

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

**Інститут технічної теплофізики НАН України
Інститут Газу НАН України
Грузинський технічний університет**

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

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОБЛАДНАННЯ”**

25-26 листопада
Київ 2019

УДК 66

ББК 35.11я43

Р 43

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (25-26 листопада 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 193 с

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

**"РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОБЛАДНАННЯ"**

Рекомендовано до друку
Вченою радою Інституту
технічної теплофізики
НАН України
Протокол № 13
від 31 жовтня 2019 р.

Рекомендовано до друку
Кафедрою машин та апаратів
хімічних
і нафтопереробних виробництв
Протокол № 4
від 23 жовтня 2019 р.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Снежкін Ю. Ф.** академік, д.т.н., заступник директора Інституту технічної теплофізики НАН України, голова програмного комітету конференції
- Корнієнко Я. М.** д.т.н., професор, зав. кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського, заступник голови програмного комітету конференції
- Киричок П.О.** д.т.н, проф., директор Видавничо-поліграфічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
- Ільєнко Б. К.** к.т.н., Вчений секретар Інституту Газу НАН України
- Сергієнко Р.В.** к.т.н., Учений секретар Вченої ради Інституту технічної теплофізики НАН України
- Корінчук Д. М.** к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України
- Коник А.В.** к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України
- Какубава Реваз (Івері) В.** д.т.н., професор Грузинського технічного університету
- Надейко О.В.** Начальник головного управління перспективного розвитку Білоруського державного концерну по нафті і хімії

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

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

СЕКЦІЯ 1

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

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІІ ГРП НА ЯКІСТЬ ГІДРОДИНАМІКИ ПРИ НЕОДНОРІДНОМУ ПСЕВДОЗРІДЖЕННІ

магістрант Шевченко Я.М., д.т.н., проф. Корнієнко Я.М.,

к.т.н., ас. Гайдай С.С.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Застосування техніки псевдозрідження для проведення процесів грануляції рідких гетерогенних систем, зокрема при виробництві органо-мінеральних добрив, дозволяє підвищити коефіцієнт використання теплоти більш ніж на 50% [1].

Ефективність процесу обумовлена рушійною силою масопередечі між зріджуючим теплоносієм та твердими частинками. Для підвищення інтенсивності, яка визначається швидкістю молекулярної дифузії, необхідно збільшувати поверхню контакту фаз, що призводить до необхідності нарощування висоти шару зернистого матеріалу. Оскільки початкова висота шару H_0 в декілька разів перевищує висоту пробою газового струменю Y_{ϕ} , в апараті реалізується режим барботажного псевдозрідження, який не здатен забезпечити якісне об'ємне перемішування матеріалу та призводить до утворення застійних зон на поверхні газорозподільного пристрою (ГРП).

Авторами [2] доведено, що стійка кінетика грануляції в апараті з псевдозрідженим шаром забезпечується при реалізації неоднорідного автоколивального струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження, який значно підвищує коефіцієнти перенесення теплоти та вологи, а також здатен забезпечити якісне об'ємне перемішування зернистого матеріалу, та мінімізувати ризик утворення застійних зон. Однак, коли енергії газового струменю в точці A , рисунок 1, недостатньо, в зоні D починає утворюватися застійна зона (L), що може привести до оплавлення гранул на робочій поверхні ГРП.

Рівняння для визначення кінетичної енергії, Дж:

$$E_k = \frac{\rho_z \cdot (w_{щ1}^2 + w_{щ2}^2)}{2} \quad (1)$$

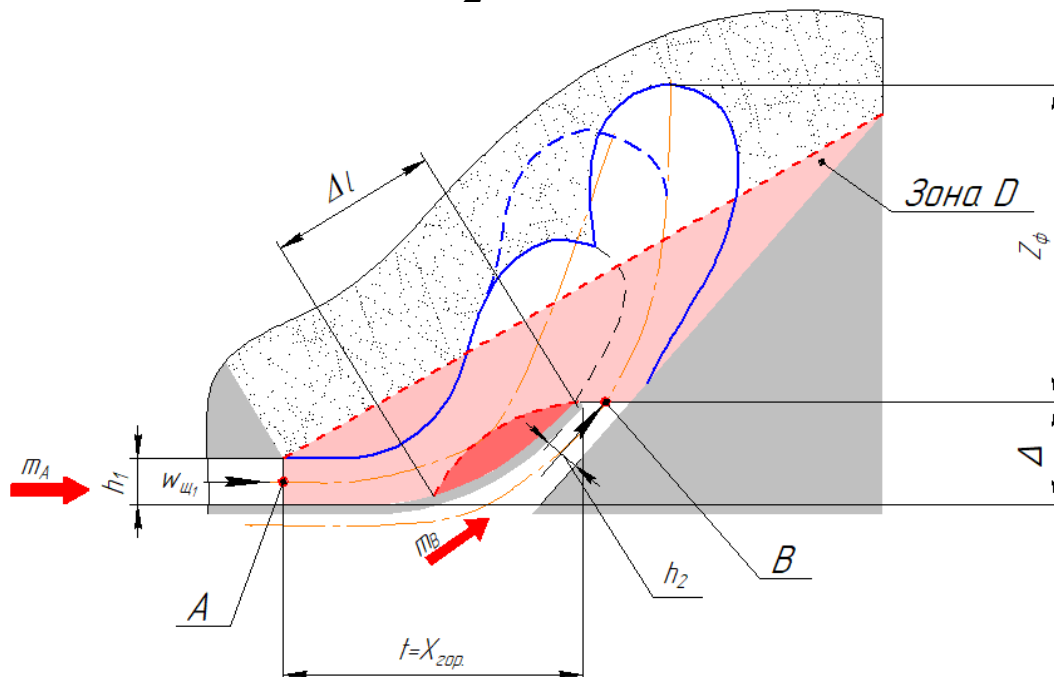


Рисунок 1 – До визначення якості на робочій поверхні ГРП
де ρ_z – густина зріджуючого агента, кг/м^3 ; φ – коефіцієнт живого перерізу ГРП:

$$\varphi = \frac{F_{щ}}{A \cdot B} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де $A \cdot B$ – геометричні розміри апарата в перетині ГРП; $F_{щ}$ – сумарна поверхня щілин, м^2 :

$$F_{щ} = (h_1 + h_2)B, \quad (3)$$

де h_1 та h_2 – висоти щілин ГРП, м, рисунок 1.

Швидкість газу в щілинах визначається за виразом:

$$w_{щ1} = \frac{Q}{\varphi \cdot A \cdot B}, \quad (4)$$

де Q – об'ємні витрати повітря при даній температурі, $\text{м}^3/\text{с}$.

З виразу (1) випливає, що величина кінетичної енергії залежить від швидкості в щілинах ГРП, рівняння (4), яка при постійних витратах зріджувального агента Q залежить від коефіцієнта живого перерізу φ .

Тому доцільно проводити дослідження впливу зміни φ у розробленій конструкції ГРП [3] на гідродинамічний режим псевдозрідження.

Дослідження гідродинаміки проводились у камері гранулятора з розмірами $A \times B \times H = 0,3 \times 0,11 \times 1,5$ м. У якості зернистого матеріалу використовувалися гранульовані органо-мінеральні добрива з еквівалентним діаметром $d_e = 2,07$ мм та густиною $\rho_r = 1450$ кг/м^3 .

В результаті проведених досліджень одержано залежність коефіцієнту гідравлічного опору ГРП при зміні коефіцієнту живого перерізу φ , рисунок 2, та встановлено величину швидкості в щілинах ГРП, рисунок 3.

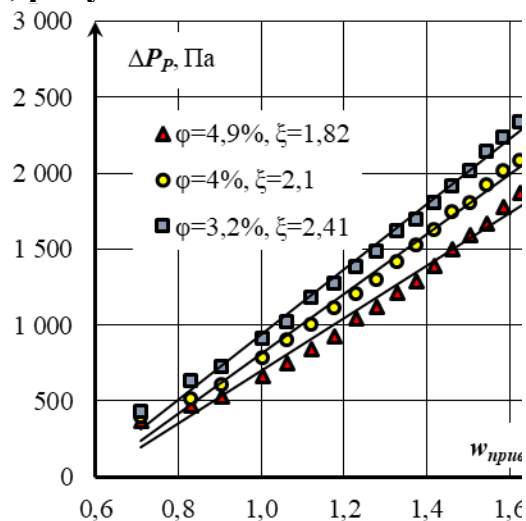


Рисунок 2 – Залежність гідравлічного опору ГРП від приведеної швидкості в апараті

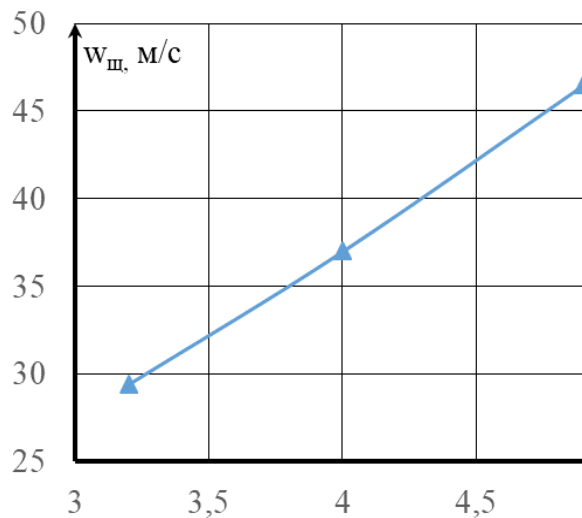


Рисунок 3 – Залежність зміни швидкості в апараті при $Q=const$ м³/с, від коефіцієнту живого перерізу ГРП

Зменшення коефіцієнта живого перерізу φ від 4,9% до 3,2% супроводжується збільшенням коефіцієнта гідравлічного опору на 32%, рисунок 2 та підвищенням швидкості газу в щілинах ГРП на 58,2%, рисунок 3.

