдяки цьому досягаються високі значення питомого навантаження поверхні шару за вологою в апараті. Гранульований продукт має сфероподібну форму з пошаровою структурою, розміром від 1,5 мм до 3,0 мм, рівномірний розподіл компонентів по всьому об'ємі та міцність $\sigma \geq 10$ Н на гранулу.

Висока інтенсивність та стійкість кінетики процесу буде досягнута при максимальному залученні зернистого матеріалу, визначеного масообміном при відсутності застійних зон на ГРП, що реалізується завдяки особливому гідродинамічному режимі в апараті.

Дослідження гідродинаміки проводилися на пілотній установці з розмірами камери гранулятора $A \times B \times H = 0,3 \times 0,11 \times 1,25$ м із прозорою передньою панеллю, яка дозволяє візуально спостерігати режим гідродинаміки при застосуванні ГРП щільного типу [1].

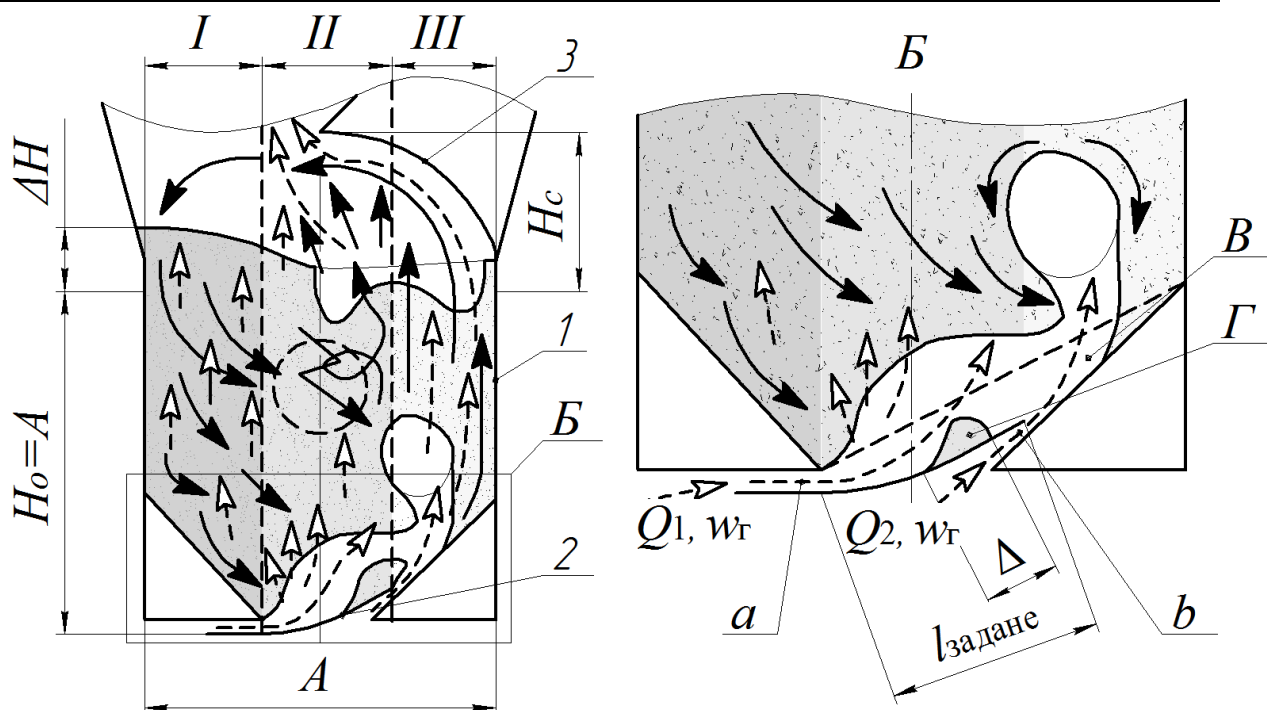
Попередніми дослідженнями встановлено, що стійкість кінетики процесу гранулоутворення з одержанням продукту $D_e = 3,6$ мм та індекси поверхні $i = F_{\text{шару}}/F_{\text{гранул}} = 230 \text{ м}^2/\text{м}^2$ досягається при відношенні перепаду тиску в шарі $\Delta P_{\text{ш}}$ до його висоти $H_{\text{ш}} - \Delta P_{\text{ш}}/H_{\text{ш}} = 8540$ Па/м, що визначалося з рівняння (1):

$$\frac{\Delta P_{\text{ш}}}{H_{\text{ш}}} = (\rho_{\text{т}} \cdot \varepsilon_{\text{т}} + \rho_{\text{г}} \cdot \varepsilon_0) \cdot g, \quad (1)$$

де $\varepsilon_{\text{т}}$ – порозність шару: $\varepsilon_{\text{т}} = 1 - \varepsilon_0$.

Для виконання заданих умов запропоновано застосовувати асиметричне дворівневе введення зріджувального агента в апараті, що дозволяє створити направлену циркуляцію зернистого матеріалу в апараті. У результаті цього в апараті утворюється 3 зони руху: низхідна (I), перехідна (II) та висхідна (III), рисунок 1.

Другою умовою є усунення застійної зони Г, рисунок 2, яка призводить до оплавлення матеріалу і розбалансу процесу.



1 – корпус; 2 – ГРП; 3 – направляюча вставка;

I – зона низхідного руху; II – перехідна зона; III – зона висхідного руху;

A – зона інтенсивного теплообміну; Г – застійна зона на пластині ГРП;

a; b – ліва та права щілини відповідно

Рисунок 1 – Організація руху
зернистого матеріалу в камері
гранулятора

Рисунок 2 – Миттєве розташування
фаз у зоні ГРП

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що для шару зернистого матеріалу з еквівалентним діаметром $D_e=3,6$ мм оптимальні масові витрати зріджувального агента $Q_r=0,055$ кг/с. При цьому не відбувається винесення частинок із шару, а критерії Рейнольдса у щілинах a та b відповідно становлять $Re_a=34774,4$ та $Re_b=23497,6$.

Оцінка якості режиму псевдозрідження, рисунок 3, проводилась як функція втрат проф. Taguchi [2]:

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

де $K_1=0,3$ та $K_2=0,7$ – вагові коефіцієнти; $\varepsilon_{\text{задане}}=0,95$ – задане значення порозності шару в зоні A; $\varepsilon_{\text{дійсне}}$ – експериментально визначене поточне значення

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

При цьому зона задовільної якості знаходиться у межах значень $L=0...0,1$. Динаміка зміни показника якості в часі при $D_e=3,6$ мм, наведена на рисунку 3, підтверджує ефективність застосування гідродинамічного режиму псевдозрідження, оскільки тривалість якісного процесу становить 0,28 с, що складає 78% від загальної тривалості циклу $T=0,36$, при цьому максимально допустимі втрати якості становлять $L=0,10$.

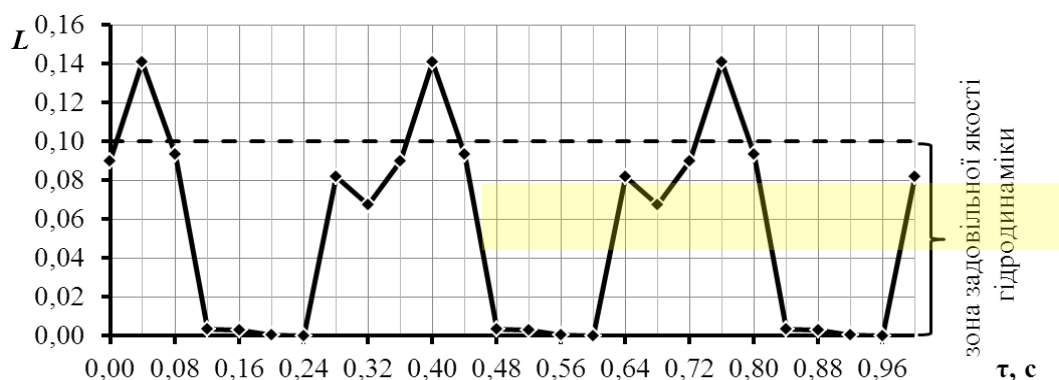


Рисунок 3 – Динаміка зміни показника якості $L=f(\tau)$

Таким чином запропонована методика дозволяє визначити якість гідродинаміки при значеннях $\Delta P_{\text{ш}}/H_{\text{ш}} \geq 8500$ Па/м,веденому значенні числа псевдозрідження $K_w=1,36$, а також при практично відсутньому інерційному виносу гранул з апарата із забезпеченням кратності циркуляції маси шару ΔM до 3 с^{-1} . У подальшому ця методика буде перевірена при значеннях еквівалентного діаметра частинок у ньому в межах $1,5 \leq D_e \leq 2,8$ мм.

Перелік посилань:

1. Патент України на корисну модель № 109509 U B01J 8/44. Газорозподільний пристрій апарата псевдозрідженого шару / Турко С.О., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Мартинюк О.В., Любека А.М.– 25.08.2016, Бюл.№16.
2. Центр Креативных Технологий. Методы Тагути – [Електронний ресурс] – <http://www.inventech.ru/pub/methods/metod-0030/> від 20.10.2016 р.

УДК 532.137:666.97

**РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ
БАГАТОКАНАЛЬНОГО ВІБРОЕКСТРУДЕРА**

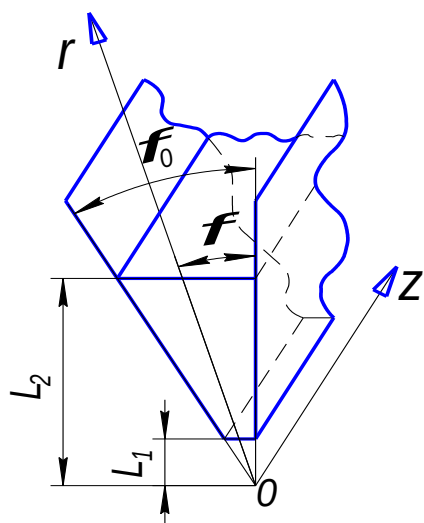
магістрант В.О.Ящук, к.т.н., доц. І.А.Андрєєв

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Для збільшення орієнтування фібр у фібробетонних виробках і покращення змішування дисперсної арматури з розчином застосовуються спеціальні конструкції віброекструдерів, які містять декілька послідовно розташованих симетричних і несиметричних каналів. Математичний опис процесу плин у фібробетонної суміші був виконаний тільки для симетричних каналів багатоканальних віброекструдерів. Тому постала задача розрахунку процесу плин суміші в несиметричних каналах таких віброекструдерів.

У випадку багатоканального віброекструдера розглядається останній вертикальний канал, який є визначальним при розрахунку продуктивності. Для опису процесу була вибрана циліндрична система координат (r, φ, z) . Початок координат вибрано у точці перетину ліній, що є продовженнями похилих стінок каналу (див. рисунок). Передбачається, що всі промені, які проходять через початок координат, є лініями плин, а висота шару суміші у бункері віброекструдера підтримується постійною.



Рисунок— Розрахункова схема процесу плин суміші у каналі

При вирішенні задач плин враховується, що вібруючі бетонні і фібробетонні суміші являють собою псевдоньютонівські системи. Крайові умови задач встановлюються з умови нерухомості рідини біля стінок каналу. Плин суміші при віброекструзії здійснюється під дією гідростатичного тиску маси.

Рівняння Нав'є - Стокса і нерозривності приймають вигляд:

$$\begin{cases} \rho u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} = \rho g_r - \frac{\partial p}{\partial r} + \mu_a \frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{\mu_a}{r} \cdot \frac{\partial u_r}{\partial r} - \mu_a \frac{u_r}{r^2} + \frac{\mu_a}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 u_r}{\partial \varphi^2}; \\ 0 = \rho g_\varphi - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \varphi} + \frac{2\mu_a}{r^2} \cdot \frac{\partial u_r}{\partial \varphi}. \end{cases}$$

$$\frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_r}{r} = 0.$$

Оскільки вібров'язкість базальтобетону при віброекструзії відносно велика, і процес формування характеризується низькими значеннями критерію Рейнольдса, то, очевидно, що сили інерції значно менше сил тертя. Тому інерційними членами рівняння Нав'є-Стокса при рішенні поставленої задачі нехтували. При цьому порядок диференціального рівняння не знижується, і тому рішення простішого рівняння дозволяє задовольнити такій же кількості граничних умов, як і рішення повного диференціального рівняння.

На відміну від попередніх вирішень задач плинну між плоскими нерухомими стінками, що сходяться, у нашому випадку при складанні граничних умов був врахований гідростатичний тиск суміші на вході в останній канал.

В результаті вирішення задачі були отримані формули для визначення радіальної швидкості u_r і об'ємної витрати через одиницю ширини плоского каналу, що звужується q :

$$u_r = - \frac{\rho g L_1^2 L_2^2}{2\mu_a r \cos^2 \varphi_0} \frac{H + L_2 - L_1}{L_2^2 - L_1^2} \frac{\operatorname{tg} \varphi_0 \sin 2\varphi + \cos 2\varphi - 1}{L_2^2 - L_1^2},$$

$$q = - \frac{\rho g L_1^2 L_2^2}{2\mu_a \cos^2 \varphi_0} \frac{H + L_2 - L_1}{L_2^2 - L_1^2} \frac{\operatorname{tg} \varphi_0 - \varphi_0}{L_2^2 - L_1^2},$$

де L_1 - відстань від початку координат до вихідного зрізу каналу, м; $L_2 - L_1$ - висота стовпа суміші в каналі, м; ρ - густина оброблюваної суміші, кг/м³; $g = 9,81$ м/с² - прискорення сили тяжіння; μ_a - вібров'язкість суміші, Па·с, r, φ - осі циліндричної системи координат, φ_0 - кут нахилу похилої стінки каналу до вертикалі.

УДК 661

ДЕФОРМАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНОК МОСТОВИХ СПОРУД

к.т.н., доц. Рубльов А.В.

Національний транспортний університет

Проблема виникнення так званих "перед мостових ям" що виникають в безпосередній близькості від штучних інженерних споруд завжди актуальна оскільки впливає, як на швидкісний режим руху транспорту, так і на стан інженерних споруд. Ці пошкодження шляхів сполучення визвані тим що вони накопичують залишкові деформації на прогонових будовах на відмінність від шляхів на дорожньому полотні, а також в зоні стикування двох конструкцій має місце перепад жорсткості (модуля пружності) шляху.

Ця проблема вирішувалася шляхом створення спеціальних ділянок змінної жорсткості призначення яких згладити перепад жорсткості та деформативності шляхів. Принцип роботи таких ділянок полягає в поступовому збільшенні жорсткості колії по мірі наближення до штучного спорудження. В інженерній практиці реалізовано кілька варіантів конструкції в зоні сполучення шляху на баласті з безбалластною верхньою будовою шляхом.

Однак найбільшою стабільності можна досягти, не тільки збільшивши міцність шляху, але і знизивши вплив на його елементи. Знизити напруження в баласті і земляному полотні можна за допомогою зменшення жорсткості колії, тоб-то для усунення перепаду жорсткості колії не підвищувати її на підході, а знижувати на інженерній споруді і берегових опорах.

Таким чином, пропонується знижувати жорсткість шляху і основ при їх одночасному влаштуванні з метою підвищення міцності деформаційних елементів шляху сполучення в зоні стикання.

СПРОЩЕННЯ РЕМОНТУ ЛАНЦЮГОВИХ МУФТ.

к.т.н, доц. Скуратовський А. К.¹, к.т.н, доц. Радько О. В.²

¹—**Національний технічний університет України**

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

²—**Національний авіаційний університет**

В приводах машин хімічних і нафтопереробних виробництв широкого застосування набули ланцюгові муфти, які містять дві фланцеві півмуфти, виконані в формі зірочок з однаковими числами зубців, зубчасті вінці яких охоплюються загальним замкнутим однорядним роликівим ланцюгом і з'єднуються з відповідними маточинами фланцями. Проте, зубчасті вінці таких муфт в процесі роботи виходять з ладу переважно внаслідок інтенсивного зношування зубчастих вінців і потребують негайного ремонту. Складність такого ремонту полягає в необхідності обточування маточини зношеної зірочки і приварювання до неї нового фланця з зубчастим вінцем.

Авторами запропонована ланцюгова муфта [1], в якій для спрощення ремонту зношених зубчастих вінців фланці, які з'єднують зубчасті вінці з маточинами, виконані роз'ємними і складаються із двох частин, які фіксуються між собою за допомогою елементів кріплення, причому одна частина виготовляється заодно з маточиною, а інша містить зубчастий вінець і розміщується на конічному торцевому виступі маточини, утворюючи з ним конусне з'єднання. Спрощення ремонту зношених зірочок досягається завдяки тому, що монтаж роз'ємних фланців виконується без механічної обробки маточин та приварювання фланців. При цьому також значно скорочується час простою обладнання, що особливо важливо при короткочасних (сезонних) роботах в екстремальних умовах.

Перелік посилань:

1. Патент України. № 105165 «Ланцюгова муфта»

/Скуратовський А. К., Радько О. В., оп. 10.03.2016, бюл. № 5.

УДК 536.423

**ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ТА ТЕПЛООБМІНУ У
РОТОРНОМУ ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ**

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

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

Широкого поширення в промисловості набули роторні плівкові апарати. Ці апарати придатні для здійснення багатьох теплофізичних процесів: випарювання, дистиляції, ректифікації, десорбції, сушки та інших процесів, які широко поширені в хімічній, біотехнологічній та харчовій промисловості [1].

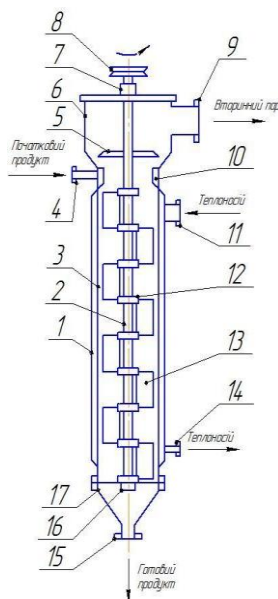
Застосування роторно-плівкового апарата для вищеназваних процесів обробки харчових продуктів дозволяє у багатьох випадках досягти радикального поліпшення техніко-економічних показників виробництва.

При проведенні вказаних процесів роторні плівкові апарати мають ряд істотних переваг перед багатьма апаратами іншого типу:

- менша тривалість процесу;
- більш висока інтенсивність термообробки продуктів;
- відсутність застійних зон;
- значно менші габаритні розміри;
- можливість поєднання декількох процесів в одному апараті;
- можливість висушування за один прохід;
- відсутність гідростатичного тиску.

Існують різні конструкції роторів і корпусів апаратів [2]. Вибір типу апарату визначається технологічним призначенням і властивостями оброблюваних рідин. У роторно-плівкових апаратах рідка фаза розподіляється ротором по твердій поверхні, що обігрівається і турбулізується ротором. Це призводить до значної інтенсифікації процесів тепло- і масопереносу.

На рисунку 1 зображена принципова схема роторно-плівкового апарата з шарнірним кріпленням лопатей.



- 1 – оболонь; 2 – вал ротора; 3 – корпус; 4, 9, 11, 14, 15 – патрубки;
5 – каплевідбійник; 6 – сепаратор; 7 – підшипниковий вузол;
8 – пасова передача; 10 – розподілювач; 12 – хрестовина; 13 – лопать;
16 – підшипниковий вузол; 17 – камера розвантаження.

Рисунок 1 – Принципова схема роторно-плівкового апарата з шарнірним кріпленням лопатей.

Метою даної роботи є дослідження гідродинаміки та теплообміну в роторно-плівковому апараті і через те, що данні процеси мають складний характер, що обумовлено, конструкцією ротора і технологічними параметрами роботи, аналітичне рішення відсутнє і необхідно проводити експериментальні дослідження.

Перелік посилань

1. Сидоров Ю. І., Влязло Р.Й., Новіков В.П. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості. – Л.: "Інтелект-Захід", 2008, -736 с.
2. Соколов В.Н., Яблокова М.А. Аппаратура микробиологической промышленности. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988-278с.: ил.

УДК 66.045

ПРОЦЕС ДОЗУВАННЯ ПРИ КАСКАДНІЙ ЕКСТРУЗІЇ ПОЛІМЕРІВ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Екструзія — процес отримання виробів шляхом екструдювання матеріалу через формувальний отвір у матриці. Зазвичай використовується у виробництві будівельних матеріалів, виробів з полімерних матеріалів, конструкційних металевих профілів а також, в харчовій промисловості, шляхом протискування пластифікованого матеріалу через отвір екструзійної головки преса.

У промисловості переробки полімерів методом екструзії виготовляють різні погонні вироби, такі, як труби, листи, плівки, оболонки кабелів, профілі тощо. Основним технологічним устаткуванням для переробки сировини у вироби методом екструзії є шнекові та дискові екструдери.

На сьогоднішній день основною сировиною для виробництва полімерної плівки є поліолефіни (поліетилен і поліпропілен), які займають ключові позиції (63%) у загальному обсязі виробництв полімерів, який за 2014 р. становив майже 220 млн. т. При цьому доля поліетилену склала 70,1 млн. т, а поліпропілену 39,1 млн. т. [1]

Високі обсяги виробництва та переробки полімерних матеріалів вимагають від виробників створювати економічні високопродуктивні машини для переробки пластичних мас. Останніми роками основна увага при створенні екструзійних процесів приділялася підвищенню продуктивності на якій базуються основні показники. Одним із варіантів покращення цих показників є підвищення ресурсоенергозбереження.

Найбільшого поширення набули одно черв'ячні екструдери, в яких одночасно виконується наступні операції: живлення, стискання, плавлення твердого полімеру, змішування, створення тиску та дозування розплаву. Всі ці процеси пов'язані між собою і виконуються одним робочим органом — черв'яком, що ускладнює оптимізацію процесів, так як зміна параметрів в якійсь

одній зоні призводить до зміни параметрів в інших зонах. Пульсації тиску і продуктивності в черв'ячних екструдерах в багатьох випадках перевищують 5-8% [2,3] чим і пояснюються такі великі допуски на геометричні розміри в стандартах на полімерну продукцію.

Рішенням проблем перевитрати сировини та енергії при виробництві полімерної продукції може бути використання каскадних схем екструзії, де всі процеси розділяються на окремі операції чи їх групи, з можливістю оптимізації процесів за рахунок автономного керування. Останнім часом для процесів живлення, плавлення, гомогенізації та створення попереднього тиску використовуються модернізовані черв'ячні чи дискові екструдери, а для створення кінцевого тиску і дозування використовується шестерний насос, який встановлюється між екструдером та формуючою головкою. Шестерний насос, маючи високий внутрішній опір, забезпечує жорстку напірну характеристику і високу точність дозування, що дозволяє зменшити допуски на геометричні виробів [4]. Це дає змогу випускати продукцію зі значною економією сировини і енергії, що є головною підставою використання шестеренних насосів в каскадних схемах екструзії.

Перелік посилань:

- 1 Сайт Реал Пресс [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://real-press.com/article.php?aid=20> від 11.10.2016 р.
2. Корнієнко Я.М. Високоточне ресурсоощадне екструдювання полімерів / Я.М. Корнієнко, В.О. Кузьміна, М.П. Швед, Д.М. Швед // Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2011. – № 1. – С. 91–94.
3. Корнієнко Я.М. Енергоефективна екструзія термопластів / Я.М. Корнієнко, А.В. Домінова, М.П. Швед, Д.М. Швед // «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2011. – № 1. – С. 107–110
4. М.П. Швед, Д.М. Швед, І.В. Луценко, А.С. Богатир. Переваги використання каскадних шестеренних насосів при екструзії полімерів. Резервы производства, технологический аудит и резервы производства - №1/2(9), 2013 с.21.

УДК 624.016

**ЗАХИСНІ ПОЛІЕТИЛЕНОВІ ТРУБИ
ДЛЯ ОПТОВОЛОКОННИХ КАБЕЛІВ ЗВ'ЯЗКУ**

магістрант Гоцький Я. Г., ст. викл. Двойнос Я. Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Сучасний розвиток інформаційних технологій спрямовано на зменшення вартості та енергозатрат прокладання, мінімізації кількості з'єднань телекомунікаційних оптоволоконних мереж.

Телекомунікаційний оптоволоконний кабель, найчастіше прокладається в канал (захисна труба з поліетилену), який закопано в ґрунт. Це забезпечує надійний захист кабелю від зовнішніх чинників, таких як несприятливі погодні явища, господарська діяльність людини тощо.

Одним з найсучасніших способів прокладки є пневматична, – на вході до захисної труби встановлюється пристрій (рисунк 1), який заштовхує кабель всередину труби механічно, та пневматично (на кінці закріплено герметизуючий пристрій, – "парашут"). Основними технічними перевагами методу пневматичної прокладки є відсутність зосереджених тягнучих зусиль, що діють на оптоволоконний кабель в процесі його просування по каналу, зведення до мінімуму вимог до працюючих на стиск зміцнювальних покриттів окремих світловодів і їх збірок, економія дефіцитної площі кабельних каналів і можливість заміни розгалужувальних муфт на розгалужувальні муфти трубчатих каналів [1, с. 330].

Такий спосіб дозволяє уникнути значних механічних навантажень, що у свою чергу дозволяє використати економний слабо армований кабель. Прикладом є кабелі марки O-CFP(SR)D-24E9/125 зовнішній діаметр якого 10,4 мм; динамічна сила натягування – 600 Н; вага – 113 кг/км; ціна 26,19 грн/м. п. [2], та кабель марки O-CFP(SR)D-24E9/125/Flex зовнішній діаметр якого 9,6 мм, динамічна сила натягування – $N_{\text{макс}}=300$ Н; вага – $M=96$ кг/км; ціна 24,60 грн/м.п. Оболонку кабелів та захисної труби виготовлено з поліетилену високої густини,

динамічний коефіцієнт тертя відповідно $\mu=0,13$, що дозволяє прокласти кабель, без його пошкодження на максимальну довжину

$$N = LMg\mu < N_{\text{доп}} \Rightarrow L < \frac{N_{\text{доп}}}{Mg\mu} = \frac{300}{96 \cdot 9,81 \cdot 0,13} = 2,45 \text{ м}. \text{ В той-же час довжина}$$

захисної труби у бухті може доходити до 5000 м.

Використання у конструкції захисної труби внутрішнього антифрикційного шару (рисунок 1, позиція 5) дозволяє зменшити динамічний коефіцієнт тертя до $\mu=0,06$, а довжину прокладки до 5,3 км.

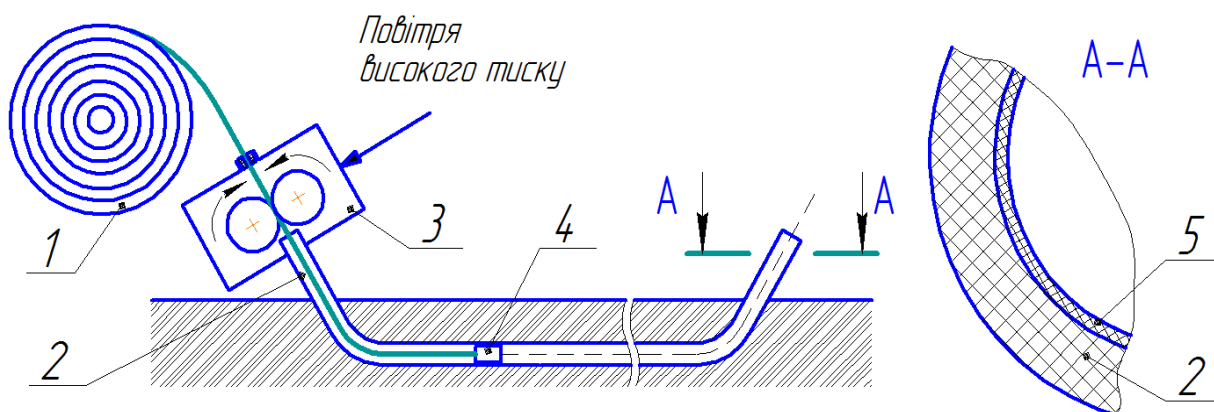


Рисунок 1 – Принципова схема прокладки оптоволоконного кабелю методом пневматичної укладки

- 1 – бухта оптоволоконного кабелю; 2 – захисна поліетиленова труба;
3 – пристрій; 4 – парашут; 5 – антифрикційний шар

Матеріалом для антифрикційного шару на внутрішній поверхні захисної труби є композиція силікону і високомолекулярного поліетилену високої щільності.

Висновок: виготовлення обладнання для екструзії полімерної композиції антифрикційного шару труб для захисту оптоволоконного кабелю є актуальним, а дослідження процесу екструзійного перемішування даної композиції – важливим.

Перелік посилань:

1. Семенов А. Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС / Семенов А. Б. – М.: Академия АйТи; ДМК Пресс, 2006. – 632 с., ил.
2. <http://asp24.com.ua/made-in-ukraine/otl-m-2-7-p-8x12e1-96-volokon/> (дата звернення: 17.10.2016).

УДК 66.047.75

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ ТА ТЕПЛОВОЛОГІСНОЇ ОБРОБКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

магістрант Довгаль О.О., доц. Корінчук Д.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

На сьогоднішній день серед усіх енергетичних рослин у світі саме верба в якості енергетичної культури для України є найбільш перспективною для виробництва твердого біопалива. Великого досвіду у вирощуванні верби виду *Salix Viminalis* здобули такі країни як Швеція, Англія, Ірландія, Польща, Данія. Найбільші плантації енергетичної верби, на теперішній час знаходяться у Швеція і займають близько 18 000 – 20 000 га, на другому місці Польща - більше 6000га.

На даний момент в Україні є землі не задіяні під сільськогосподарську діяльність, так як вони є малопродуктивними для вирощування традиційних сільськогосподарських культур. В свою чергу, енергетична верба невибаглива щодо ґрунту, і це дає можливість раціонально використовувати землю за її призначенням. Використання енергетичної верби супроводжується рядом переваг, серед яких є:

- відновлюване тверде біопаливо;
- екологічно чисте тверде біопаливо, яке не порушує баланс вуглецю в атмосфері;
- сама верба є природним фільтром для видалення відходів агро-промислового виробництва
- з одного гектару плантації можна отримувати 7-15 сухих тон енергетичної верби на рік;
- в порівнянні з використанням газу є більш економічно вигідним твердим паливом в опалюванні будівель;

- збагачує ґрунти мінералами та мікроелементами;
- кількість циклів збору урожаю з однієї посадки – 7-8 разів, після чого можна проводити рекультивацію землі під посадку інших культур або закладати нову плантацію верби.