Дослідним шляхом було визначено, що застосування ГРП щілинного типу з коефіцієнтом живого перерізу $\varphi=4,9\%$ забезпечує якісний автоколивальний струменево-пульсаційний режим псевдозрідження при значеннях $H_0=0,32\div 0,37$ м, при $H_0=0,42\div 0,52$ м якісний гідродинамічний режим забезпечується при $\varphi=4\%$, а використання ГРП з $\varphi=3,2\%$ забезпечує відсутність застійних зон на робочій поверхні ГРП при висоті шару зернистого матеріалу $H_0=0,6$ м. За результатами досліджень одержано криві псевдозрідження та визначено швидкості початку якісного режиму. Для кількісної оцінки якості гідродинаміки було використано метод Тагуті, який дозволяє розрахувати показник втрати якості гідродинаміки [4]:

$$L_D = K_1 \left([\varepsilon_D] - \varepsilon_{D_i} \right)^2 + K_2 \left(\frac{[\delta] - \delta_i}{l} \right)^2, \quad (5)$$

де $K_1 = 0,3$ та $K_2 = 0,7$ – вагові коефіцієнти; ε_D – експериментально визначене поточне значення порозності; $[\delta] = 0,01l$, м; l – довжина хорди пластини ГРП, м.

Узагальнення експериментальних досліджень виконано у вигляді залежностей зміни порозності шару в зоні Д $\varepsilon_D=f(H_0)$, рисунок 4 та функції втрат якості гідродинаміки $L_D=f(H_0)$, рисунок 5. З графіків випливає, що порозність в зоні Д $\varepsilon_D \geq 0,85$, а функція втрат якості $L_D \leq 0,1$, що свідчить про забезпечення якісного гідродинамічного режиму в зоні Д, рисунок 1.

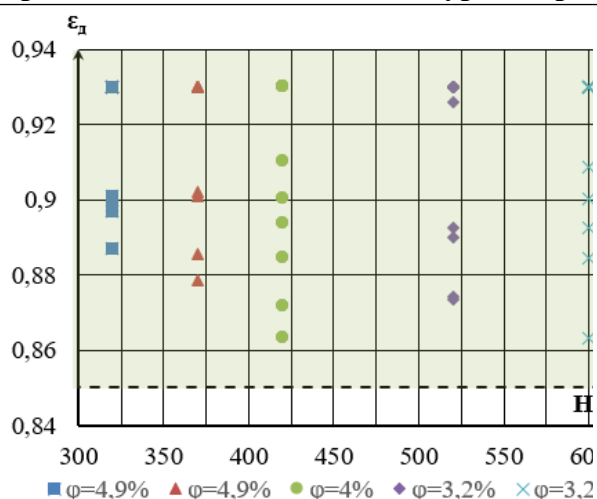


Рисунок 4 – Залежність порозності в зоні Д від висоти шару – $\varepsilon_D=f(H_0)$

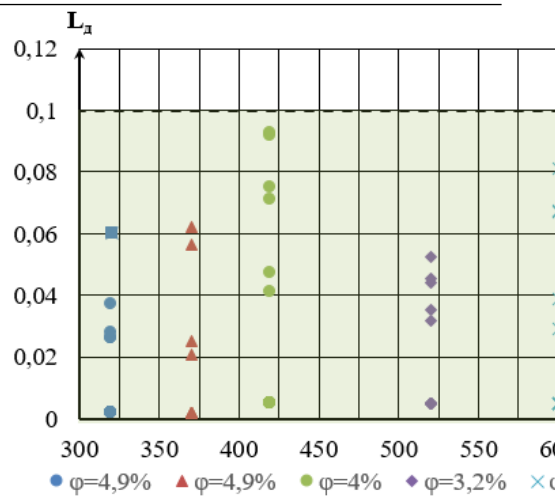


Рисунок 5 – Залежність функції втрат якості від висоти шару – $L_D=f(H_0)$

За результатами проведених досліджень встановлено, що зменшення коефіцієнта живого перетину ГРП дозволяє підвищити швидкості в щілинах ГРП та збільшити кінетичну енергію газового струменю, що забезпечує якісний гідродинамічний режим в зоні Д при збільшенні початкової висоти шару зернистого матеріалу.

Перелік посилань:

1. Корнієнко Я. М. Процес одержання модифікованих гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, А. М. Любека, С. С. Гайдай // Монографія для студентів, які навчаються за напрямком «Машинобудування» спеціальність «Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів». К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 206 с.
2. Гайдай С.С. Гідродинаміка у грануляторах із псевдозрідженим шаром при одержанні органо-мінеральних добрив / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. К.: 2018. – 24 с.
3. Пат. UA 136196 U України, МПК В01J 8/44. Газорозподільний пристрій апарата псевдозрідженого шару / Шевченко Я. М., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Денисенко В.Р., // Опубл. 18.02.2019 – Бюл. № 15.
4. Клячкин В. Н. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии: учеб. пособие / В. Н. Клячкин. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М. – 2009. – 304 С.

ЛАБОРАТОРНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ПЕРЛІТУ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вироби з перліту виготовляються з вулканічної породи, яка містить поверхневу і хімічно зв'язану вологу у своїй внутрішній структурі. При швидкому нагріванні в об'ємі частинок породи утворюється пара, яка розширює їх, утворюючи зпінену структуру – вспучений перліт. Але до вспучування необхідно висушити поверхневу і капілярну воду. Процес висушування здійснюють в спеціальних печах при температурах 200 – 240 °С. Висушений і частково термізований перліт з температурою 240 °С необхідно охолодити до 70 °С.

Одним з технологічних рішень охолодження подібних матеріалів є апарати киплячого та віброкиплячого шару.

Перевагою таких апаратів є:

- можливість використання у процесі частинок близьких розмірів;
- інтенсивне перемішування;
- велика поверхня теплообміну;
- висока інтенсивність масообміну і теплообміну в результаті великої поверхні контакту;
- відносна простота конструкції апаратів з псевдозрідженим шаром, можливість їхньої автоматизації і автоматизованого управління.

Але розробка такого апарата неможлива без знання кінетичних закономірностей процесу охолодження перліту після його термізації.

Для дослідження кінетичних закономірностей процесу охолодження створена лабораторна установка (рис. 1).

Установка працює наступним чином. Перліт з печі завантажується в охолоджувач 5, де потрапляє на газорозподільчу решітку. Повітря за допомогою вентилятора 3 надходить в нижню частину апарату та, проходячи через газорозподільчу решітку, створює псевдозріджений шар подрібненого матеріалу.

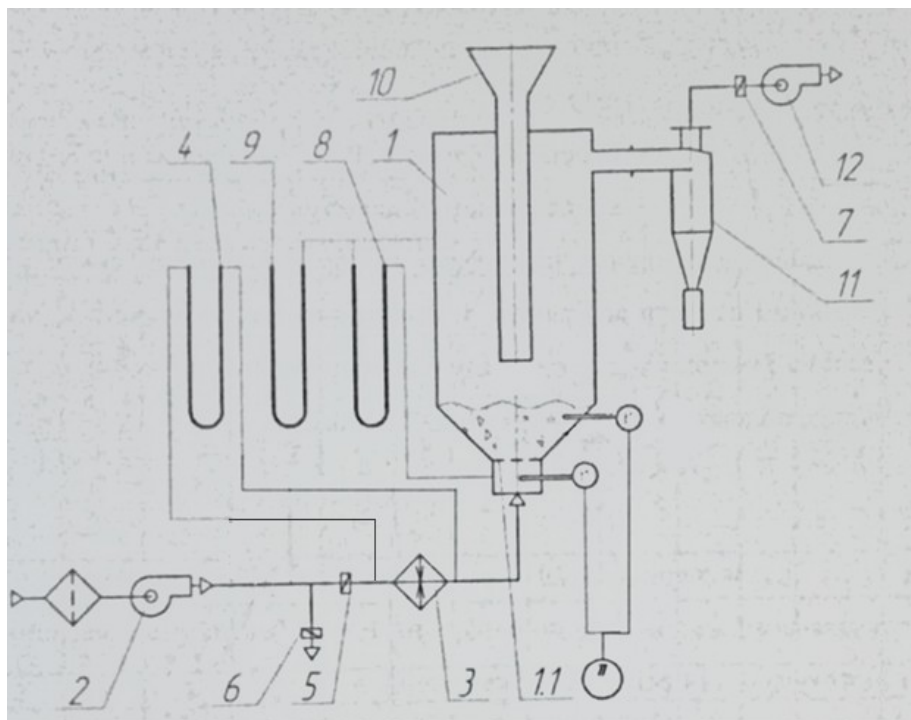


Рисунок 1 – Схема лабораторної установки охолодження перліту:

1 – апарат псевдозрідженого шару; 1.1 – газорозподільчий пристрій;
2 – вентилятор подачі повітря; 3 – діафрагма для вимірювання об'ємних витрат повітря; 4 – дифманометр водяний, що вимірює перепад тиску на діафрагмі; 5,6,7 – шибери; 8,9 – дифманометри; 10 – завантажувальний пристрій; 11 – циклон; 12 – вентилятор витяжний.

Таким чином, дослідження кінетики процесу охолодження дає можливість експериментально визначити час і швидкість охолодження фракцій перліту.

Перелік посилань:

1. Процеси та обладнання хімічної технології / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю.Лукач, І.О.Мікульонок, В.Л. Ракицький Ч. 2.: Политехника, 2004.— 416 с.