Після збору урожаю, вологість тріски складає приблизно 50-60% і може бути використана у котлах киплячого шару. Але для використання у невеликих водогрійних котлах, задля більшої ефективності бажано щоб вологість тріски складала 35-40%. Це забезпечить стійкий режим горіння.

Але за умови транспортування на відстань не більше 50 км. Зменшити складські витрати та витрати на транспортування біомаси та забезпечити високу ефективність горіння дозволяє переробка тріски на тверде гранульоване біопаливо шляхом зневоднення до 8-10% вологості та наступним пресуванням.

Питання відпрацювання режимів сушіння енергетичної верби в технологіях виробництва твердого біопалива є вкрай актуальними для розвитку біоенергетичної галузі. Дослідження кінетики сушіння енергетичної верби та методів зменшення енергетичних витрат при пресуванні дозволять вдосконалити існуючі технології та обґрунтувати енергоефективні режими виробництва біопалива.

Перелік посилань

1. <http://www.salix-energy.com/energetichni-roslini>
2. <http://uabio.org/img/files/news/pdf/experience-growing-energy-willow-in-western-ukraine-gnap-t-energy-20112014.pdf>

УДК 664.8.047

**ПРОЦЕС ЗНЕВОДНЕННЯ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ КОЛОЇДНИХ
КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ**

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

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

Одним із енергоємних процесів, що застосовується в багатьох галузях промисловості є сушіння. Так на процеси термічного зневоднення в світі витрачається біля 10% всієї енергії. Тому питанню енергозбереження в сушильній техніці в останній час приділяють значну увагу [1].

Метою дослідження є розробка оптимальних режимів теплонасосного сушіння термолабільних матеріалів з використанням додаткового інфрачервоного нагріву.

Найбільш широко в промисловості застосовується конвективний спосіб сушіння. Він передбачає обдування висушуваного матеріалу потоком гарячого повітря з подальшим викидом зволоженого повітря в атмосферу. Інтенсифікацію процесу конвективного сушіння, як правило, здійснюють шляхом підвищення температури теплоносія, однак, при сушінні термолабільних матеріалів це призводить до погіршення якості висушеної продукції. Природа термолабільних матеріалів така, що їхня якість після сушіння тим вища, чим нижчий температурний рівень процесу зневоднення і менша його тривалість.

При теплонасосному сушінні волога, що видаляється, не виноситься сушильним агентом в навколишнє середовище, а конденсується на холодній поверхні випарника і відводиться в рідкому стані.

На сьогоднішній день гостро стоять проблеми створення та широкомасштабного впровадження сучасних енергоефективних технологій сушіння термолабільних матеріалів при температурі до 60°C. Низькотемпературне сушіння доцільно реалізовувати в конвективних сушарках

із застосуванням теплових насосів [1]. Але при цьому швидкість сушіння на початковій стадії процесу низька, що приводить до збільшення часу сушіння. Ефективність роботи теплонасосної сушарки може бути підвищена шляхом застосування додаткового нагріву за допомогою інфрачервоних нагрівачів [2].

Додатковий інфрачервоний нагрів використовується для швидкого нагрівання матеріалу, що інтенсифікує видалення вільної вологи на початкових етапах сушіння. За необхідності застосовується періодичний ІЧ- нагрів впродовж всього процесу сушіння. Це дозволяє прискорити процес зневоднення та скоротити час сушіння, а також підвищити якість продукції за рахунок зменшення часу перебування термолабільного матеріалу в сушильній камері.

Сушіння термолабільних матеріалів найбільш доцільно реалізовувати в конвективних сушарках із застосуванням теплових насосів. Ефективність роботи теплонасосної сушарки може бути підвищена шляхом застосування додаткового нагріву за допомогою інфрачервоних нагрівачів. Енергія інфрачервоного випромінювання передається від нагрівального елемента до поверхні термолабільного матеріалу без нагріву повітря.

При використанні додаткового інфрачервоного випромінювання із застосуванням теплового насосу необхідно забезпечити інтенсивний відбір вологого повітря, так як водяна пара, що утворюється над поверхнею матеріалу, поглинає значну кількість інфрачервоних променів, знижуючи тим самим ефективність сушіння.

Перелік посилань:

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

2. Дабижа Н.А. Оптимизация режимов теплонасосной сушки коллоидных капиллярно-пористых материалов / Н.А. Дабижа // Промышленная теплотехника. – 2007. – Т.29, № 5. С.57-60.

УДК 6/4.79:631.82/85

**ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ НА
ОСНОВІ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ**

ТА ГУМІНОВИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Мінеральні добрива (туки) - речовини, що мають неорганічну природу походження. Вони традиційно використовуються в сільському господарстві, так як є більш доступними, ніж органічні, дають швидкий позитивний ефект, і мають широкий спектр дії. Також їх набагато зручніше і дешевше транспортувати. Ці «швидкі» підгодівлі складаються з речовин, що не мають вуглецевого скелета [1].

Але чисті мінеральні добрива не завжди можна використовувати, тому доцільно використовувати комплексні добрива на основі сульфату амонію з домішками гуматів та інших компонентів, склад яких буде визначатись агрокліматичними умовами їх використання. Гумати добувають з торфу та бурого гумусового вугілля слабкими розчинами лугів.

Сульфат амонію (амоній сірчаноокислий) - хімікат, який вітчизняна промисловість випускає у великих кількостях. І не дивно, адже спектр його застосування дуже різноманітний. Це і харчове виробництво, і текстильна промисловість, і аграрний сектор. Амонійна сіль сірчаної кислоти (друга назва препарату), безпечна для людини, тому її використовують навіть при хлорванні води. В якості добрива, даний тук застосовують повсюдно, без прив'язки до кліматичних умов, тому його можна купити у всіх регіонах країни. Особливо гарний амоній сірчаноокислий для весняного внесення, тому що велика кількість азоту, що входить до його складу, допомагає інтенсивно підстобнути ріст і розвиток садових і городніх культур. Отже, переваги сульфату амонію наступні:

1) Не злежується. Це дозволяє використовувати його при перекопуванні ґрунту, причому вносити амонійну сіль дуже легко - ґрунт просто посипають кристалами в процесі перекопування, злегка заносючи фракцію у верхні горизонти. Якщо ж гранули розподілилися нерівномірно - це не страшно, амоній швидко вступає в реакцію дифузії з ґрунтовим комплексом, що дозволяє корисним речовинам рівномірно розподілятися по родючому шару.

2) Добре розчиняється у воді. Це дуже корисна властивість для добрива, тому що дозволяє використовувати його в рідкому вигляді, для кореневих і позакорневих підживлень рослин.

3) Іони амонію швидко втрачають рухливість у ґрунтовому комплексі, що допомагає азоту зберегтися в родючому шарі на тривалий час. Він не випаровується у вигляді газоподібних сполук.

4) Щоб уберегти азот із складу даного добрива від переходу в нітратну форму, для підживлення рослин необхідно використовувати розчин нітрату амонію. Таким чином, азот не вступить в реакцію нітрифікації з ґрунтовим комплексом. Чим вигідна амонійна форма солі? Вона набагато краще засвоюється рослинами, і не накопичується в їх плодах і бульбах навіть при надмірному внесенні.

5) Сульфат амонію не відноситься до отруйних речовин, не виділяє отруйні пари, що значно спрощує його використання як добрива. Немає необхідності одягатися в захисний одяг і стежити за дотриманням правил техніки безпеки. Ще одним доказом його нешкідливості може служити той факт, що цей препарат застосовують у харчовій промисловості для розщеплення білкових з'єднань [2].

Перелік посилань:

1. <http://chippolino.com.ua/mineralni-dobryva-dlya-roslyn-ta-yih-vidi.html> від 17.10.2016 р.
2. <http://stroyka-gid.com.ua/roboata-na-dilanzis/4693-sylfat-amoniyy.html> від 17.10.2016 р.

УДК 664.002.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ТА ТЕПЛООБМІНУ

В РОТОРНО-ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

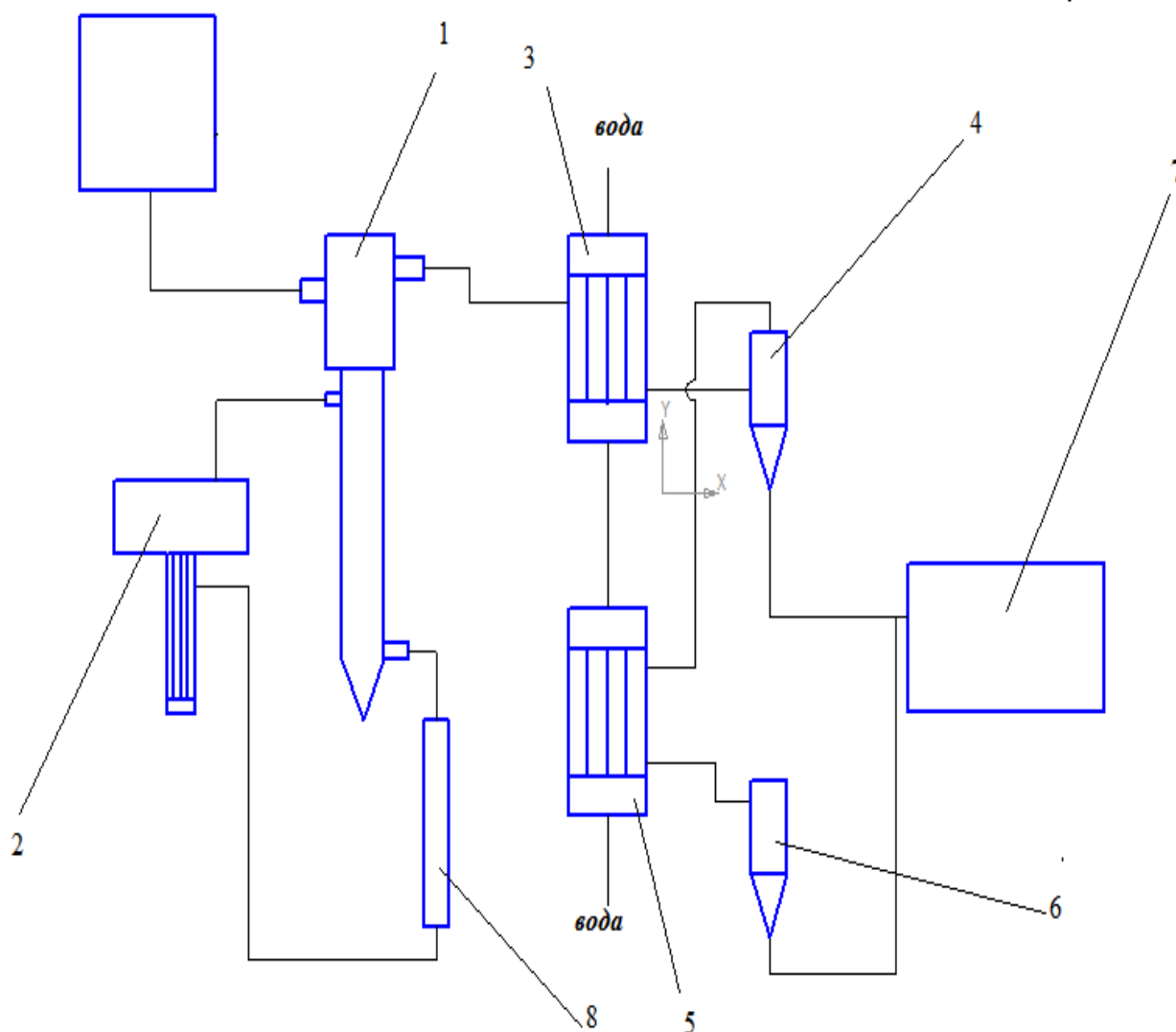
Широкого розповсюдження в хімічній, біотехнологічній, харчовій, промисловостях набули процеси в тонких шарах рідини. Такі процеси проводяться для випарювання, масообміну, стерилізації та пастеризації. Вони реалізуються в плівкових апаратах, в тому числі в роторних. Апарати даного типу застосовуються для обробки термічно нестійких рідин в процесах дистиляції та концентрації термолабільних органічних та неорганічних продуктів. Завдяки тому, що продукт знаходиться в зоні нагрівання нетривалий час, а також завдяки зниженню температури кипіння, внаслідок ведення процесу під розрідженням, обробка продукту відбувається без суттєвої зміни його основних властивостей. Роторно-плівкові випарні апарати мають ряд суттєвих переваг над іншими апаратами:

- високе значення коефіцієнта теплообміну та масообміну;
- малий час перебування в апараті;
- відсутність застійних зон;
- можливість висушування за один прохід та відсутність гідростатичного тиску.

Дослідження роботи роторно плівкового апарата в лабораторних умовах є доцільним, тому що це дає змогу побудувати математичний закон гідродинаміки та теплообміну за яким будуть працювати його аналоги.

Схема дослідження роботи роторно плівкового апарата 1 (Рисунок 1) складається з випарного котла 2 пара з якого використовується для підігріву кожуха апарата, після чого сконденсована пар повертається в котел. Після проведення процесу випарювання цільової речовини вторинний пар потрапляє в конденсатор 3, а потім до сепаратора 4 звідки не сконденсований пар потрапляє

до конденсатора 5, а вже сконденсована рідина потрапляє до збірника 7. Рідина з конденсатора 5 потрапляє сепаратор 6 а потім до збірника



1–роторно плівковий апарат; 2– паровий котел; 3,5– конденсатор;
4,6– сепаратор; 7– збірник сконденсованої речовини;
8–конденсатор первинної пари

Рисунок 1 – Схема дослідної установки роторно плівкового апарату

Перелік посилань:

1. Василюк І. М. Роторно-пленочные аппараты в пищевой промышленности /И. М. Василюк,А. Г. Сабуров. – М. : Агропромиздат, 1989. – 136 с.

УДК 665

**АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ПІДВИЩЕННЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА
ЛЕГКИХ ДИСТИЛЯТІВ НА СУЧАСНИХ НАФТОПЕРЕРОБНИХ
ПІДПРИЄМСТВАХ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ**

магістрант Панченко Д.М., д.н.д.у., к.т.н., проф. Рябцев Г.Л.

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

Найбільш відомий параметр бензину та його компонентів – октанове число. Воно визначає детонаційну стійкість палива, тобто його здатність протистояти займанню під час стискання. Якщо двигун працює нормально, пара бензину спочатку стискається в циліндрі, після чого в потрібний момент спалахують іскрою від свічки запалювання.

Бензинові фракції, одержувані з установки атмосферно-вакуумної перегонки, мають октанове число близько 60 одиниць. Щоб підняти октанове число палива до 92...98 одиниць, на нафтопереробному заводі реалізують низку технологічних процесів, серед яких алкілування, ізомеризація та риформінг [1].

У разі риформування підвищення октанового числа відбувається завдяки перетворенню аренів і нафтенів в ароматичні вуглеводні. Процес відбувається в присутності алюмо-платино-ренієвого каталізатора за температури 500...530 °С. Риформат має високе октанове число (100 і вище за дослідницьким методом) і є цінним компонентом товарного бензину. Проте ароматичні вуглеводні сприяють утворенню нагару в двигуні, тому їхній вміст у готовому паливі не повинен перевищувати 35 %.

Для перетворення легких вуглеводнів у компоненти бензину використовують алкілування. Каталізатором реакції є сірчана або фтороводнева кислота. Процес відбувається за невисокої температури, тому потрібне охолоджувати реактор. Октанове число одержуваного продукту –95 одиниць.