ІЗОТЕРМІЧНА МАСОВА КРИСТАЛІЗАЦІЯ В ПРОЦЕСІ ГРАНУЛОУТВОРЕННЯ ТВЕРДИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

аспірант Гоцький Я. Г., магістрант Яцюк І. О.,

к. т. н. доц. Степанюк А. Р.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Процес гранулоутворення рідких гетерогенних сумішей складається з наступних елементарних процесів: утворення псевдозрідженого шару, процесу розподілу рідкої фази на початкові центри грануляції шляхом диспергування, процесу випаровування розчинника з тонкої плівки розчину з поверхні частинки і утворення твердих мікрошарів кристалів сульфату амонію та розміщених між ними гумінових сполук, (Рисунок 1) [1].

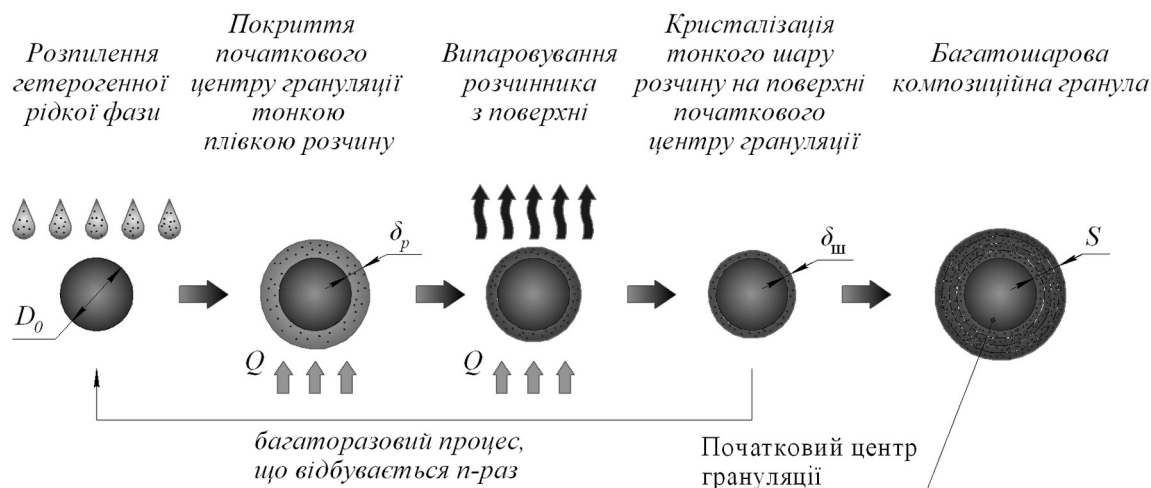


Рисунок 1 – Механізм утворення багатошарового твердого композиційного матеріалу [1]

Осадження твердої кристалічної фази в рідких розчинах відбувається при досягненні стану пересичення, за рахунок видалення розчинника чи переохолодження розчину [2].

Процес масової кристалізації водних розчинів сульфату амонію з домішками гумінових органічних речовин відбувається в три етапи: утворення центрів кристалізації у пересиченому розчині; ріст утворених центрів кристалізації; обростання утвореної кристалічної решітки дисперсних часточок.

На рисунку 2 наведено фізичну модель масової кристалізації.

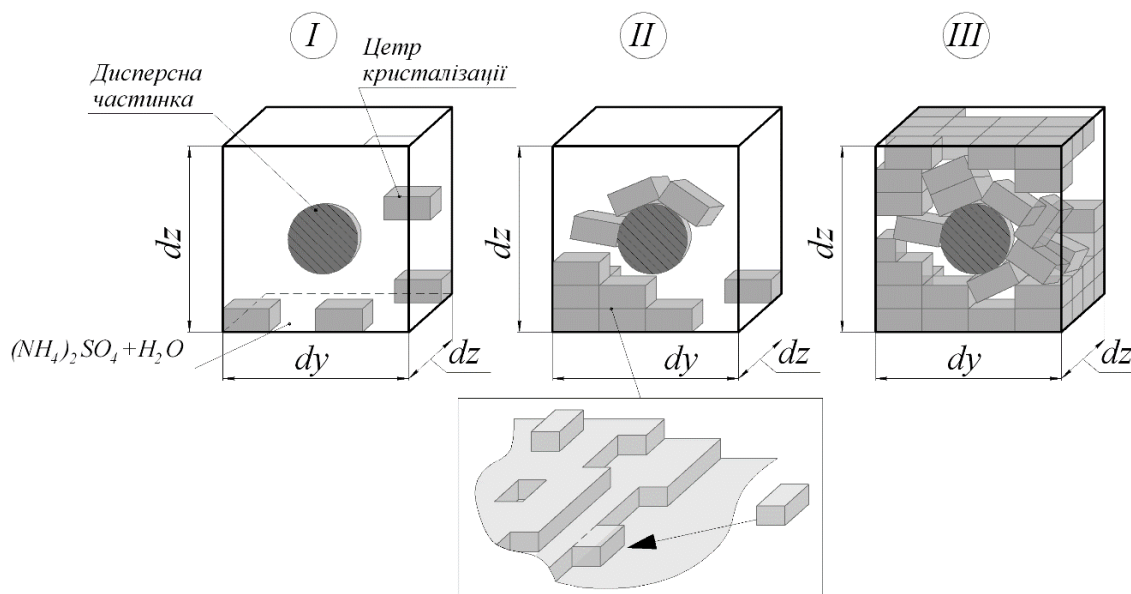


Рисунок 2 – Фізична модель масової кристалізації гетерогенної рідкої суміші

Математична модель процесу масової кристалізації органо-мінеральних комплексів описується дифузійною моделлю рівняння Нойеса та Уїтні:

$\frac{dm}{dt} = k_m \cdot F_{kp} \cdot (c - c_0)$ та $\frac{dm}{dt} = k_A \cdot F_{kp} \cdot (c - c_0)$, де m – маса твердої фази; F_{kp} – площа поверхні кристалу; c , c_0 – пересичена концентрація та рівноважна концентрація розчину, k_m , k_A – коефіцієнти масопереносу та дифузії [2].

Висновок. Фізична модель процесу ізотермічної масової кристалізації ускладнюється внаслідок наявності механічних домішок, які уповільнюють процес росту кристалів. Подальше дослідження вимагає уточнення математичної моделі процесу ізотермічної масової кристалізації органо-мінеральних комплексів.

Перелік посилань:

1. Корнієнко, Я. М., Сачок, Р. В., Гайдай, С. С., Мартинюк, О. В., Куріньовський, О. В., Любека, А. М. (2015). Кінетика процесу створення органо-мінерально-гумінових добрив. *Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]*, (47 (1)), 167-170.
2. В.Р. Кулиниченко, В.Г. Мирончук. Промышленная кристаллизация сахаристых веществ: Монография. – К.: НУПТ, 2012. – 426 с., с. 56 - 60

ПРОЦЕС СУШІННЯ ПЕРЛІТУ

магістрантка Грицюк Г. І., к.т.н., ст.викл. Новохат О. А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Так як в Україні стрімко зростають витрати на опалювання, різко постає питання про виробництво та використання сучасних екологічних теплоізоляційних матеріалів. У зв'язку з тим, що в Україні більше 40% теплоізоляційних матеріалів – це імпорт, тому виникає необхідність розробки вітчизняних теплоізоляційних матеріалів з легкодоступної сировини.

Перліт (рис. 1) – це природний матеріал, який складається з вулканічного скла, у складі якого 70 – 75 % SiO_2 ; 12 – 14 % Al_2O_3 ; 3 – 5 % Na_2O ; приблизно стільки ж K_2O ; до 1 % Fe_2O_3 , CaO , MgO . [1] Однією з особливостей перліту як природного матеріалу є наявність зв'язаної води. У відсотковому співвідношенні цей показник коливається від 2 до 5 %. [1]

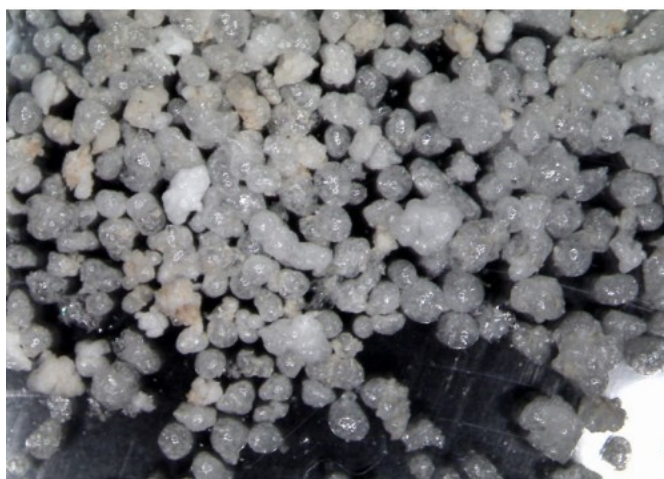


Рисунок 1 – Перліт

На початку 20 століття було встановлено, що при нагріванні перліт випускає у вигляді пари зв'язану воду, яку містить у своєму складі. Під час цього процесу пори перліту розширюються, їх об'єм збільшується і вони набувають сферичної форми. Перліт з такою структурою називається спученим [2].

Перліт набув широкого застосування в будівництві, металургії, криогенній техніці, сільському господарстві, харчовій промисловості. Його також застосовують як сорбент для очищення забрудненої води. Ці сорбенти представлені гранулами різного розміру, які здатні поглинати з водних розчинів нафтопродукти до 35 % від власного об'єму за рахунок пористості і особливих властивостей поверхні, наданих їй спеціальною обробкою. Сировиною для отримання гідрофобних сорбентів є дешеві штучні алюмосилікатні матеріали (керамзит, перліт та ін.).

В папероробній галузі перліт застосовують як наповнювач, але для цього його спочатку потрібно висушувати. Є різні методи сушіння: конвективний, кондуктивний, радіаційний. Найпоширенішим методом є конвективний [3]. Існує достатньо наукової літератури, що описує цей процес.

Радіаційний спосіб сушіння має ряд переваг, насамперед екологічна безпека, безшумність та компактність обладнання. Більшість матеріалів мають високу ступінь поглинання інфрачервоного випромінювання. Це зумовлює їх швидке нагрівання та значно зменшує загальний час сушіння. Проте в літературі відсутнє описання процесу сушіння перліту радіаційним способом. Тому отримання кінетичних закономірностей цього процесу є актуальною задачею для подальшого наукового дослідження.

Перелік посилань:

1. Вспученный перлит / А. В. Жуков, И. Я. Байвель, И. С. Солонинко ; Акад. строительства и архитектуры УССР. Науч.-исслед. ин-т строит. Материалов и изделий. - Киев : Госстройиздат УССР, 1960. - 126 с.
2. Жуков А.В. Производство вспученного перлита / А.В. Жуков, К.В. Дажук // К.: НИИСМИ., 1963. – 32 с.
3. Алексеева Л. В. Основные параметры регулирования процесса термообработки перлита / Л. В. Алексеева // Строительные материалы и изделия. - 2015. - № 3-4. - С. 76-79.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВІДСТІЙНОЇ ЦЕНТРИФУГИ

магістрант Гришин О.Ю., к.т.н., ст.викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

У відстійних центрифугах безперервної дії з шнековим розвантаженням осаду типу ОГШ для розділення суспензій у полі відцентрових сил вивантаження фугату організовано через переливну пластину [1]. Такий механізм вивантаження фугату найбільш простий, економічний та не викликає збурення в об'ємі рідини, не ускладнює процес осадження. Недоліком такого способу є розбризування фугату, його контакт з повітрям, і, як наслідок – перенасичення розчину з випадінням кристалів. Кристали утворюють тверді нарости на кожухах та у трубопроводах. Випадіння малорозчинних солей ускладнює очищення їх відкладень необхідністю застосування розчинників та кислот. У випадку, коли цільовим компонентом процесу розділення суспензії є фугат, і він не повинен контактувати з повітрям такий спосіб його відводу також не спроможний.

Для розрахунку модернізованої конструкції центрифуги [2] з відводом фугату у спеціальному пристрої з спіралями у формі Архімеду пропонується використати метод імітаційного моделювання для визначення напірно-витратної характеристики такого пристрою.

Граничні умови для моделювання наступні: внутрішня та зовнішня поверхні рідини обертаються, разом з рідиною з однаковою кутовою швидкістю, елементи спіралі нерухомі.

Отримано результат у вигляді епюри тиску, швидкості потоку (рис. 1) та тиску у каналі відведення фугату.

Таким чином, конструкція центрифуги з діаметром ротора 200 мм, швидкістю обертання 7000 обертів за хвилину (890 рад/с), модельною рідиною – вода і пристроєм з 3 спіральних каналів шириною 10 мм і висотою у площині, дотичній до вільної поверхні рідини у місті контакту спіралі 10

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
мм забезпечує надлишковий тиск 0,547 МПа при сумарній витраті рідини через три спіралі 1,5 кг/с.

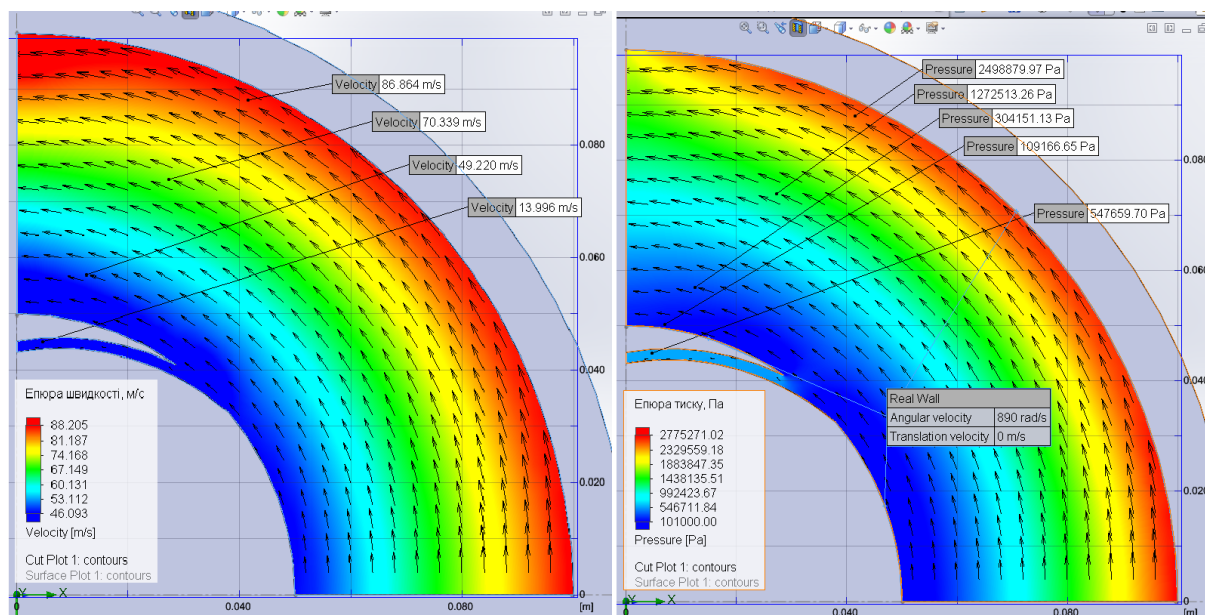


Рисунок 1 – Результати імітаційного експерименту
(єпюри тиску, Па та швидкості потоку, м/с).

Висновок: запропоновано методику перевірного розрахунку пристрою відводу фугату безперервної дії з спіральними каналами у центрифугі осадження з шнековим вивантаженням осаду методом імітаційного моделювання.

Перелік посилань

1. Лукьяненко В.М., Таранец А.В. Промышленные центрифуги. М., Химия, 1974.
2. Рішення від 29.10.19 про видачу патенту України. МПК (2006.01) МПК В04В 11/05. Центрифуга осаджувальна зі шнековим вивантаженням осаду. / Гришин О.Ю., Двойнос Я.Г.; заявник і патентовласник вони же. — № u201907021; заявл. 18.07.19.

ПРОЦЕС ТЕПЛООБМІНУ

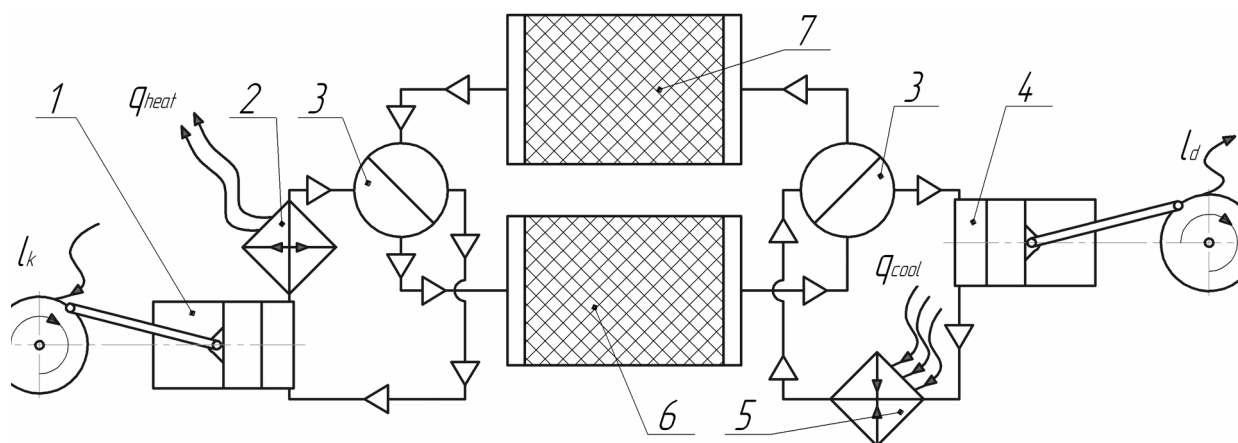
У РЕГЕНЕРАТИВНОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ

магістранти Євзютін П.Ю., Італьянцев О.І., к.т.н., ст.викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Теплообмінники регенеративного типу широко використовуються в процесах теплообміну між газами. Перевагою такого типу теплообмінників є висока питома поверхня теплообміну та простота конструкції. Недоліком є змішування потоків, необхідність встановлення газорозподільчих пристроїв, що зменшує їх галузь використання. Типову конструкцію апарату з двох модулів регенерації, яку встановлено в схему газової холодильної машини (далі ГХМ) наведено на рисунку 1. ГХМ може працювати у звичайному режимі, коли робоче тіло повітря, азот, гідроген або гелій, так і з відкритим циклом, тобто забором газу, який необхідно зріджувати, і який виступає робочим тілом.



- 1 – компресор; 2 – охолоджувач газу; 3 – газорозподільчі пристрої;
4 – детандер; 5 – нагрівач газу; 6 – модуль регенератора прямого току;
7 – модуль регенератора зворотного току

Рисунок 1 – Схема ГХМ

Як видно з схеми, поки один модуль охолоджує газ своєю холодною насадкою, у другому охолоджується насадка (модуль регенерується) зворотнім потоком газу. Відповідно, коли температура газу після

регенератора у прямому потоці досягне критичного значення, газорозподільчі пристрої з одночасно переключаються, і потоки через модулі регенерації міняються місцями.