Ізомеризація парафінових вуглеводнів – сучасний процес переробки легких парафінів нормальної будови в їхні ізомери. Метою процесу є виробництво високооктанових компонентів автомобільних бензинів, а також отримання ізобутану та ізопентану. Ізомеризація є можливою лише для легких алканів бутану, пентану й гексану. Ця фракція з межами википання 28...70 °С називається легкою нафтою (петролейним ефіром, газовим бензином). Досліджується можливість ізомеризації важчих алканів [2]. У нафтопереробній промисловості реалізовано дві технологічні схеми ізомеризації алканів: однопрохідна і з рециклом. Однопрохідна схема дозволяє підвищити октанове число фракції з 70 до 83 одиниць, ізомеризація з рециклом – з 70 до 92. Останнє є можливим завдяки вилученню з суміші низькооктанових компонентів і поверненню їх у технологічний процес.

Оскільки реалізація усіх згаданих процесів потребує великих затрат і є рентабельною лише за значних обсягів перероблюваної сировини, для України, що перебуває на початку шляху реформування свого нафтоперероблення, великого значення набуває будівництво нових автоматизованих підприємств малої потужності, на яких застосовуватимуться нові, відносно дешеві та енергоощадні технологічні процеси.

Перелік посилань:

1. Получение компонентов бензина // Нефтянка. – Режим доступу : <http://neftianka.ru/components-of-gasoline> (дата звернення 10.10.16).
2. Ластовкина Г. А. Справочник нефтепереработчика / Г. А. Ластовкина, Е. Д. Радченко, М. Г. Рудина. – Л. : Химия, 1986. – 648 с.

УДК 666.97

ДОСВІД ФОРМУВАННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Основними матеріалами сучасного будівництва є бетон і залізобетон. Бетон, поряд з незаперечними перевагами (високі міцність на стискання, атмосферостійкість, технологічність, низька вартість), має ряд істотних недоліків: низькі міцність на розтягання, ударна в'язкість, опір стиранню. Для поліпшення роботи бетону в зоні, яка розтягується, встановлюється металева арматура. Однак, у тонкостінних конструкціях це не завжди можна виконати через те, що для уникнення корозії арматури необхідно забезпечити належний захисний бетонний шар товщиною 20-30 мм.

Дисперсне армування бетону є сучасним напрямком покращення практично всіх його основних фізико-механічних характеристик за рахунок залучання фібр у спільну роботу з бетоном при виникненні напружень. Фібробетонні вироби знаходять широке застосування замість їх бетонних, залізобетонних, армоцементних і азбестоцементних аналогів.

В наш час, для армування бетону (цементу), досліджуються і застосовуються фібри зі сталі, скла й інших мінеральних матеріалів, із полімерів і різноманітних органічних матеріалів.

Запропоновано розділяти фібри на 2 категорії залежно від їхнього модуля пружності: низькомодульні (нейлон, поліпропілен, поліетилен і т. ін.) і високомодульні (сталь, азбест, скло, базальт, вуглець). Армування низькомодульними фібрами, що сильно розтягуються, не веде до збільшення міцності композиції в умовах розтягу і вигину (деякі дослідники стверджують, що ці показники навіть знижуються), але веде до здатності добре поглинати енергію. При цьому також знижується стирання бетонного матеріалу. Фіброва арматура другої категорії поліпшує опір фібробетону як удару, так і розтягу

(вигину) тим значніше чим більше співвідношення модулів пружності фібр і матриці E_f/E_m за інших рівних умов.

Формування фібробетону відноситься до нового напрямку промисловості і вимагає подальшого удосконалювання. Однак, поки питанням технології фібробетонних виробів приділяється значно менше уваги, чим дослідженню властивостей цього композиційного матеріалу (див., наприклад, публікації Національного університету водного господарства та природокористування, Київського національного університету технології і дизайну та ін.). Застосування традиційного обладнання підприємств збірного залізобетону для виготовлення фібробетонних виробів малопридатне, тому що призводить до руйнування або грудкування дисперсної арматури.

Значного зниження в'язкості матриці, при якому можливо здійснювати її армування будь-якими фібрами при знижених водоцементних відношеннях і без використання поверхнево – активних речовин можна досягти застосуванням віброекструзійного способу формування, розробленого в НТУУ "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". Крім того віброекструзійний спосіб дає можливість орієнтація фібр уздовж напрямку розтягуючи напружень у виробі, тобто більш ефективно використовувати армуючі властивості дисперсної арматури і виготовляти більш тонкостінні вироби порівняно з традиційною технологією.

В результаті проведених досліджень були визначені реологічні властивості формуємих сумішей, отримані аналітичні формули для розрахунку процесів плинину і змішування фібробетонних сумішей в каналах віброекструдера, здійснені процеси віброекструзії плоских, профільних і трубчатих фібробетонних виробів, запропоновані удосконалені конструкції змішуючого і формуючого обладнання.

У подальших дослідженнях авторами планується виконання пошукових робіт з метою розширення номенклатури фібробетонних виробів, які можна виготовити за допомогою віброекструзійного обладнання.

УДК 628.33

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БАРОМЕМБРАННИХ ПРОЦЕСІВ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мембранна технологія – найбільш передова і перспективна технологія водопідготовки, характерною особливістю якої є майже повна відсутність використання реагентів (солей і кислот), стабільно висока якість очищеної води, компактність, екологічність, зручність експлуатації. Завдяки цьому мембранна фільтрація отримує все більшу популярність у побутовому та промисловому застосуванні.

Зворотній осмос являє собою один з найбільш популярних методів мембранного розділення. Він широко застосовується для знесолення (демінералізації) всіх типів води в установках різної потужності – від малих побутових до великих промислових. Мембрани зворотнього осмосу демонструють високу селективність відносно всіх іонів. Таким чином, цей метод можна розглядати як технологію знесолення води для абсолютно різних задач. Лідируюче положення цього методу зміцнюється в міру прогресу в техніці виготовлення мембран і додаткового обладнання [1].

Зворотній осмос – технологія очищення води із застосуванням напівпроникних мембран. Розчинена речовина утримується під тиском з однієї сторони мембрани, в результаті чистий розчинник проходить на іншу сторону мембрани. Селективність мембран забезпечується здатністю затримувати великі молекули чи іони забрудників, проте вільно пропускати крізь пори менші за розміром молекули розчинника. Зворотній осмос використовується не тільки для видалення домішок, але й для концентрування систем. Застосування мембран з певним розміром пор дозволяє розділити дисперсну фазу на фракції за розмірами частинок і визначити ці розміри [2].

Інтенсивне виведення з передмембранного шару води з низьким вмістом розчинених солей супроводжується явищем концентраційної поляризації.

Негативний вплив цього явища на ефективність баромембранних процесів пов'язаний з тим, що пропорційно зростанню концентрації розчинених домішок в тонкому перед мембранному шарі зростає і осмотичний тиск розчину. В свою чергу, це призводить до зменшення значення різниці тисків – рушійної сили процесу. Внаслідок концентраційної поляризації в тонкому передмембранному шарі концентрація домішок стає достатньо високою, щоб призвести до утворення відкладень. Крім того, канали, по яким рухається вихідна вода, мають малу висоту, що призводить до дуже швидкого забиття цих каналів зваженими часточками [3]. В зв'язку з цим нам потрібно вилучати осад з мембран. Тому процес регенерації мембран є дуже важливим.

Перелік посилань:

1. <http://omegaltd.com.ua/article/104.php>
2. **Рябчиков, Е. Б.** Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования / Е. Б. Рябчиков – М.: Де Ли Принт, 2004. – 301 с.
3. **Пантелеев, А. А.** Технологии мембранного разделения в промышленной водоподготовке / А. А. Пантелеев, Б. Е. Рябчиков, О. В. Хоружий, С. Л. Громов. – М.: ДеЛи плюс, 2012. – 429 с.

УДК 664.8.047.014

ПОПЕРЕДНЯ ПІДГОТОВКА ФІТОЕСТРОГЕННОЇ СИРОВИНИ ДО СУШІННЯ

д.т.н. Петрова Ж.О., аспірант Слободянюк К.С.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

За останні 10 років Україна у 10 разів збільшила показник і увійшла у число держав-лідерів по вирощуванню сої [1], яка є функціональним продуктом, що містить необхідний ряд корисних компонентів для здорового харчування людей [2].

Ефективній обробці піддаються цілі боби сої з наступним їх подрібненням [3]. Це пояснюється тим, що вони являються досконалою системою переносу вологи в середину і навпаки. Протягом вологотеплової обробки при підвищеній температурі і тиску, або проварці, підвищується інтенсивність вологопереносу в бобах. Через мікротріщини, утворення яких обумовлено внутрішнім вологопереносом, руйнується вихідна структура зернівки [3].

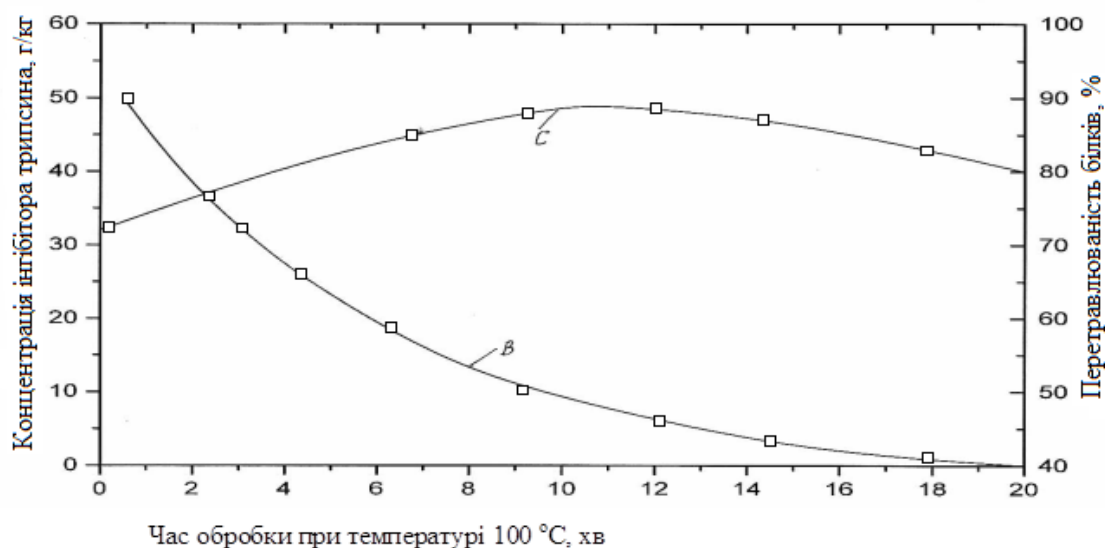


Рисунок 1. - Вплив вологотеплової обробки на біохімічні показники бобів сої

В результаті швидкого проникнення водяних парів в капіляри та мікротріщини бобів відбуваються різні біохімічні процеси. При цьому інгібітор трипсину, є речовиною білкової природи, значно змінюється, аж до втрати активності, що є однією з цілей вологотеплової обробки соєвих бобів .

Тому найбільш відповідальною технологічною операцією, яка передуює процесу сушіння, від додержання режимів якої залежить якість і харчова цінність готового виробу, є гігротермічна обробка сировини з наступним подрібненням,

під час якої інактивуються ферменти, змінюється структура і фізичні властивості овочів.

На рисунку 2 показана зміна температури соєвого бобу в процесі гіротермічної обробки.

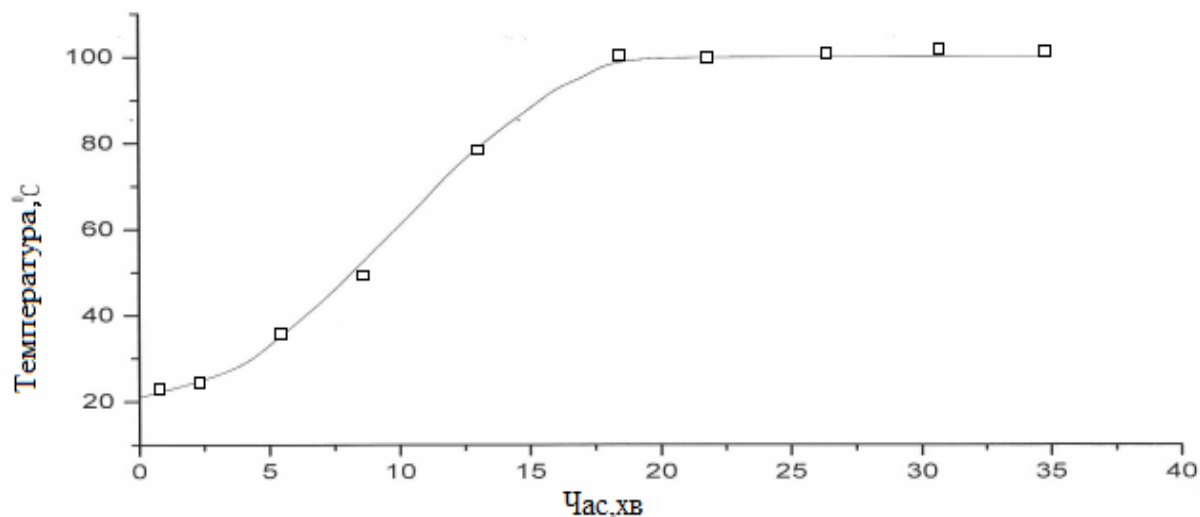


Рисунок 2—Зміна температури соєвого бобу в процесі гіротермічної обробки.

Із рисунка 2 видно, що через 17-18 хв. температура соєвого бобу становить 100 °C, при даному тепловому режимі боб проварюємо ще 15 хв.

В процесі дослідження був визначений хімічний склад соєвих бобів до і після гіротермічної обробки, та зміни показників якості на етапах попередньої вологотеплової обробки. (рисунок 3).

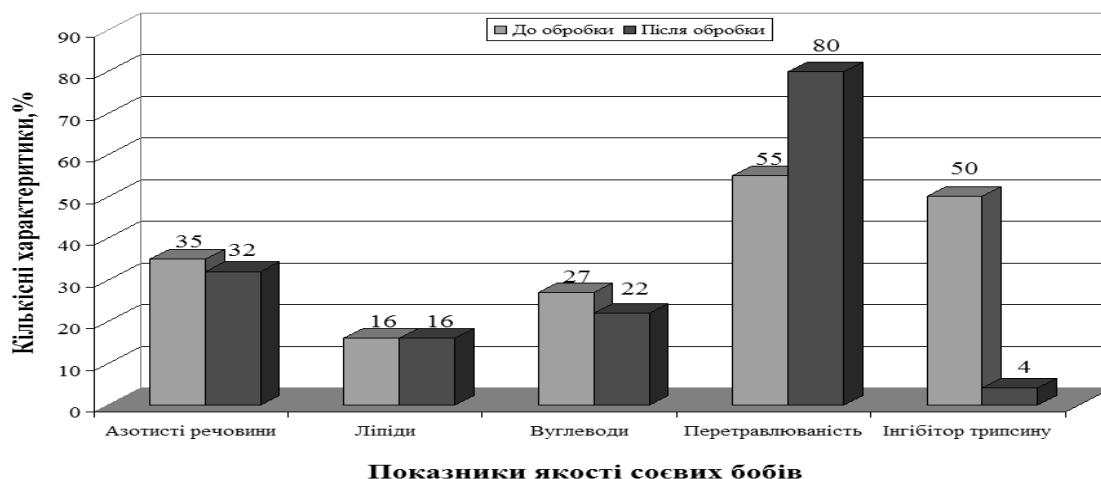


Рисунок 3—Вплив теплової обробки на показники якості соєвих бобів

Під час гіротермічної обробки (варка бобів сої протягом 20 хв.) відбувається інактивація ферментів, в тому числі ліпоксигеназного комплексу і часткова втрата легколетких та розчинних у воду продуктів розпаду. При цьому зменшується концентрація 2-бутанола (2,5 разів), н-бутанола (в 1,8 разів),

ізопентанола (в 3,2 разів), н-гексанола (в 5,0 разів) [3].