Процес теплообміну у теплообмінниках регенеративного типу ретельно досліджено та описано, але при використанні відкритого холодильного циклу, наприклад при виробництві зрідженого природного газу (LNG) разом з метаном у простір насадки теплообмінника потрапляють інші гази, такі як сірководень, водяна пара, ацетилен, пропан і інше. При їх охолодженні вони конденсуються на елементах насадки у вигляді рідини. Щільний потік газу рідку фазу переміщає до виходу, де температура нижче, і рідини переходить в стан криги. Зростаючий прошарок криги на елементах насадки перекриває канали течії газу, збільшує гідравлічний опір апарату, тому виникає проблема визначення оптимального вільного простору насадки, при якому витрати на регенерацію її від забруднення (повний прогрів модуля) можна порівняти з витратами, пов'язаними з збільшенням вільного простору насадки. Вирішення цієї проблеми є актуальним, а створення методики розрахунку цих процесів – важливим.

Аналіз механізму забруднення (намерзання криги у потоці газу) насадки регенератора дозволив зробити висновок, що крига утворюється у місцях з максимальним динамічним тиском, – тобто в зонах лобового зіткнення насадки з газовим потоком, що дозволяє припустити утворення крижаних містків між сітками насадки. Для збільшення вільного простору сіткової насадки запропоновано конструктивне рішення [1], яке дозволяє встановити сітки на фіксованій відстані одна від одної, що має збільшити період між регенерацією від забруднення.

Перелік посилань.

1. Заявка на корисну модель u201907062 Регенеративний теплообмінник / П.Ю. Євзютін, Я.Г. Двойнос; заявник П.Ю. Євзютін – № u201907062; заявл. 17.07.2019.

УДК 66.045.1

ПЛАСТИНЧАСТИЙ РЕКУПЕРАТОР ЗМІШАНОГО ТОКУ

магістранти Італьянцев О.І., Євзютін П.Ю.,

к.т.н., ст.викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

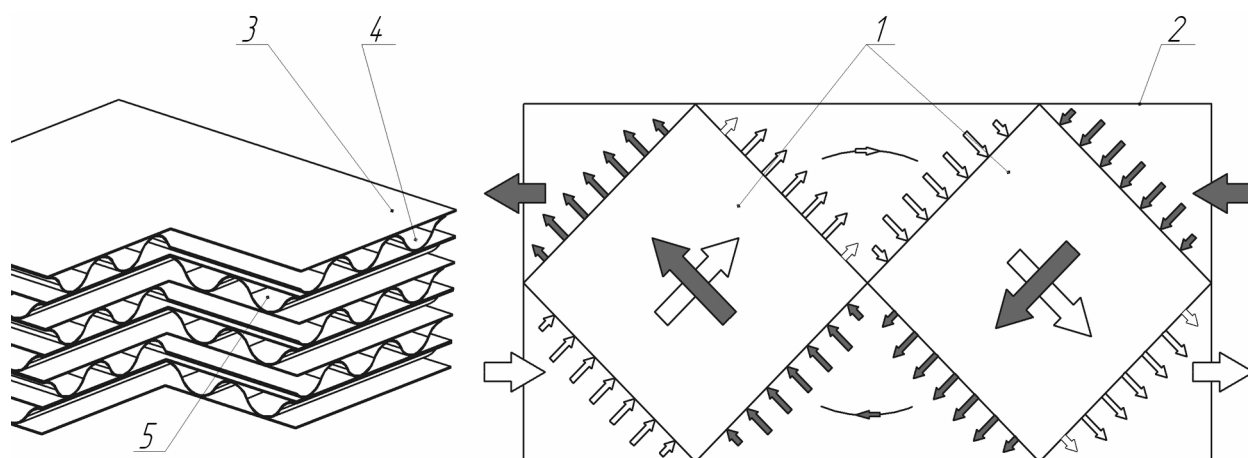
Пластинчасті рекуператори широко використовуються для кондиціонування повітря, та нагріву і охолодження газів. Перевагою такого типу теплообмінників є висока питома поверхня теплообміну, низький гідравлічний опір. Недоліком є перехресний хід теплоносіїв, що зменшує галузь використання теплообмінників, тому сучасні пластинчасті теплообмінники рекуперативного типу встановлюють у ланцюг для організації протитечії теплоносіїв між модулями з перехресним ходом. Типову конструкцію апарату з двох модулів наведено на рисунку 1.

Процес теплообміну у пластинчастих теплообмінниках ретельно досліджено та описано, але при використанні перехресного ходу теплоносіїв виникає проблема визначення оптимальної кількості пакетів насадки, тому задача обґрунтування критерію вибору геометричних розмірів пакетів і проведення конструктивного розрахунку таких теплообмінників є актуальною, а її вирішення – важливим.

Поставлена задача ускладнюється необхідністю теплоізоляції зовнішньої поверхні апарату для зменшення теплообміну з навколишнім середовищем, та практичною реалізацією руху газів у каналах через необхідність використання компресорів об'ємного типу.

Враховуючи широкий спектр застосування пластинчастих рекуператорів з перехресним ходом теплоносіїв пропонується зосередитись на процесах, пов'язаних з охолодженням, а саме – рекуператорі охолодження повітря у газових холодильних машинах, що працюють за циклом Стірлінга (Stirling cycle, Eng.) [2]. Такі холодильні машини використовуються для зрідження

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
природного газу (LNG) та у промисловості, переважно в діапазоні температур, недосяжним для одностадійної парокompресійної машини (160÷210К).



1 – пакети пластин; 2 – корпус; 3 – пласка теплообмінна пластина; 4 – гофрована пластина повздожнього руху теплоносія; 5 – гофрована пластина руху теплоносія впоперек

Рисунок 1 – Конструкція пластинчастого рекуператора з змішаним током теплоносіїв

Сучасні холодильні машини [3] з температурою охолодження біля 160 К працюють з фреоном R729 (повітря), мають конкурентні переваги і використовують рекуператори охолодження газ–газ.

Перелік посилань.

1. Заявка на корисну модель u201907091 Пластинчастий теплообмінник / О.І. Італьянцев, Я.Г. Двойнос; заявник О.І. Італьянцев – № u201907091; заявл. 14.06.2019.

2. Thermal and Flow Engineering Laboratory [web] // Piispankatu, Turku, Low temperatures, liquefied gases, Stirling engines, LNG, dry ice: [web]. available at: <http://users.abo.fi/rzevenho/REF18-OH5.pdf> / (accessed 27 September 2019).

3. ULT Freezers in the Industry [web] // Poston Road Athens , OH 45701 USA, Stirling Ultracold: [web]. available at: <http://https://www.stirlingultracold.com/solutions/research-facilities/> (accessed 27 September 2019).

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ В'ЯЗКОСТІ НЬЮТОНІВСЬКИХ РІДИН

магістрант Коваль В.О., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Найчастіше використовуються два методи вимірювання в'язкості рідин:

1) за швидкістю спливання (чи занурення) сферичного тіла у в'язкій рідині;

2) за швидкістю витікання рідини з малого отвору або з капіляра.

Використання першого методу ґрунтується на застосуванні закону Стокса, справедливого тільки для повільного руху кульки малого діаметра при ламінарному обтіканні тіла рідиною. На практиці він застосовується не так часто.

Найбільш зручним, і тому більш поширеним, виявився другий метод вимірювання в'язкості, для забезпечення якого можуть застосовуватися декілька приладів. Проточний чашковий віскозиметр [1] складається з резервуару і набору сопел (рис. 1а). У віскозиметрі вимірюється умовна в'язкість, яка виражається в секундах часу витікання. Різновидом проточного чашкового віскозиметра є занурюваний віскозиметр з ручкою (рис. 1б), що дозволяє проводити експрес тестування для визначення в'язкості. Недоліком таких вимірювань є те, що для перерахунку в абсолютні одиниці в'язкості застосовуються емпіричні формули, які мають наближений характер.

Капілярні віскозиметри засновані на примусовому чи вільному (за рахунок гравітаційних сил) витіканні досліджуваної системи через капіляри різної форми.

Стандартний віскозиметр цього типу являє собою U-подібну скляну трубку, широке коліно якої розширюється донизу. Інше коліно містить упаяний всередині капіляр, що закінчується вгорі кулькою, яка переходить в

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
більш широку трубку. Під кулькою і над ним нанесені дві мітки, що обмежують певний об'єм [2].



Рисунок 1 – Проточний чашковий віскозиметр з набором сопел (а)
і занурюваний віскозиметр (б)

Для проведення досліджень на U-подібному віскозиметрі необхідно при витіканні рідини виміряти час її проходження між верхньою і нижньою позначками. Кінематична в'язкість рідини при цьому буде дорівнювати добутку цього часу на постійну віскозиметра C . У кожному стандартному наборі є по дев'ять віскозиметрів, діаметри внутрішніх капілярів яких варіюються в межах 0,34-5,5 мм, що відповідає значенням $C = 0,003-30$ сСт/с.

Недоліком U-подібного віскозиметра є те, що він складніший за попередні і має обмеження в застосуванні.

В плані досліджень кафедри МАХНВ планується розробка капілярного віскозиметра, призначеного для безпосереднього вимірювання властивостей широкого діапазону рідин в абсолютних одиницях в'язкості на одному приладі.

Перелік посилань:

1. Вискозиметры для определения условной вязкости лакокрасочных материалов. Технические условия: ГОСТ 9070–77. – [Введ. 1977-01-01]. — М.: Изд-во стандартов, 1994. — 10 с. — (Межгосударственный стандарт).

2. Вискозиметры капиллярные стеклянные. Технические условия (с Изменениями N 1, 2): ГОСТ 10028–81. – [Введ. 1983-01-01]. — М.: ФГУП «Стандартинформ», 2005. — 14 с. — (Межгосударственный стандарт).

**ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ З ВИКОРИСТАННЯМ
КОМПЛЕКСНОЇ ГАЗООЧИСТКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛУ**

аспірант Кичак. Р. В., к.т.н., доц. Степанюк А. Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Процес виробництва гранульованих добрив супроводжується викидами дрібнодисперсних аерозолів разом з водяною парою та відпрацьованим теплоносієм [1].

Під час виробництва добрив для вловлювання втрачених компонентів сухої газоочистки не достатньо, тому в процес залучають мокру газоочистку. Головним недоліком мокрої газоочистки – егенерація великої кількості низько концентрованих стоків [2].

Для вирішення цієї проблеми виробники пропонують ряд технологій газоочистки, замкнутого циклу, особливостями якого можуть бути, наприклад:

- регенерація газових теплоносіїв з повторним проходженням через апарати технологічної схеми;
- перекачування теплоносіїв із апарату в апарат для використання їх за іншим призначенням;
- фільтрування та сушка вловленого матеріалу, що можуть бути проміжними стадіями процесу газоочистки, в апаратах, які для нього призначені.
- комбінування цих методів між собою в залежності від поставлених задач виробництва.

Тому для процесу створення гранульованих добрив пропонується використати модернізований циклон, який дозволить:

здійснювати осадження вловлених компонентів на поверхні водяної плівки, яка утворюється при конденсації водяної пари в теплоносії, шляхом встановлення охолоджувальної обичайки;

для прискорення конденсації холодний теплоносій можна подавати паралельно в обичайку та форсунки, конденсуючи пару не лише на

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
внутрішній поверхні циклону, а й на поверхні розпилені крапель, якими захоплюється пил.

Таким чином, конденсація пари відбуватиметься по всьому вільному перерізі циклону.

Фізична модель, яка описує процес, що протікає в циклоні зображена на рисунку 1 [3]. На внутрішній поверхні циклону конденсується пара, яка поступила з теплоносієм, також на цій поверхні можуть осідати розпилені через форсунку краплини. У плівці розчинаються тверді частинки дрібнодисперсних гранульованих добрив, які були винесені з циклону. При цьому частинки меншого розміру.

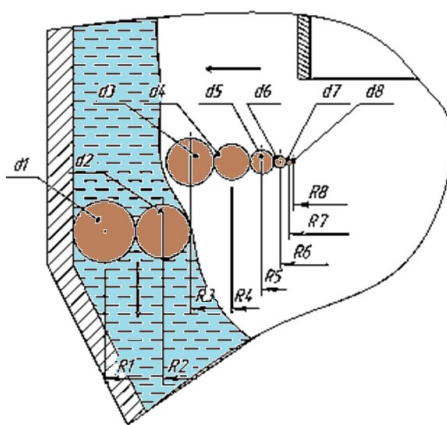


Рисунок 1 – Розподіл твердих частинок у стікаючій плівці

Висновки:

Числове моделювання за наведеною фізичною моделлю пилловловлення дозволить теоретично визначити технологічні параметри.

Перелік посилань:

1. Процес одержання мінерально - гумінових твердих композитів. [Електронний ресурс]: уклад. Я. М Корнієнко, А.Р. Степанюк. - Київ : НТУУ „КПІ”, 2013. -137 с.

2. https://pidruchniki.com/1842112041636/ekologiya/pilovlovlyuvachi_dlya_ochischennya_povitrya_vid_pilu_promislovih_pidpriyemstva_h

3. Патент № u2018 07571 (UA) B04C 3/00. Циклон/В.В. Новодворський, А.Р. Степанюк (UA); – Заявл. 06.07.2018; Опубл. 25.04.2019, бюл. № 8.

ДИСКОВИЙ РОЗПЛАВЛЮВАЧ-ГОМОГЕНІЗАТОР ПРИ КАСКАДНІЙ ЕКСТРУЗІЇ ПОЛІМЕРІВ

к.т.н, доц. Швед М.П., аспірант Новодворський В. В.,

пров. інж. Швед Д.М., магістрантка Ковба А.М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Пластмасові труби, плівки, листи, профільно-погонажні вироби, деталі для електротехніки і радіоелектроніки - приклади незамінного використання пластичних мас в народному господарстві. До 2100 року прогнозується десятикратне зростання використання полімеру.

Такі темпи виробництва та переробки полімерних матеріалів вимагають від виробників створення нових ресурсоенергозберігаючих процесів та відповідного обладнання. При цьому значне місце приділяється процесам екструзії, які в основному базуються на одночерв'ячних екструдерах. Однак в сучасних умовах у зв'язку з появою нових полімерів, та все ширшому використанні композиційних матеріалів з наповнювачами, барвниками, легуючими добавками, які суттєво змінюють реологічні характеристики сировини і, відповідно, режими переробки, постає необхідність у створенні універсальних, гнучких в керуванні каскадних схем екструзії полімерів, в яких весь процес екструзії розділений на окремі каскади (стадії) з можливістю автономного керування ними. Це дозволяє оперативно встановлювати раціональні режими роботи окремих операцій при якісному веденні всього технологічного процесу. Особливе місце при каскадній екструзії займають процеси плавлення та гомогенізації.

Теоретичні і експериментальні дослідження по удосконаленню процесів екструзії, які проводяться на кафедрі МАХНВ КПІ ім. Ігоря Сікорського показали, що ці процеси ефективніше проводити в полі високих швидкостей зсуву при незначних тисках, тобто реалізуючи модель дисперсійного плавлення, яка у 4-5 разів ефективніша за класичну пробкову модель

плавлення Тадмора і полягає в тому, що частинки твердого полімеру дисперговані в його розплаві [1].

Процес гомогенізації доцільно проводити в динамічному змішувачі з можливістю регулювання степені змішування за рахунок зміни співвідношення тангенціальної та радіальної складових швидкостей.

Реалізувати таку модель можливо в дисковому екструдері, що працює при дозованому живленні. Це дозволяє оперативно, без зупинки процесу, не змінюючи продуктивність підвищувати або знижувати температуру розплаву регулюючи термомеханічне навантаження на перероблюваний матеріал, що рівносильно для звичайного черв'ячного екструдера установленню нового черв'яка. Причому, якщо технологічно необхідно змінити температуру чи швидкість зсуву в зонах сухого тертя і напіврозплаву, тобто на периферії диска, то доцільно використовувати можливість зміни частоти обертання дискового екструдера в межах $\pm 30\%$ від номінального значення. А якщо необхідно змінити навантаження на розплав, наприклад з ціллю покращення гомогенізації і диспергування, то ефективніше змінювати величину робочих зазорів в тих же межах.[2] Такий підхід дозволяє:

- гнучко керувати процесами плавлення та гомогенізації;
- розширити номенклатуру перероблюваних матеріалів;
- економити енергію за рахунок можливості автономно вибирати раціональні режими для окремих операцій;

Перелік посилань:

1. Луценко І.В. Переваги використання каскадних схем та дозуючих шестеренних насосів при екструзії полімерів / І.В. Луценко, Д.М. Швед, М.П. Швед, А.С. Богатир // Міжнародний науковий журнал «Технологічний аудит та резерви виробництва». – 2013. – №1/2(9). – С.21–25. ISSN 2226–3780.

2. Швед Н.П. Разработка процессов экструзии термопластов на каскадных экструдерах: дис. кандидата техн. наук: / Н.П. Швед – К., 1983. – 167с.

УДК: 62-684, УДК 536.24

АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ» МЕРЕЖ

к.т.н., пр.н.с. Коник А.В., Демченко В.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Стрімке зростання тепло- та енергоспоживання промисловими та комунальними підприємствами в умовах постійного скорочення природних ресурсів, складного екологічного стану при динамічному розвитку іт-технологій та відновлюваних джерел енергії створили умови для пошуку нових підходів у вирішенні окреслених питань. З 2005 року науковцями США розпочато дослідження в напрямку розвитку "інтелектуальних" мереж, оскільки саме ця країна є світовим лідером з виробництва та споживання теплової та електричної енергії. На сьогоднішній день концепція Smart Grid найбільш інтенсивно розвивається в таких країнах, як: Китай, США, Індія, Великобританія, Австралія, Канада, Франція, Німеччина, Росія [1].

Аналіз концепції Smart Grid дозволяє сформулювати основні вихідні положення, прийняті під час розроблення та розвитку концепції:

- енергетична система майбутнього – це ситуативна інфраструктура, яка призначена для підтримки енергетичних, інформаційних, економічних і фінансових взаємовідносин між суб'єктами енергетичного ринку, яка діє подібно до i-net мережі;

- передбачено системне перетворення енергетики і всіх основних елементів генерації, передача, розподіл та збут теплової енергії з впровадженням сучасних систем обліку, що дозволяють в режимі реального часу знімати показники, передавати їх та здійснювати керування процесом уникаючи аварійних ситуацій;

- концепції комплексно охоплюють всі основні напрями розвитку, і включають як дослідження, так і практичне застосування. До основних напрямків розвитку відносяться наступні сфери: наукова, інформаційна, технічно-технологічна, організаційно-керувальна та нормативно-правова база;

- Smart Grid та її елементи є основними об'єктами формування нового технологічного базису, що дає можливість підвищення ефективності досягнутих та створення нових функціональних властивостей системи;

- розвиток і функціонування енергетичної системи мають бути спрямованими на погодження між усіма суб'єктами енергетичного ринку ключових цінностей, вироблених у результаті спільного бачення цілей та шляхів розвитку теплоенергетики. Ці положення стосуються: безпеки, енергетичної ефективності, надійності, обґрунтованого тарифоутворення, розвитку ринку, надання якісних послуг та ін. [2].

На сьогоднішній день в національній енергосистемі України здійснюються заходи щодо впровадження системи інтелектуальних мереж Smart Grid в межах сумісного Проекту передачі електроенергії-2, що фінансується МБРР за сприянням Фонду Чистих Технологій. Метою проекту є скорочення викидів CO₂ за рахунок забезпечення технічної можливості збільшення долі генерації з відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в загальному енергобалансі країни [3].

У переважній більшості країн з розвиненою економікою з кожним роком зростає кількість робіт пов'язаних з акумулюванням і збереженням тепла, світова сумарна потужність накопичувачів енергії сягнула до 200 ГВт у 2017р, за даними Міністерства енергетики США. В Україні ситуація зі створенням наукової і прикладної продукції в даному напрямку майже не розвивається, оскільки, основним джерелом фінансування робіт зі створення технології накопичення енергії та її розвитку галузі в цілому має бути держава.

Перелік посилань:

1. Smart Power Grids – Talking about a Revolution. IEEE Emerging Technology Portal, 2009.
2. The DOE Global Energy Storage Database [electronic source] <http://www.energystorageexchange.org> (Rus)
3. <https://ua.energy/majbutnye-ukrenergo/smart-grid>

УДК 66.048.3

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ РЕЖИМ РОБОТИ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ЗНЕВОДНЕННЯ ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ

магістрант Король А.Ю., ст.викл., к.т.н. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Технологія виробництва етиленгліколю [1] передбачає гідратацію оксиду етилену, найбільші витрати теплової енергії припадають на випарні апарати та ректифікаційну колону, яка працює за атмосферного тиску і розділяє суміш етиленгліколю з водою. Різниця температур між кубовим залишком та дефлегматором становить біля 95 град. С, температура у парогенераторі кубового залишку складає біля 200 град. С.

Теплота підводиться до нижньої частини ректифікаційної колони і відводиться у дефлегматорі, питомі витрати теплоти обумовлені конвекцією рідини та парів суміші між кубовим залишком та дефлегматором. В нижній частині колони суміш етиленгліколю та води містить малу частку води, тому пропонується зменшити тепловий потік до кубового залишку, враховуючи його великий температурний потенціал до значень, необхідних для зневоднення суміші. Додатковий підвід теплоти пропонується організувати між місцем вводу вхідної суміші та кубовим залишком, рисунок 1.

Запропоноване рішення збігається з сучасними методами покращення енергоефективності процесів ректифікації, а саме, методи підігріву вхідної суміші до стану вологої пари, наприклад при розділенні води та вуглеводневого розчинника [2]. Проміжний підігрів суміші у ректифікаційній колоні також широко використовується при фракціонуванні нафтопродуктів.

Метод використання проміжного підігріву суміші у ректифікаційній колоні не дозволяє зменшити теплову потужність процесу, проте дає можливість замінити частину високотемпературного теплоносія на теплоносій з меншим температурним потенціалом.

Оцінити економію витрат на енергоресурси дозволяє модель теплового насосу, який переносить теплоту від дефлегматора до кубового залишку і споживає механічну енергію. Встановлення теплового насосу в процесах ректифікації – сучасний тренд, при цьому ефективність такого рішення напряму залежить від температур в кубовому залишку та дефлегматорі.

Теоретичний коефіцієнт перетворення механічної енергії у теплову:

$$\varepsilon = \frac{T_{COOL}}{T_W - T_{COOL}}, \text{ де температури, К: } T_{COOL} - \text{ у дефлегматорі; } T_W - \text{ у кубовому}$$

залишку.

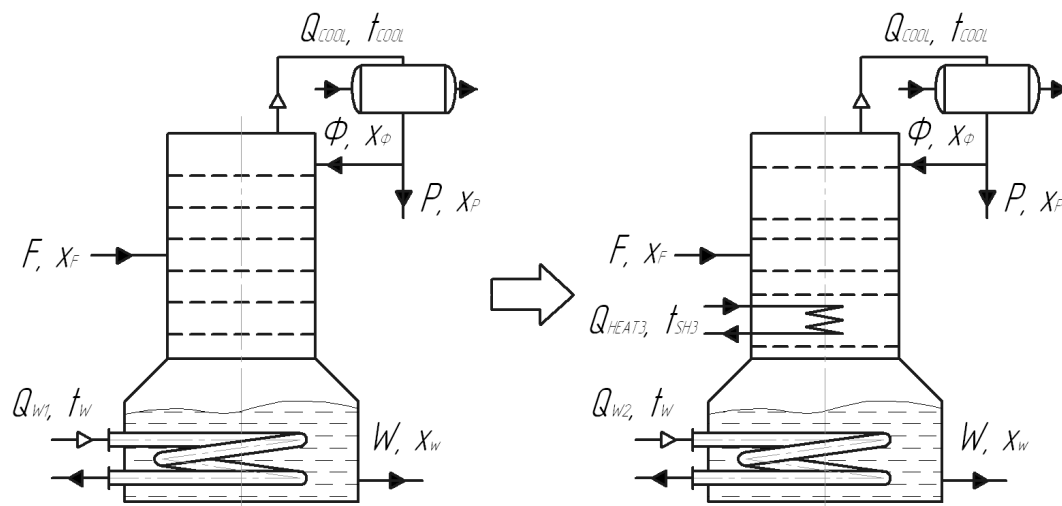


Рисунок 1. – Модернізація ректифікаційної колони

Витрати механічної енергії при використанні ідеального теплового насосу для енергозабезпечення процесу ректифікації $L = \frac{Q_{W1}}{\varepsilon}$, Вт, при використанні проміжного підігріву суміші $L_{MOD} = \frac{Q_{W2}}{\varepsilon_1} + \frac{Q_{HEAT3}}{\varepsilon_2}$, Вт. Таким чином,

оцінити відносне теоретичне зменшення витрат на енергозабезпечення процесу ректифікації при використанні проміжного підігріву суміші пропонується за відносним зменшенням теоретичних витрат механічної енергії роботи теплового насосу до, та після модернізації ректифікаційної

$$\eta = \left| \frac{L - L_{MOD}}{L} \right| \cdot 100\%, \%$$

Перелік посилань:

1 Дымент О.Н., Казанский К.С., Мирошников А.М. Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена — М.: Химия, 1976. — 372 с. (84).

2. Optimize Design for Distillation Feed [Електронний ресурс] // Houston, Texas 77079 USA technology licensing and process equipment GTC Technology: [сайт]. USA, 2019. URL: <https://www.gtctech.com/optimize-design-for-distillation-feed/> (дата звернення: 27.09.2019).

ВИМІРЮВАННЯ ВІБРОВ'ЯЗКОСТІ ФІБРОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ

магістрантка Крамар О.В., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Реологічні властивості бетонних сумішей описуються якісними, кількісними емпіричними і кількісними фізичними характеристиками.

Якісні характеристики (рухливість, ущільнюваність, стабільність, перекачуваність і т. ін.) використовуються тільки для опису якісного стану суміші без кількісних оцінок. Кількісні емпіричні характеристики (осад конуса, коефіцієнт ущільнення, час по приладу Вебе, показник розпливу і т. ін.) застосовуються як кількісні оцінки для безпосередніх цілей виробництва. Якісні фізичні характеристики (в'язкість, плинність, границя плинності, консистенція) використовуються тільки у відповідності зі стандартними реологічними визначеннями.

Найбільш прийнятними для визначення кількісних емпіричних реологічних характеристик фібробетонів є методи Вебе і Скрамтаєва. Недоліками приладів такого типу є їхня нечутливість до розшарування бетонної суміші і труднощі оцінки з їхньою допомогою бетонів, що вимагають незначного чи тривалого вібрування.

Для рішення прикладних задач необхідне знання кількісних фізичних характеристик, які визначаються за допомогою віскозиметрів.

За принципом дії і конструкцією віскозиметри для бетонних сумішей підрозділяються на ротаційні і капілярні, засновані на принципі простого зсуву в зазорі і на визначенні динаміки чи спливання зануреного сферичного тіла у вимірюваній суміші.

У капілярних віскозиметрах здійснюється примусове чи вільне (за рахунок гравітаційних сил) витікання досліджуваної системи через капіляри

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
різної форми. Для визначення в'язкості необхідно зробити вимір об'ємної витрати матеріалу в каналі віскозиметра при різних перепадах тиску.

При використанні щілинних вібровіскозиметрів можлива поява кінцевого ефекту, що виявляється у відриві суміші за рахунок власної ваги від верхньої поверхні горизонтального щілинного каналу.

Для одержання об'єктивних реологічних характеристик, останнім часом, загальною тенденцією є вишукування можливостей використання для цих цілей віскозиметрів, плин матеріалу в яких моделював би процес переробки. Найбільш надійними і простими приладом для бетонних сумішей, що дозволяють проводити виміру в широкому діапазоні швидкостей зрушення, що зустрічаються в практиці, є капілярні віскозиметри (вібровіскозиметри). Однак, при їх використанні треба враховувати відзначені недоліки, а для фібробетонних сумішей необхідні більш надійні способи визначення реологічних характеристик, що враховують особливості використовуваного матеріалу.

На кафедрі МАХНВ КПІ ім. Ігоря Сікорського було запропоновано методику визначення вібров'язкості фібробетону безпосередньо при віброекструзії плоских виробів. Спосіб вимірювання реологічних характеристик передбачає визначення в процесі дослідження тільки часу витікання будь-яких псевдоньютонівських рідин [1]. Недоліком цього методу вимірювання є обов'язкове використання віброекструдерів з щілинноподібним вихідним отвором для отримання об'єктивних результатів.

Планом подальших досліджень планується удосконалити вимірювання вібров'язкості фібробетонних сумішей з урахуванням особливостей формування більш широкої номенклатури виробів.