Якість сировини та готової продукції оцінювали за вмістом сухих речовин, масової долі загального азоту, цукрів, ліпідів, перетравлюваністю білків. Після гіротермічної обробки підвищується перетравлюваність білків на 25% та майже повністю інактивується інгібітор трипсину. В порівнянні із необробленою соєю, оброблена втрачає невелику до 5 % кількість розчинного білка, який переходить у воду, жири залишаються у незмінному стані. Відбувається часткова втрата (10 %) розчинних вуглеводів за рахунок втрати олігосахарів, які не засвоюються організмом людини, що являється позитивним.

Для дослідження фітоестрогенної сировини була вибрана комбінація соя – морква оброблена гіротермічно та ріпак-морква без гіротермічної обробки. Для запобігання окислення ліпідів сої та ріпаку їх поєднували з овочами [4].

Попередня підготовка фітоестрогенної сировини дозволила повністю інактивувати антихарчові компоненти сої, підвищити перетравлюваність білків. Створення композицій соя-овочі, ріпак-овочі дозволило запобігти окисленню ліпідів під час переробки.

Визначено оптимальну температуру теплоносія під час сушіння фітоестрогенної сировини, яка становить 70°C. Запропоновані режими дозволили отримати новий продукт із сої, ріпаку та овочів. Відсутність при підготовці матеріалу до сушіння хімічних та інших сторонніх інгредієнтів дозволило одержати високоякісну екологічно-чисту продукцію зі збереженням у сконцентрованому вигляді всіх речовин, що входять до складу вихідної сировини.

Перелік посилань:

1. <http://www.agro-business.com.ua/ekonomichnyi-gektar/3917-soievi-zhnyva-2015.html> від 15.10.2015 р.
 2. Капрельянц Л.В. Соєві продукти та інгредієнти: хімія, технологія, використання. – Київ: Монографія, «ТЕС», 2014. – 194с.
 3. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. Тепломасообмінні процеси при одержанні каротиновмісних порошків. – Київ: «Наукова думка», 2006. – 256с.
- Снежкін Ю.Ф. Функціональні порошки з рослинної сировини / Ю.Ф. Снежкін, Ж.О. Петрова, В.М. Пазюк // Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: збірник матеріалів 2-го міжнародного конгресу, 19 – 22 вересня 2012. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2012. – С. 98.

УДК 532.516:536.24

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ СПОСІБ БЕЗПЕРЕРВНОГО СУШІННЯ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

пр.н.с. к.т.н Сорокова Н.М., директор член-кор. НАНУ Снежкін Ю.Ф.,

пр.н.с. к.т.н Шапар Р.О.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Створення ефективних сушильних технологій передбачає зниження енергоспоживання шляхом інтенсифікації процесу зневоднення при збереженні високої якості готової продукції. Інтенсифікація сушіння за рахунок підвищення температури теплоносія ефективна у випадках, коли вплив підвищених температур не призводить до незворотних якісних змін у матеріалі. Температура термолабільних матеріалів не повинна перевищувати деякого гранично допустимого для них значення T^* . Прямоточні сушильні установки забезпечують найбільш сприятливі умови сушіння таких матеріалів [1], оскільки сушильний агент при максимальній температурі контактує з вологим тілом, підігрівуючи його до температури мокрого термометра, яка зазвичай нижче T^* , а по мірі висушування матеріалу знижується температура теплоносія, що як правило виключає перегрів матеріалу вище T^* , але і знижує інтенсивність проходження процесу. При цьому вологовміст сушильного агента може зростати досить суттєво, що не тільки сповільнює швидкість сушіння, та часто не дозволяє досушити продукт до низької кінцевої вологості. Осушка теплоносія на заключному етапі зневоднення інтенсифікує випаровування рідини з поверхневих шарів матеріалу, але це в свою чергу призводить до зниження їх температури, що робить доцільним додатково підвищувати температуру сушильного агента.

Авторами запропонований спосіб сушіння термолабільних матеріалів [2] у прямоточній стрічковій сушарці, що включає два етапи. На першому етапі в камеру подається сушильний агент із заданою швидкістю w_{c0} , вологовмістом d_{c0} , тиском P_{c0} і температурою T_{c0} , яка суттєво вище T^* для даного матеріалу. Параметри сушильного агента повинні бути обрані таким чином, щоб температура мокрого термометра T_m була нижче T^* . Перший етап сушіння

завершується, коли температура на зовнішній границі тіла наближається до значення T^* , а парціальний тиск пари $P_{\text{пс}}$ в сушильному агенті і відповідно вологовміст d_c досягає значення, при якому зміна вологовмісту матеріалу на його поверхні практично не спостерігається. На другому етапі подається сушильний агент, попередньо осушений до низького вологовмісту і нагрітий до достатньо високої температури. Ця температура вибирається максимально можливою, але такою, щоб її вплив не допустив перегріву тіла на другому етапі вище значення T^* .

Реалізація даного способу сушіння передбачає наявність графіків зміни вологовмісту і температури сушильного агента, які повинні визначатись залежно від початкових фізичних характеристик матеріалу і сушильного агента, швидкості стрічки і геометричних параметрів сушильної камери. Раціональним шляхом їх отримання є математичне моделювання. В [3] представлена математична модель і чисельний метод розрахунку динаміки тепломасопереносу, фазових перетворень і усадки при сушінні колоїдних капілярно-пористих тіл в прямоточній стрічковій сушарці, адекватність якої підтверджується зіставленням розрахункових і експериментальних даних. Вона будувалась на базі рівняння переносу субстанції [4], у припущенні, що при нормальних умовах режим роботи стрічкової сушарки є сталим, тобто в кожній точці камери температура та об'ємні концентрації компонентів пористого матеріалу і теплоносія залишаються незмінними в часі і процеси переносу є стаціонарними, швидкість стрічки w_L в постійна, а товщина шару X_m істотно менше довжини Z і ширини Y стрічки. Система рівнянь при відсутності фільтраційного переносу має такий вигляд

$$w_L \frac{\partial U_{\text{ж}}}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[D_{\text{ж}} \left(\frac{\partial U_{\text{ж}}}{\partial x} + \delta_{\text{ж}} \frac{\partial T}{\partial x} \right) \right] - I_V - \frac{U_{\text{ж}}}{1 - \varepsilon_V} w_L \frac{\partial \varepsilon_V}{\partial z}, \quad (1)$$

$$w_L \frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[D_{\text{п}} \left(\frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial x} + \delta_{\text{п}} \frac{\partial T}{\partial x} \right) \right] + I_V - \frac{U_{\text{п}}}{1 - \varepsilon_V} w_L \frac{\partial \varepsilon_V}{\partial z},$$

(2)

$$c_{\text{еф}} w_L \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_{\text{еф}} \frac{\partial T}{\partial x} \right) - \sum c_{\psi} D_{\psi} \left(\frac{\partial U_{\psi}}{\partial x} U_{\psi} + \delta_{\psi} \frac{\partial T}{\partial x} \right) \frac{\partial T}{\partial x} - L I_V, \quad \psi = \text{ж, п.} \quad (3)$$

Тут $c_{\text{эф}} = c_{\text{т}} U_{\text{т}} + c_{\text{ж}} U_{\text{ж}} + c_{\text{п}} U_{\text{п}} + c_{\text{в}} U_{\text{в}}$, $\lambda_{\text{эф}} = \lambda_{\text{т}} U_{\text{т}} / \rho_{\text{т}} + \lambda_{\text{ж}} U_{\text{ж}} / \rho_{\text{ж}} + \lambda_{\text{п}} U_{\text{п}} / \rho_{\text{п}} + \lambda_{\text{в}} U_{\text{в}} / \rho_{\text{в}}$, $U_{\text{ж}}$, $U_{\text{п}}$, $U_{\text{в}}$ – об'ємні концентрації рідини, пари і повітря у тілі, $D_{\text{ж}}$, $D_{\text{п}}$ – коефіцієнти

дифузії рідкої і газової фаз, $D_{ж} = \gamma_{Dж} [\exp(A_D / RT) - 1]^{-1}$ [5], $D_{п} = D_{в} = \gamma_{Dп} T^{3/2} / P_{г}$, A_D – енергія активації для процесу дифузії; $\gamma_{Dж}$, $\gamma_{Dп} = \text{const}$. Тиск парогазової суміші $P_{г} = P_{п} + P_{в}$ при відсутності фільтрації є рівним тиску зовнішнього середовища P_c . Парціальний тиск пари $P_{п} = \rho_{п} R_y / \mu_{п}$, де густина пари $\rho_{п} = U_{п} / \Psi_{г}$, об'ємна частка газової фази $\Psi_{г} = 1 - \Psi_{т} - \Psi_{ж}$, де $\Psi_{т} = 1 - \Pi$, $\Psi_{ж} = U_{ж} / \rho_{ж}$ – об'ємні частки твердої і рідкої фаз. Парціальний тиск повітря $P_{в} = P_c - P_{п}$, а густина та об'ємна концентрація: $\rho_{в} = P_{в} \mu_{в} / (R_y T)$, $U_{в} = \rho_{в} \Psi_{г}$. Відносна об'ємна деформація тіла ε_v при відомих значеннях функцій T і U_{ψ} знаходиться на базі рівняння термоконцентраційного деформування [4].

Інтенсивність фазових перетворень на зовнішній границі тіла [5] пропорційна різниці потоків рідини що випаровується і конденсується

$$I = \gamma_c \left(\exp \left[\frac{A}{RT} \right] - 1 \right)^{-1} - \varphi_c \left(\exp \left[\frac{A}{RT_c} \right] - 1 \right)^{-1}, \quad \gamma_c = \varepsilon \rho_{ж} \delta^* / 4, \quad (4)$$

де ε – коефіцієнт випромінювання; δ^* – середня довжина дифузійного перескоку активованої частинки в конденсованому шарі; φ_t – вологість парогазової суміші, якій згідно ізотермі сорбції відповідає об'ємна концентрація $U_{ж}$ у даній точці тіла. Формула для питомої інтенсивності випаровування в порах тіла витікає з (4) за умови локальної термодинамічної рівноваги: $I_v = \gamma_c \left(\exp \left[\frac{A}{RT} \right] - 1 \right)^{-1} (\varphi_t - \varphi) S$. Площа S контакту рідкої і газової фаз в частково заповнених рідиною порах в елементарному об'ємі тіла знаходиться по формулі [4]: $S = \frac{2\sqrt{1-\varphi_t}}{\rho_{ж} \delta^*} \frac{\partial U_{ж}}{\partial \varphi_t}$. Похідна $\partial U_{ж} / \partial \varphi_t$ визначається шляхом диференціювання рівняння ізотерми адсорбції. Якщо ізотерма задана у виді $U_{ж} = U_{\max} \varphi_t^g$, $g = \text{const}$, то $\partial U_{ж} / \partial \varphi_t = U_{\max} g \varphi_t^{g-1}$.

Визначення середніх значень температури T_c , тиску P_c , об'ємних концентрацій пари $U_{сп}$ і повітря $U_{св}$ в теплоносії в перетині z по довжині каналу проводилося за балансними рівняннями для елементарного об'єму $\Delta V = S_c \Delta z$ [4], де S_c – площа перерізу каналу, $S_c = XY$, X – висота каналу.

На рис.1 представлено зміна в часі середнього вологовмісту теплоносія d_c і столового буряку W (а), температур теплоносія T_c і поверхні шару $T|_{v=0}$ (б) при сушінні по запропонованому способу для випадків закінчення першого етапу по досягненні парціального тиску пари $P_{пс}$ в сушильному агенті значень 15 кПа

(криві 1), 16 кПа (криві 2), 17 кПа (криві 3), його осушення до $P_{\text{пс}} = 1$ кПа і додаткового підігріву до $T_c = 105^\circ\text{C}$ на другому етапі.

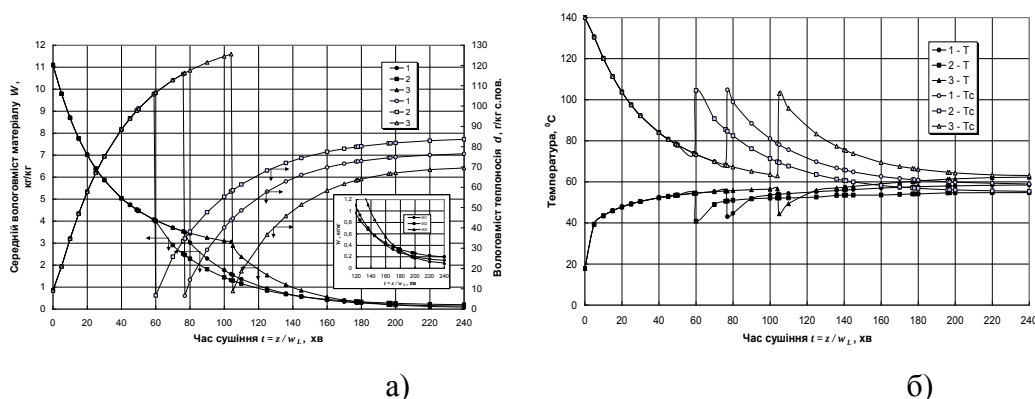


Рисунок 1. Графіки зміни вологовмісту (а) і температури (б) теплоносія і на поверхні шару столового буряка товщиною $H = 12,5$ мм

Збільшення тривалості першого етапу сушіння (криві 2, 3) дозволяє досушити пористий шар до більш низького рівноважного вологовмісту W_p на другому етапі, однак у випадку 3 має місце підвищення температури поверхні матеріалу вище T^* , що погіршує якість готового продукту. Отже, раціональним є вибір режимних параметрів теплоносія згідно умов отримання графіків 2.

Перелік посилань:

1. Массоперенос в системах с твердой фазой / Рудобашта С.П. –М.: Хімія. – 1980. –248 с.
2. Спосіб сушіння термолабільного матеріалу / Ю.Ф. Снежкін, Н.М. Сорокова, Р.О. Шапар // Патент на винахід №109241України А23В 7/02, F26В 3/02, A23L 3/40. Заявл. 21.07.2014; Опубл. 27.07.2015; Бюл. №14.
3. Математическое моделирование тепломассопереноса, фазовых превращений и усадки в ленточной сушильной установке / Н.Н. Сорокова, Н.И. Никитенко, Ю.Ф. Снежкин // Сборник научных статей Первых Международных Лыковских научных чтений.– 2015. –С. 63–67.
4. Молекулярно-радиационная теория и методы расчета тепло- и массообмена / Никитенко Н.И., Снежкин Ю.Ф., Сорокова Н.Н., Кольчик Ю.Н. – К.: Наукова думка, 2014. –743 с.
5. Проблемы радиационной теории тепло- и массопереноса в твердых и жидких средах / Н.И. Никитенко // Инженерно-физический журнал. – 2000, – Т. 73, – № 4. – С. 851 – 860.

УДК 662.758

СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

пров. наук. співр., к.т.н. Шматок О.І.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Використання рослинних олій або продуктів їх переробки як моторного палива дозволяє використовувати сонячну енергію, яка накопичується в олійними рослинами в процесі фотосинтезу. Разом з тим, ними забезпечується поглинання вуглекислого газу, який виділяється в процесі згоряння палива.

Рідкі моторні палива, отримані з рослинної сировини мають значні переваги в екологічності у порівнянні з традиційними паливами з нафти. При роботі двигуна на дизельному біопаливі емісія незгорілих вуглеводнів зменшується на 70 %, а оксидів сірки більш як на 99 %, що забезпечується хімічним складом біопалива.

За оцінками Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) до 2050 року частка біопалива в транспортній сфері може збільшитися до 750 млн. т.н.е. і скласти 27% всього палива для транспорту, дозволяючи зменшити обсяги шкідливих викидів на 20%.

Недоліком існуючих технологій виробництва дизельного біопалива з рослинних олій є використання для їх реалізації обладнання періодичної дії, інтенсифікація тепломасообмінних і фізико-хімічних процесів в яких суттєво обмежена конструкцією. В результаті, на проведення технологічних операцій процесу витрачається значна кількість енергії, зменшуючи загальну енергетичну рентабельність використання біопалива.

В ІТТФ НАН України проводяться дослідження із застосування для організації технологічного процесу одержання дизельного біопалива методів дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ), що реалізуються в роторно-

пульсаційних апаратах (РПА). Інтенсифікація фізико-хімічних процесів у РПА відбувається за рахунок багатфакторного впливу на оброблюване рідке середовище, що полягає в пульсаціях тиску й швидкості потоку рідини, кавітації, розвиненій турбулентності потоку, жорсткому кумулятивному впливі.

Для проведення досліджень розроблено і створено експериментальну установку, в якій використано обладнання для реалізації метода ДІВЕ, теплонасосне обладнання і рекуператори теплової енергії. Установка реалізує неперервний режим одержання біопалива, дозволяючи організувати рекуперацію теплоти отримуваних продуктів і використати її для нагріву вихідних компонентів процесу, підвищуючи таким чином енергоефективність пропонованої технології у порівнянні з традиційними. За попередніми оцінками, рекуперація теплоти дозволить знизити енергетичні витрати на одержання біопалива на 40..60%.

Експериментальні дослідження з використанням для одержання дизельного біопалива рослинних олій і метилового спирту, показали, що при використанні методу ДІВЕ процес проходить значно інтенсивніше ніж при застосуванні об'ємного реактора. При температурі реакційної суміші олія-метанол на рівні 50..60 °С виходу ефірів 99 ... 100% від теоретичного вдається досягти при однократному прокачуванні реакційної суміші через РПА. Для порівняння, при використанні об'ємного реактора з мішалкою (традиційна технологія) необхідно близько 10 хвилин для досягнення того ж виходу ефірів за аналогічних температурних параметрів.

Використання потенціалу України з виробництва і використання біологічних видів моторних палив допоможе знизити нафтову залежність країни і наблизить її до світової спільноти, як країну, що турбується про екологію і захист навколишнього середовища.

УДК 678.027.3

РУХ ПОЛІМЕРІВ В ЗОНІ ЖИВЛЕННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА

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

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Матеріал в каналі черв'яка екструдера просувається вперед в результаті руху поверхні черв'яка відносно поверхні циліндра. Швидкість переміщення твердої сировини в значній мірі визначається силами, що діють на грані твердих поверхонь.

Перенос сировини, що виникає в результаті відносного руху границь екструдера, здійснюється під дією сил тертя. Для оптимального руху твердої сировини сипуча тверда фаза повинна легко ущільнюватись та переміщуватись по механізму поршневого руху.

В екструдері сила тертя на стінці циліндра утримує тверду пробку від вільного обертання зі шнеком. Тертя на циліндрі, відповідно, утворює рушійну силу, що забезпечує переміщення твердого шару. Якщо сила тертя на циліндрі дорівнює нулю, ніякого руху, направленого в перед, не буде відбуватись. Якщо сила тертя на черв'яку дорівнює нулю буде мати місце максимальний перенос

вздовж каналу рис. 1.

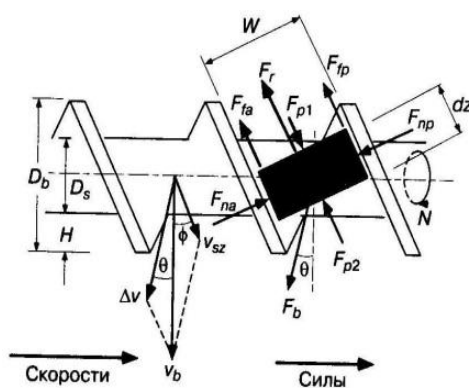


Рисунок 1 – Розрахункова
схема зони живлення

Вираз для кута руху твердого матеріалу Θ отримується із балансу сили в напрямку осі каналу:

$$PWdzf_b \cos(\Theta + \varphi) - f_x \sin(\Theta + \varphi) = WHdP + Pdzf_s(W + 2H). \quad (1)$$

Для того щоб отримати залежність тиску від відстані в напрямку осі каналу, рівняння (1) потрібно проінтегрувати. Тиск при $z = 0$ рівня $P(z=0) = P_0$. Тоді рішення рівняння представляється наступним чином:

$$\ln \frac{P}{P_0} = \left\{ \frac{f_b}{H} \cos(\Theta + \varphi) - f_x \sin(\Theta + \varphi) - f_s \left(\frac{W + 2H}{Wh} \right) \right\} z \quad (2)$$

Рівняння (2) показує, що при певному куті руху твердого матеріалу тиск збільшується експоненціально як функція відстані вздовж каналу. Це означає,

що в зоні руху твердого матеріалу теоретично можуть створюватись високі тиски. Рівняння (2) може бути перетворене таким чином, щоб отримати завершену формулу виразу для кута руху твердого матеріалу:

$$\Theta = \arcsin \left[\frac{(1 + f_s^2 - k^2)^{1/2}}{1 + f_s^2} \right] - \varphi, \text{ де } k = \frac{H}{f_b z} \ln \frac{P}{P_0} + \frac{f_s}{f_h} \left(1 + \frac{2H}{W} \right) \quad (3)$$

Якщо враховується кривизна каналу, вираз для кута руху твердого матеріалу може бути записано в наступному образі:

$$\Theta = \arcsin \left[\frac{(1 + K^2 - M^2)^{1/2} - KM}{1 + K^2} \right], \text{ де } K = \frac{D_m \sin \varphi_m + f_s \sin \varphi_m}{D_b \sin \varphi_m + f_s \sin \varphi_m} \quad (4)$$

Результат, отриманий шляхом вирішення рівняння дуже близький при малих значеннях глибини каналу ($H < 0,01D$). Для великих глибин каналу ($H > 0,05D$) Результат виявляються різними. У зв'язку з тим, що у більшості екструзій них черв'яків $H > 0,05D$ рівняння (3) не дає точних результатів для типових значеннях глибини каналу в зоні живлення.

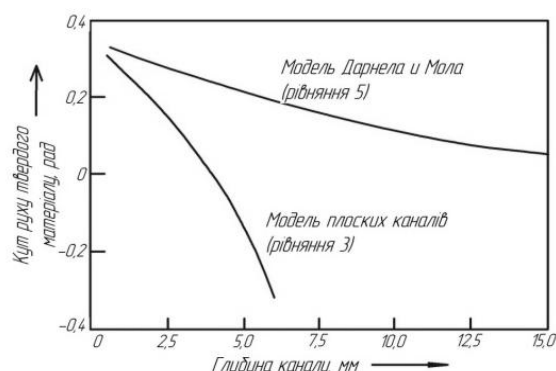


Рисунок 2 – Залежність кута транспортування твердої фази матеріалу від глибини каналу черв'яка

На рис. 2 показано, що кут руху твердого матеріалу зменшується із збільшенням глибини каналу черв'яка. При використанні Глибоких каналів зростає площа поверхні черв'яка, в той момент коли площа поверхні циліндра залишається такою самою. Це означає, що гальмуюча сила збільшується в той час як рухома сила при транспортуванні твердого матеріалу не змінюється. В результаті кут руху твердого матеріалу зменшується із збільшенням глибини каналу.

Перелік посилань:

1. Раувендааль К. Экструзия / Пер. с англ. под ред. А.Я. Малкин – СПб.: Професия, 2008.-768 стр., ил.
2. W.H.Darnell and E.A.J. Mol, SPE J. 12,20 (1956)

**СЕКЦІЯ 2
«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»**

УДК 66.021

СУШІННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДО ВИСОКОЇ СУХОСТІ

магістрант Візерський Д.С., пров.інж. Улітько Р.М.,

к.т.н.,проф. Марчевський В.М.

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

В сучасній хімічній промисловості, зокрема при виробництві паперу використовуються спеціальні порошкоподібні наповнювачі, такі як цеоліт або діоксид титану. Величина часток наповнювача складає 2-4 мкм, а їх кінцева вологість досягає 0,3%. Початкова вологість пастоподібного диоксиду титану 40-50%. Наразі питання зменшення і оптимізації енерговитрат на сушіння є актуальним, так як сушіння є найбільш енергозатратним процесом промисловості.

В процесі сушіння пастоподібних дрібнодисперсних матеріалів на інертних тілах, в киплячому шарі та вихрових сушарках паста швидко висушується до досягнення значень сухості у 94-99%. Після цього висушений порошок видаляється з камери сушіння в систему пилоочищення. При цьому частки досушуються до кінцевого значення сухості у 99,7%. Велика парусність дрібнодисперсних часток зумовлює те, що їх швидкість стає однаковою зі швидкістю потоку теплоносія, тоді число Рейнольдса $Re = 0$ [1]; при цьому число Нуссельта $Nu = 2$ [1]. За таких умов коефіцієнт тепловіддачі набуває наступних значень:

$$\alpha = \frac{Nu * \lambda}{\delta} = \frac{2 * 3 * 10^{-2}}{4 * 10^{-6}} = 15000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}},$$

де: $\lambda = 3 * 10^{-2}$ – теплопровідність потоку теплоносія, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$ [1];
 $\delta = 4 * 10^{-6}$ – діаметр часток, м.

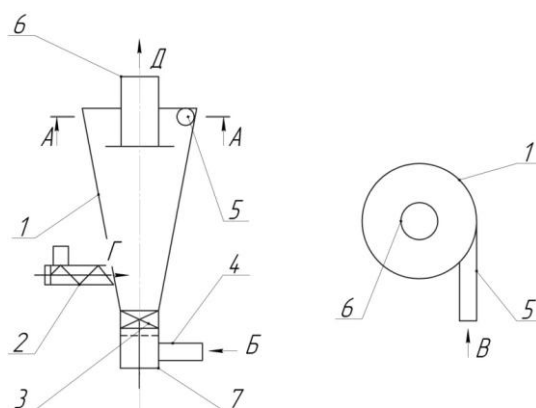
Питомий тепловий потік від теплоносія до часток:

$$q = \alpha * (t_{\text{п}} - t_{\text{ч}})$$

де: $t_{\text{п}}$ – температура потоку теплоносія, $^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{ч}}$ – температура часток, $^{\circ}\text{C}$;

Інтенсифікувати процес сушіння можливо шляхом збільшення різниці температур між теплоносієм та частками на виході з сушильної камери[2], що

досягається введенням перегрітого потоку теплоносія в потік недосушених часток продукту. Здійснення такого процесу можливе в апараті, що зображений на рисунку 1. Пастоподібний матеріал подається через шнековий живильник 2 в сушильну камеру 1 де він змішується з частками висушеного матеріалу, диспергується лопатями ротора 3 і висушується від поверхневої вологи потоком нагрітого теплоносія, що подається з патрубка 4 через дифузор 7. Підсушений дисперсний матеріал піднімається вихровими потоками у верхню частину сушильної камери 1. При цьому недосушені агломеровані частки порошку переміщуються в пристінний шар і рухається в нижню частину сушильної камери 1 з вихровим потоком перегрітого теплоносія, що подається через патрубок 5. В результаті диспергатором 3 відбувається диспергування, досушування матеріалу, та винесення його з сушильної камери 1 через патрубок 6 разом з теплоносієм.



1 – камера сушіння; 2 – шнековий живильник; 3 – диспергатор;
4 – патрубок подачі теплоносія; 5 – патрубок подачі додатково підігрітого теплоносія; 6 – патрубок для відведення відпрацьованого теплоносія; 7 – дифузор;

Рисунок 1 – Апарат для сушіння порошкоподібних матеріалів

Перелік посилань:

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов/ Под ред. Чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
2. Лебедев П.Д., Расчет и проектирование сушильных установок. Учеб. для высш. техн. учеб. заведений. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 320 с.

УДК 532.528

**УСТАНОВКА ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ
ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТУ**

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

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

Роторно-пульсаційні апарати (РПА) широко використовуються в різних галузях промисловості для інтенсифікації гідромеханічних і масообмінних процесів, що проводяться у рідинах і підвищення якості обробки рідин. Переваги РПА по відношенню до інших конструкцій апаратів аналогічного призначення зумовлені багатфакторним впливом на оброблювану рідину, досягнення якого можливе різними способами, що зумовлює велику варіативність конфігурацій робочих органів та параметрів проведення процесів обробки рідин, раціональний вибір яких потребує знання гідродинамічних характеристик апаратів. Це робить актуальним дослідження гідродинамічних режимів роботи роторно-пульсаційних апаратів.

Для встановлення гідродинамічних характеристик роторно-пульсаційного апарату створено лабораторну установку, на базі РПА з набірними робочими органами у вигляді ротора і статора, що складаються з встановлюються співвісно порожнистих циліндричних тіл з перфорованою бічною поверхнею. Для інтенсифікації покачування оброблюваної рідини через робочі органи передбачено можливість оснащення ротора крилаткою що встановлюється у його внутрішній порожнині. Рівномірність подачі оброблюваної рідини в апарат забезпечується її проходженням через встановлений на лінії підведення рідини ресивер.

Визначення робочих параметрів РПА здійснюється за допомогою комп'ютерно інтегрованого вимірювального комплексу до складу якого входять:

датчики тиску на вході і виході з апарату, витратомір на виході з апарату, датчики току та напруги, датчик числа обертів приводного двигуна, датчик температури рідини в апараті. Всі зазначені елементи з'єднані через перетворювач сигналів з ПК, на якому проводяться визначення та реєстрація параметрів, що вимірюються.

Конструкція установки передбачає можливість зміни витрати рідини та числа обертів приводного валу.

Розроблена лабораторна установка надає можливість дослідження впливу конструкції і конфігурації робочих органів, а також режиму роботи роторно-пульсаційного апарату на його гідродинамічні характеристики і витрати енергії.

За результатами проведення досліджень з використанням лабораторної установки планується встановити функціональні залежності перепаду тиску в апараті від витрати оброблюваної рідини і частоти пульсацій та потужності двигуна від витрати оброблюваної рідини і числа обертів приводного валу. Одержані функціональні залежності будуть використані для встановлення універсальних гідравлічних характеристик РПА в залежності від кількості циліндрів і наявності крилатки у складі робочих органів апарату. Знання універсальних гідравлічних характеристик РПА дозволить обирати раціональні режими роботи апаратів, надійно визначати гідравлічну складову витрат енергії і гідравлічний коефіцієнт корисної дії при роботі апарату, розробити надійні методики розрахунку роторно-пульсаційних апаратів.

УДК 66.08

ЕМУЛЬГУВАННЯ В ЦЕЛЮЛОЗНО–ПАПЕРОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

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

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

Основною метою емульгування є поєднання двох нерозчинних одна в одній рідин з утворенням стійкої дрібнодисперсної системи. В целюлозно-паперовій промисловості (ЦПП) емульгування застосовується при виготовленні клеїв та поверхнево-активних речовин (ПАР), що використовуються при виробництві паперу і картону та очищенні стічних вод виробництва.

В основному циклі виробництва продукції емульгування використовується для одержання клеїв, використання яких забезпечує покращення фізико-механічних властивостей паперу і картону, а також для підготовки та введення ПАР у волокнисту суспензію, що покращує водовідведення на сітковій частині паперо- та картоноробних машин.

На стадії очищення стічних вод додавання ПАР в стічні води, що надходять до флотаційної установки забезпечує покращення очищення стічних вод від волокнистої складової, залишків клеїв, наповнювачів, барвників [1].

Основними типами обладнання для приготування емульсій в ЦПП є: інжектори, апарати з перемішуючими пристроями і роторно-пульсаційні апарати.

Апарати з перемішуючими пристроями використовують для приготування грубих емульсій. В якості робочого органу у таких апаратах застосовують лопатеві мішалки. Спосіб приготування емульсій у ємкісному обладнанні з перемішуючими пристроями не отримав широкого поширення через його малу продуктивність, а також у зв'язку з тим, що цей спосіб не придатний для приготування емульсій різного композиційного складу [2].

В апаратах інжекторного типу емульгування, здійснюється за рахунок передачі частини енергії струменя рідини, що витікає із сопла, прилеглим шарам

рідини, що супроводжується приведенням їх до руху. На місці де були розташовані прилеглі шари рідини виникає розрідження. Знижений тиск змушує рідину навколо струменя зтягуватися в цю частину простору. Ця послідовність взаємодій відбувається неперервно і багаторазово, що забезпечує перемішування компонентів з утворенням емульсії. Такі апарати відрізняються простотою і надійністю конструкції, а також високою продуктивністю. При виготовленні емульсій вони дозволяють здійснювати безперервне проведення процесу з утворенням краплин середній діаметр яких складає 1...2 мкм [3].

Серед апаратів призначених для отримання емульсій роторно-пульсаційні апарати відрізняються високою ефективністю і компактністю. Перевагами над іншими типами гідромеханічного обладнання є комплексний вплив на рідину, що дозволяє пришвидшити процеси при виготовленні клеїв зменшується кількість циклів приготування до 30 разів, підвищується якість рідинних систем за рахунок збільшення однорідності розподілення компонентів та отримують тонкі емульсії з вузьким розподіленням дисперсних складових [4].

Аналіз літературних даних свідчить про перспективність застосування роторно-пульсаційних апаратів для приготування емульсій у ЦПП, що вказує на актуальність дослідження такого обладнання і закономірностей емульгування у ньому.

Перелік посилань:

1. Хованский В.В. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона. – СПб: СПбГТУРП, 2013. – 153 с.
2. Чичаев В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т.2. Бумагоделательные машины – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 264 с.
3. Фляте Д.М. Технология бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 1988. -432 с.
4. Промтов М.А. Пульсационные аппараты роторного типа: теория и практика. – М.: Машиностроение, 2001. – 260 с.

УДК 66.063.8

**ПЕРЕМІШУВАННЯ У ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВІЙ
ПРОМИСЛОВOSTІ**

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

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

Перемішування широко застосовується в хімічних виробництвах для отримання емульсій, суспензій та сумішей твердих речовин, а також для інтенсифікації процесів масообміну та теплообміну [1]. Інтенсивне перемішування необхідне для ефективного проведення хімічних процесів безперервним способом.

В целюлозно-паперовій промисловості перемішування застосовується при підготовці маси у виробництвах паперу та картону, у виробництвах целюлози, при регенерації та утилізації відходів на таких стадіях:

1. При зберіганні целюлозної маси в масних басейнах. Необхідно постійно підтримувати рівномірну концентрацію, а також якісно та швидко перемішувати нову масу, що надходить до басейну та масу яка вже знаходиться в ньому. На підприємствах застосовуються басейни об'ємом до 3000 м³. Перемішуючий пристрій в басейнах об'ємом 315...630 м³ монтується на корпусі апарату, а в басейнах більшого об'єму – на окремій рамі, що опирається на фундамент. Застосовують як вертикальні, так і горизонтальні перемішуючі пристрої з потужністю приводу 5,5...75 кВт та діаметром лопатей 0,75...1,8 м [2].

2. При розпуску волокон в процесах переробки макулатури та браку з паперо- та картоноробних машин [3]. Для цього застосовують гідророзбивачі, головним елементом якого є різні види лопатевих роторів, що створюють циркуляцію маси в результаті чого вона ефективно перемішується з водою, та відбувається розпуск волокон. На сучасних виробництвах застосовують

гідророзбивачі об'ємом $2,5 \dots 65 \text{ м}^3$, потужністю $55 \dots 560 \text{ кВт}$ та продуктивністю до 320 т/год [4].

3. Для інтенсифікації процесу каустизації, сутність якого полягає в перемішуванні зеленого луку з гашеним вапном у результаті чого утворюється їдкий натр. Перемішування луку відбувається за допомогою ємкісного апарату що містить вертикальний вал з турбінною та пропелерною крилаткою. Крім того, у верхній частині валу встановлений шарнір, завдяки якому вал під час обертання навколо своєї вісі під дією відцентрових сил може відхилятися від вертикального положення, що забезпечує рівномірне та інтенсивне перемішування по всьому об'ємі апарату. Частота обертання перемішуючого пристрою становить $1,0 \dots 2,0 \text{ с}^{-1}$, потужність приводу – $5,5 \dots 90 \text{ кВт}$, а діаметр крилатки $0,5 \dots 1,7 \text{ м}$.

4. При облагородженні целюлозної маси, а саме при її вибілюванні [5]. У вибілювальних баштах перемішування застосовують для забезпечення рівномірної концентрації целюлозної маси після розбавлення її водою та для перемішування маси з реагентом. Особливості конструкції різних перемішувачів залежать від концентрації волокна у масі та виду відбілюваного реагента. Для перемішування маси з концентрацією волокна більше 8% застосовуються одновальні та двовальні перемішуючі пристрої, а в деяких випадках статичні перемішувачі. Для перемішування маси з концентрацією волокна нижче 4% застосовують одновальні дискові, гвинтові або статичні змішувачі, а також апарати роторно-пульсаційного типу.

5. При регенерації луку в каскадних випарниках, де відбувається видалення вологи з луку перед його потраплянням у піч, для постійної підтримки рівномірної концентрації та запобігання утворення осаду. Перемішування здійснюється за допомогою труб ротора, що обертається [6].

6. При регенерації луку з відпрацьованих чорних лугів при сульфатному способі варіння целюлози перемішування застосовують в содорегенераційних котлах для розчинення сульфату натрію у чорному лузі та розчинення свіжого

сульфату натрію, що додається в чорний луг для поповнення втрат хімікатів [7]. Для розчинення цих компонентів застосовують різноманітні типи вертикальних апаратів з циліндричним корпусом, що обладнані багаторівневими лопатевими перемішувачами. Потужність приводу перемішувачів становить до 450 кВт, діаметр лопатей до 5 м, а довжина валу перемішувача – до 30 м [2].

Широкий спектр застосування перемішування у целюлозно-паперовій промисловості зумовлює актуальність дослідження цього процесу з метою інтенсифікації та зниження енерговитрат його проведення.

Перелік посилань:

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 1961 – 832 с.
2. Чичаев В.А., Васильев А.А., Васильев И.А. Оборудование целюлозно-бумажного производства. – М.: Лесная промышленность, 1981.
3. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Коновалова Г.Н. Технология и оборудование для переработки макулатуры. – СПб.: СПбГТУРП, 2011. – 84 с.
4. <http://www.papcel.ru/produkty/otdel-massopodgotovki/produkty-massopodgotovitelniy-otdel-mashiny-i-oborudovanie/> - інтернет ресурс.
5. Технология целлюлозы. В 3 т. Т. II. Непенин Н.Н., Непенин Ю.Н. Очистка, сушка и отбелка целлюлозы. Прочие способы производства целлюлозы. – М.: Экология, 1994. – 592 с.
6. <https://www.sulzer.com/en/Industries/Pulp-and-Paper> - інтернет ресурс
7. Смородин С.Н., Иванов А.Н., Белоусов В.Н. Содорегенерационные котлоагрегаты. – СПб.: ГОУВПО СПб ГТУ РП, 2010. – 164 с.

УДК 66.085.1

ПРОЦЕС СУШІННЯ КАРТОНУ

ЗІ СПЕЦІАЛЬНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Основною сировиною для виробництва картону є макулатура. В результаті багаторазового використання макулатури, вона втрачає свої механічні властивості. Для підвищення механічних властивостей (міцності) в масу добавляють речовини, які взаємодіють з волокном і створюють нові додаткові зв'язки.

Самим найбільш поширеним хімікатом є крохмалопродукти, але нажалі вони є живильним середовищем для мікобактерій та грибків. Альтернативним методом заміни крохмалю є мінеральні добавки, які можна використовувати як наповнювачі при виробництві картону та паперу.

З природніх наповнювачі використовують: каолін, тальк, крейду, гіпс, бентоніт, а зі штучних: двооксид титану, сульфід цинку, бланфікс та інші [1].

Відносно новою мінеральною добавкою, мало дослідженою для використання в технологію виробництва картону, являється цеоліт.

Цеоліти - це водні алюмосилікати кальцію, натрію, калію, барію і деяких інших елементів [2].

Властивістю цих мінералів є те, що вони хороші сорбенти та здатні до іонного обміну, також вони не збільшують кількість вологи в картоні, не мають ніякого запаху, що дозволяє їх використовувати при виробництві упаковок для харчових продуктів.

Цеоліт суттєво впливає на: повітропроникність, гладкість, блиск, механічну міцність, білизну, ступінь проклейки та економічні показники виробництва [3].

Також цеоліт має унікальні властивості адсорбувати вологу, запахи, уповільнити розвиток мікробактерій.

Процес надання паперу спеціальних властивостей завершується сушінням в сушильній частині картоноробної машини.

Найбільшого поширення здобув кондуктивний або контактний спосіб сушіння паперу. Після пресової частини паперове полотно надходить на сушильну частину. Волога з паперу на сушильних циліндрах видаляється випаровуванням в результаті підведеного тепла конденсації пари.

Менш металоємним є радіаційний метод, який полягає у використанні інфрачервоних випромінювачів. Це безшумний та екологічно чистий ефективний спосіб сушіння паперу [4].

Вважаючи, що наповнювач – цеоліт має значно кращу теплопровідність від інших традиційних наповнювачів (крейда, каолін) передача тепла в середині паперу буде більш інтенсивною. Це дозволить зменшити градієнт температури в папері і відповідно зменшити перегрів поверхні паперу при збільшенні теплового потоку.

Тому при сушіння спеціального паперу і картону наповненого цеолітом ми вибираємо радіаційний спосіб сушіння.

Перелік посилань:

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. — Санкт-Петербург.: Политехника, 2005.— 423 с.: ил.
2. <http://dekyputu.blogspot.com/2012/09/where-to-buy-zeolite-use-of-zeolites.html> від 14.10.2016 р.
3. Евсеев М.М. Исследование влияния минеральных пигментов на качество бумаги [Текст]/Евсеев М.М.//Химия растительного сырья, 2012
4. Фляте Д.М. Технология бумаги. Учебник для вузов. – М.: Лесн. пром- сть, 1988 – 440 с.

УДК 66.047.541

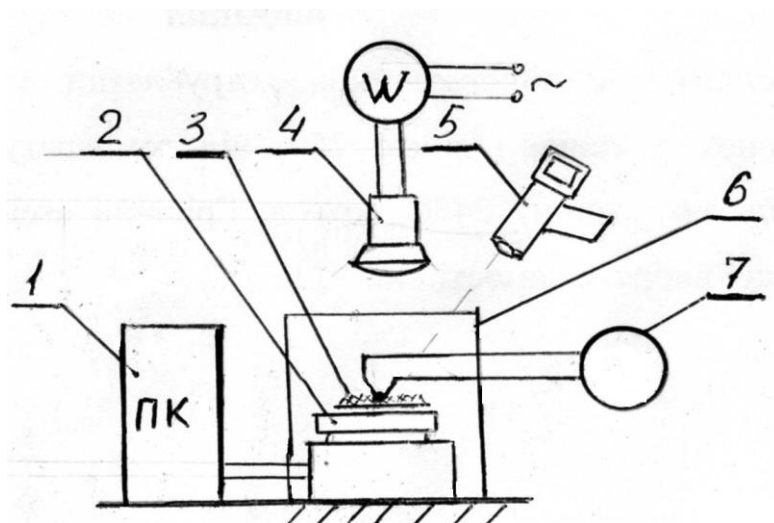
ДЕГІДРАТАЦІЯ КРИСТАЛІЧНОГО ХЛОРИДУ МАГНІЮ В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

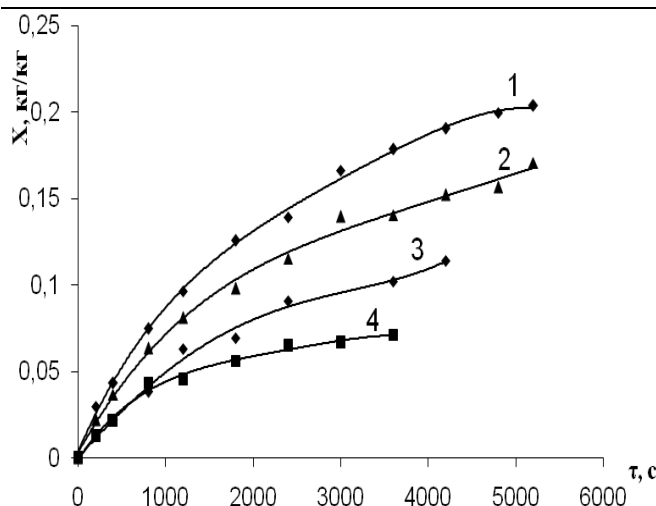
В процесі сушіння шестиводного хлориду магнію ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) при високих значеннях теплових потоків і, відповідно, температур, які перевищують 100°C , відбувається втрата хімічно зв'язаної води кристалогідратів, що зменшує якість кристалічного хлориду магнію. З метою визначення кінетичних закономірностей дегідратації нами були проведені експериментальні дослідження процесу дегідратації $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ при сушінні. Досліди проводились на компютеризованій лабораторній установці на рисунку 1.



1-персональний комп'ютер; 2-електронні ваги; 3-досліджуваний зразок; 4-інфрачервоний випромінювач; 5-лазерний пірометр; 6-захисний кожух; 7- потенціометр

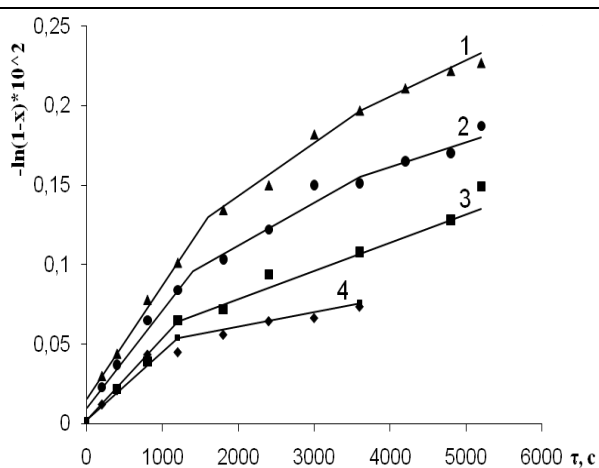
Рисунок 1 – Схема лабораторної установки

В процесі експериментів вимірювалась втрата маси дослідного зразка, його температура, що контролювалась за допомогою електронного потенціометра 7 з мініатюрною термопарою. За результатами дослідів отримані кінетичні залежності степеня дегідратації зразків від часу дегідратації при різних значеннях теплового потоку (рис.2).



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

Рисунок 2 – Залежність степеня дегідратації бішофіту від часу



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

Рисунок 3 – Залежність $-\ln(1-X)$ від часу дегідратації

Результати обробки кривих дегідратації за допомогою встановленого рівняння $-\ln(1-X)=kt$ наведено на рис.3.

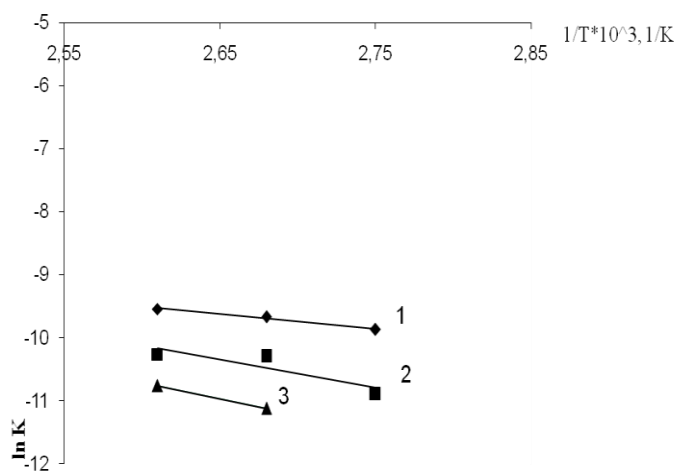


Рисунок 4 – Залежність $\ln k$ від $1/T$

Константи швидкості дегідратації, отримані із залежностей рис.3, представлені в логарифмічній анаморфозі рівняння Ареніуса $\ln k = \ln Z_0 - E / RT$ на рис.4. Отримані значення енергії активації, кДж/моль (перша стадія- 19,22; друга- 37,6; третя-42,3), показують, що перша стадія протікає в дифузійній області. Друга і третя-в перехідній. Третя стадія наближається до кінетичної області.

Аналіз залежностей (рис.3), показує, що процес дегідратації протікає в три стадії, які відрізняються значенням констант швидкості процесу дегідратації. Встановлено, що константи швидкості не змінюються в часі, а залежать тільки від температури.

СЕКЦІЯ 4

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

УДК 676:168

ГАРЯЧЕ РОЗМЕЛЮВАННЯ НАПІВФАБРИКАТІВ

студ. Луганська А.М., Здітовецький Б., Зозуль Т.В., к.т.н., доц. Черьопкіна Р.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського

На території України посівні площі ріпаку займають близько 800 тис. га, що значно менше в порівнянні із соєю, де посіви доведено до 2 млн. га [1]. Тенденція посівів цих олійних культур досить мінлива із-за не стабільного попиту на зерно. Однак, відходи, які неминуче утворюються у вигляді стебел, не знаходять практичного застосування, крім додаткового джерела отримання первинних волокнистих напівфабрикатів [2]. Перевагами використання стебел ріпаку та сої у целюлозно-паперовій промисловості є їх щорічна відновлюваність, вільні запаси та низька вартість.

Відомо, що волокнисті напівфабрикати, отримані із рослинної сировини, для підвищення паперотворних властивостей розмелюють з використанням спеціального обладнання. Одним з найбільш ефективних є гаряче напівмасне розмелювання, коли напівфабрикати високого виходу після варіння розмелюються разом із відпрацьованим щолоком за температури варіння або дещо нижчої. Оптимальною температурою вважається 85 – 95⁰С, оскільки за нижчої температури пластичність речовин (лігніну) серединної пластинки суттєво зменшується, що призводить до погіршення механічних показників волокна. В процесі варіння міжклітинна речовина частково розчиняється, а те, що залишається набухає, розм'якшується і стає пластичним. Завдяки цьому в ході розмелювання волокна можуть ковзати одне по одному і таким чином розділятися. В процесі розмелювання відбувається також деяке пошкодження клітин сировини та додаткове подрібнення залишку міжклітинної речовини, яка не розчинилася. Це призводить до втрат та зниження виходу напівфабрикатів під час промивання. Частково такі недоліки компенсуються тим, що в ході гарячого розмелювання, в порівнянні із розмелюванням у звичайних умовах, витрати енергії на 30 – 35% нижчі [3].

До переваг гарячого розмелювання ВНФ необхідно віднести отримання високих фізико-механічних показників якості кінцевого продукту, недоліками є потреба у обладнанні, внутрішня поверхня якого вкрита спеціальним шаром металу, задля запобігання руйнівного впливу гарячого чорного щолоку на поверхню [4].

Метою дослідження було вивчення впливу температури на якість ВНФ з гарячим розмелюванням за натронно-содового варіння стебел ріпаку та сої.

Хімічне оброблення січки ріпаку та сої проводили содово-натронним способом у співвідношенні 1 до 1, за витрат активного лугу 12% в од. Na₂O від маси абс. сухої сировини та тривалості 15 хв. за температури від 110 до 150⁰С. Після варіння твердий залишок разом із відпрацьованим щолоком переносили у стакани відцентрового апарату для розмелювання в такій кількості, щоб підтримувати концентрацію маси 6%. Після розмелювання маси приблизно до 60⁰ШР на листовідливному апараті виготовляли зразки відливок, які далі піддавали механічним випробуванням.

У твердому залишку визначали вихід напівфабрикату та його показники міцності.

Підвищення температури із 110 до 150⁰С дало помітний вплив на вихід ВНФ та їх фізико-механічних показників. Варіння за температури 150⁰С призводить до закономірного зниження виходу та підвищення фізико-механічних показників за рахунок поглибленої делігніфікації січки. Це підтверджується підвищенням показника розривної довжини, яка досягає до 5000 м., що можна порівнювати із показниками міцності листяних порід деревини, опору роздиранню, який також у 4 рази вищий, міцність на злом під час багаторазових перегинів, які перевищують всі очікування [4].

Таблиця – Показники якості напівфабрикатів

Сировина	Температура варіння, °С	Вихід, %	Фізико-механічні показники			
			Розривна довжина (за Гартигом), м	Розривна довжина (за Гойєром), м	Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п.	Опір роздиранню, мН
Соя	110	67,2	2500	2400	2	29
Ріпак	110	49,7	1955	2130	57	40
Ріпак	150	73,1	6480	5635	930	176

Отримані волокнисті напівфабрикати можна класифікувати як целюлоза високого виходу або напівцелюлоза.

Отже, раціональність підвищення температури для хімічного перероблення січки ріпаку та сої із 110 до 150⁰С та застосування гарячого розмелювання доведена тим, що отримано напівфабрикати, які можна використовувати для отримання паперу для гофрування, мішкового та обгорткового видів паперу, за рахунок високих фізико-механічних показників. Переробка стебел ріпаку натронно-содовим способом вважається досить економічно перспективною та екологічно безпечною.

Перелік посилань:

1. Оценка площади сева сои в Украине под урожай-2016 снижена. – ИА «АПК-Информ». Режим доступа: (<http://carbofood.ru/novosti-proizvodstva-masla-i-zhira/ocenka-ploshadi-seva-soi-v-ukraine-pod-urojai-2016-snijena-ia-apk-inform>).

2. Повестка дня – рапс! Опыт аграриев и практические рекомендации. Виктория Крят. Национальный агропортал Latifundist.com.

3 М.А. Холмова, В.И. Комаров, А.В. Гурьев. Целлюлоза высокого выхода. Способы получения. Свойства (Обзор). Химия растительного сырья. 2007. – №2. – С. 5 – 12..

4. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы. Том 1. (Часть2). С.-Петербург. Политехника, 2003. – 633 с.

ЗМІСТ
СЕКЦІЯ 1
«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І
НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

ДИСПЕРГУВАННЯ РІДКИХ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ
В ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ

Манастирний М.М., Корнієнко Я.М., Любека А.М. 5

УТВОРЕННЯ КРИСТАЛІЧНОЇ СТРУКТУРИ ПРИ ПЕРЕРОБЦІ
НІТРАТУ АМОНІЮ З ОРГАНІЧНИМИ ДОМІШКАМИ

Вислогузова Я. М., Степанюк А.Р. 7

ГАЗИФІКАЦІЯ ОРГАНІЧНОГО ПАЛИВА.
ОГЛЯД СУЧАСНИХ КОМЕРЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Захарова Д.Р., Собченко В.В. 9

ІЗОТЕРМІЧНА КРИСТАЛІЗЦІЯ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ
З ОРГАНІЧНИМИ ДОМІШКАМИ

Кушнір О.С., Степанюк А.Р. 11

РОЗПОДІЛЕННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ В
ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ

Манастирний М.М., Корнієнко Я.М., Любека А.М. 13

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕРМООБРОБКИ
В АПАРАТІ З ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ

Мурзак М. С., Собченко В. В. 15

СУШІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ
РЕГЕНЕРАТОР ТЕПЛА ПОВІТРЯ З РЕГУЛЯРНОЮ НАСАДКОЮ
ТА ТУРБУЛЕНТНИМ ГІДРОДИНАМІЧНИМ РЕЖИМОМ

Одарчук В. В., Двойнос Я. Г. 17

СУШІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ

Пашенько М.А.Корінчук Д.М., Дабіжа Н.О., 19

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕПЛОНОСІЯ
НА СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ ТОПОЛІ

Пашенько М.А., Корінчук Д.М., Дабіжа Н.О. 21

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОНОСІЯ НА КІНЕТИКУ СУШІННЯ
ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ РОСЛИНОЇ СИРОВИНИ

Петрова Ж.О., Перепеличний О.В., 23

КРИТИЧНІ ЗНАЧЕННЯ ВАКУУМУ
ПРИ КАЛІБРУВАННІ ТРУБ З ПОЛІЕТИЛЕНУ

Подиман Г.С., Двойнос Я.Г. 25

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ВОДНИХ
СИСТЕМ СПОСОБОМ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ
ЕНЕРГІЇ

Столітня Н.В., Целень Б.Я.	27
ОЦІНКА ЯКОСТІ РЕЖИМУ ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ ДЛЯ ВИСОКИХ ШАРІВ	
Турко С.О., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С.	29
РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ВІБРОЕКСТРУДЕРА	
Ящук В.О., Андреев І.А.	32
ДЕФОРМАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНОК МОСТОВИХ СПОРУД	
Рубльов А.В.	34
СПРОЩЕННЯ РЕМОНТУ ЛАНЦЮГОВИХ МУФТ.	
Скуратовський А. К., Радько О. В.	35
ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ТА ТЕПЛООБМІНУ У РОТОРНОМУ ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ	
Бишко М.А., Зубрій О.Г.	36
ПРОЦЕС ДОЗУВАННЯ ПРИ КАСКАДНІЙ ЕКСТРУЗІЇ ПОЛІМЕРІВ	
Великоіваненко С.П., Швед М.П.	38
ЗАХИСНІ ПОЛІЕТИЛЕНОВІ ТРУБИ ДЛЯ ОПТОВОЛОКОННИХ КАБЕЛІВ ЗВ'ЯЗКУ	
Гоцький Я. Г., Двойнос Я. Г.	40
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ ТА ТЕПЛОВОЛОГІСНОЇ ОБРОБКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ	
Довгаль О.О., Корінчук Д.М.	42
ПРОЦЕС ЗНЕВОДНЕННЯ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ КОЛОЇДНИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ	
Снежкін Ю.Ф., Дабіжа Н.О., Кхан Р.Х.	44
ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ НА ОСНОВІ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ ТА ГУМІНОВИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК	
Орленко А.Ю., Степанюк А.Р.	46
ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ ТА ТЕПЛООБМІНУ В РОТОРНО-ПЛІВКОВОМУ АПАРАТІ	
Осадчий В.О., Дахненко В.Л.	48
АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ПІДВИЩЕННЯ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА ЛЕГКИХ ДИСТИЛЯТІВ НА СУЧАСНИХ НАФТОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ	
Панченко Д.М.; Рябцев Г.Л.	50
ДОСВІД ФОРМУВАННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ВИРОБІВ	
Пригорницький Т.М., Андреев І.А.	52
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БАРОМЕМБРАННИХ ПРОЦЕСІВ	
Симан І. В., Кучерук Д.Д.	54
ПОПЕРЕДНЯ ПІДГОТОВКА ФІТОЕСТРОГЕННОЇ СИРОВИНИ ДО СУШІННЯ	

Петрова Ж.О., Слободянюк К.С. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ СПОСІБ БЕЗПЕРЕРВНОГО СУШІННЯ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	56
Сорокова Н.М., Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. СТВОРЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА	59
Шматок О.І. РУХ ПОЛІМЕРІВ В ЗОНІ ЖИВЛЕННЯ ЧЕРВ'ЯЧНОГО ЕКСТРУДЕРА	63
Кеба О.В., Швед М.П., Швед Д.М.	65

СЕКЦІЯ 2 «ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»

СУШІННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ ДО ВИСОКОЇ СУХОСТІ	
Візерський Д.С., Улітько Р.М., Марчевський В.М. УСТАНОВКА ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТУ	68
Колобашкін Л.В., Семінський О.О. ЕМУЛЬГУВАННЯ В ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ	70
Косенко В. В., Семінський О.О. ПЕРЕМІШУВАННЯ У ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ	72
Онищенко Д.М., Семінський О.О. ПРОЦЕС СУШІННЯ КАРТОНУ ЗІ СПЕЦІАЛЬНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ	74
Телестакова В.В., Марчевський В.М. ДЕГІДРАТАЦІЯ КРИСТАЛІЧНОГО ХЛОРИДУ МАГНІЮ В ПРОЦЕСІ СУШІННЯ	77
Улітько Р.М., Марчевський В.М.,	79

СЕКЦІЯ 3 «ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

ГАРЯЧЕ РОЗМЕЛЮВАННЯ НАПІВФАБРИКАТІВ	
Луганська А.М., Здітовецький Б., Зозуль Т.В., Черьопкіна Р.І.	82

Рішення

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

На заключному пленарному засіданні конференції було прийнято наступне рішення:

1. Роботу Ради молодих вчених Інституту технічної теплофізики ІТТФ НАН України, Організаційного комітету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 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.

Голова ради молодих вчених
Інституту технічної теплофізики
НАН України

О.І.Шматок

Завідувач кафедри машин та
апаратів хімічних і
нафтопереробних виробни
виробництв

Я.М.Корнієнко

Підписано до друку 01.12.2016 р. Формат 60х90 1/16.
Папір офсетний. Умовн. др. арк. 3,7
Друк різнограф. Тираж 200 прим. Зам. № 1512/02.

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