Перелік посилань:

1. Андреев І.А. Вимірювання в'язкості фібробетону при віброекструзії / І. А. Андреев, К. В. Прокоф'єв // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2000. – № 5. – С. 64–67.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АПАРАТУ З МІШАЛКОЮ

магістрантка Крестошина О.П., к.т.н., ст. викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Турбінні мішалки широко використовуються для створення емульсій, – значні зсувні напруження біля поверхні мішалки дозволяють подрібнювати крупні краплі в'язкої рідини, при цьому закрыта форма турбіни дозволяє зменшити енерговитрати на циркуляцію рідини в апараті для оброблення у пристінному до поверхні мішалки шарі.

З метою оцінки перемішуючої здатності конструкцій, та енергосилових параметрів було проведено імітаційний експеримент з метою визначення якості перемішування, крутного моменту та продуктивності апарату, рисунок 1. Якість перемішування було оцінено за концентраційною неоднорідністю потоку рідини на виході. Модельною рідиною обрано ацетон.

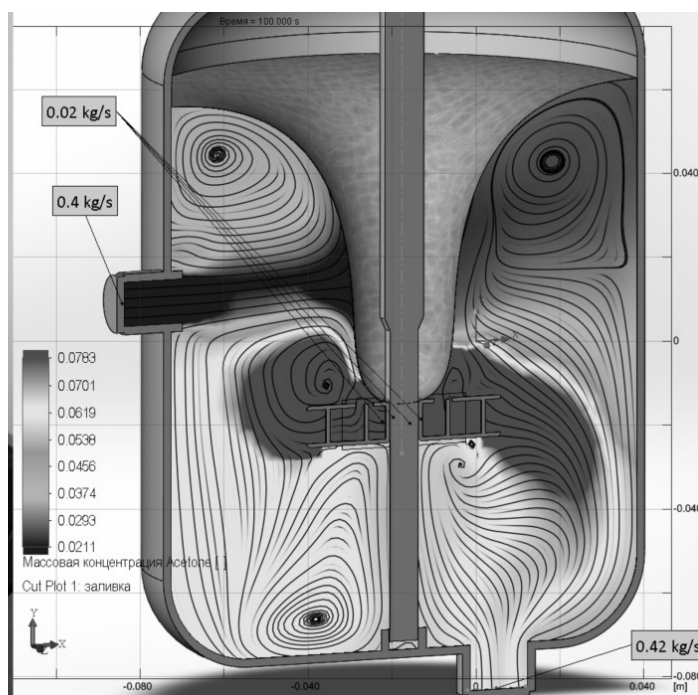


Рисунок 1 – Вхідні параметри для імітаційного експерименту

Отримані результати з концентраційної неоднорідності представлено на рисунку 2. Проведено серію імітаційних експериментів, та запропоновано оцінювати перемішуючу здатність апарату за відношенням розбіжності

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
концентрацій у потоці на виході з апарату до середньої концентрації на виході:

$$K_{mix} = \frac{C_{max} - C_{min}}{C},$$

де C_{max} – максимальна локальна масова доля рідини, що перемішується на виході з апарату, доля; C_{min} – мінімальна локальна масова доля рідини, що перемішується на виході з апарату, доля; C – середня масова доля рідини, що перемішується на виході з апарату, доля; K_{mix} – критерій якості перемішування.

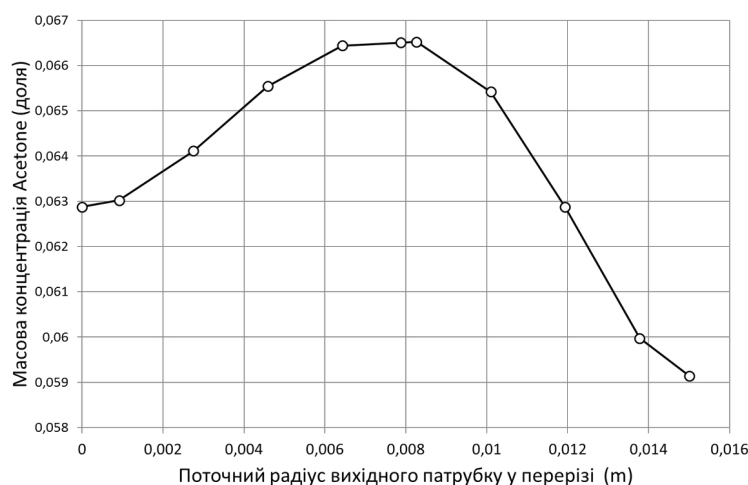


Рисунок 2 – Результати імітаційного експерименту (концентраційна неоднорідність)

Критерій якості перемішування монотонно зменшується при збільшенні продуктивності апарату.

Висновки. Проведено імітаційний експеримент який з достатньою для інженерних розрахунків точністю дозволяє визначити перемішуючу здатність апарату.

Перелік посилань:

1. В.Ф.Ситник. Н.С.Орленко. Імітаційне моделювання: Навч.-метод. посібник для самост.вивч.дисц.-К.:КНЕУ, 1999.-208с.
2. Штербачек, П. Тауск. Перемешивание в химической промышленности. Л., Ленинградское отделение Госхимиздата, пер. чешского, под ред. И.С. Павлушенко, 1963 г., 416 с.

УДК 66.081

**РОЗРОБЛЕННЯ АДСОРБЕРА І МЕМБРАННОГО АПАРАТА ДЛЯ
МОДЕРНІЗАЦІЇ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

магістрантка Кузнецова А.Д., к.т.н., доц. Гулієнко С.В.

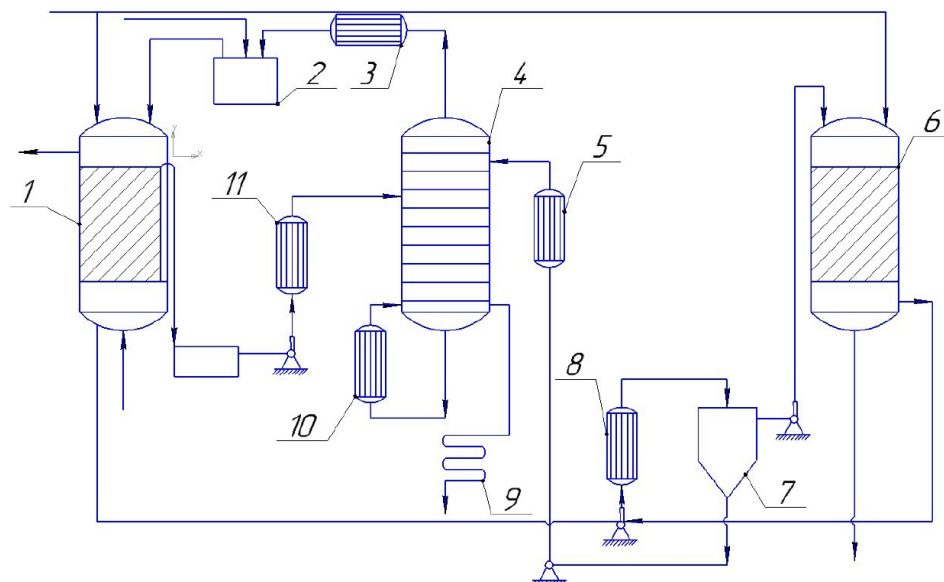
**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

У сучасному світі широко використовуються штучні аналоги натуральних речовин, як наприклад, віскозне волокно. Але разом з отриманням віскози постає питання очищення води, що була задіяна в процесі виробництва.

Принципова технологічна схема адсорбційного очищення стічних вод виробництва віскози наведена на рисунку 1. Стічна вода, що містить органічні домішки, надходить в адсорбційний фільтр 1. Після використання адсорбційної ємності адсорбенту залишки води з адсорбера скидають у трубопровід, по якому вода повертається в збірник неочищених стічних вод. Потім у колону подають розчинник – хлороформ з ємкості 2, в яку він надходить з верхньої частини ректифікаційної колони після конденсації в конденсаторі 3. Після повного заповнення шару адсорбенту, що регенерується хлороформом, розчинник зливається через переливний пристрій у ємкість 12. Звідси хлороформ, що містить вилучені з активованого вугілля сполуки, подається через теплообмінник 11, де підігрівається до температури кипіння, у ректифікаційної колони надходить у конденсатор 3. Чистий хлороформ з конденсатора надходить у ємкість хлороформу 2, а потім знову на адсорбент, який регенерується. Органічні речовини, які вилучаються з води вугіллям, концентруються в кубовій рідині ректифікаційної колони. Кубова рідина після охолодження в охолоднику 9 надходить на вакуумну відгонку диметилацетиміду та ізобутанолу.

Після охолодження конденсат подають у відстійник-розподільник 7, де відбувається відділення хлороформного шару від водного. Хлороформний

шар після підігрівання до температури кипіння надходить на одну з тарілок ректифікаційної колони 4, а вода, що містить розчинений хлороформ, – у допоміжний адсорбер 6 з нерухомим шаром активованого вугілля для вилучення хлороформу з метою його утилізації.



- 1 –адсорбер з активованим вугіллям; 2, 12 – ємкості для хлороформу; 3, 8 –конденсатори; 4 – ректифікаційна колона; 5,10, 11 – теплообмінники; 6 –допоміжний адсорбер; 7 – відстійник-розподільник; 9 – охолодник

Рисунок 1 – Принципова технологічна схема очищення стічних вод виробництва віскози

Очищена від хлороформу вода надходить у колектор очищених стічних вод. Регенерування активованого вугілля в допоміжному адсорбері здійснюють водяною парою. Утворюваний конденсат містить хлороформ, і його приєднують до конденсату, що надходить у відстійник-розподільник 7.

Отже, розробка адсорбера і мембранного апарата є необхідною та важливою умовою для модернізації даної установки та навколишнього середовища.

Перелік посилань:

1. Запольський А. К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод, Лібра, 2000, с. 552.

УДК 66.021.3

МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕМБРАННОГО МОДУЛЯ

магістрант Кушнірук В.М. к.т.н, ст.викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

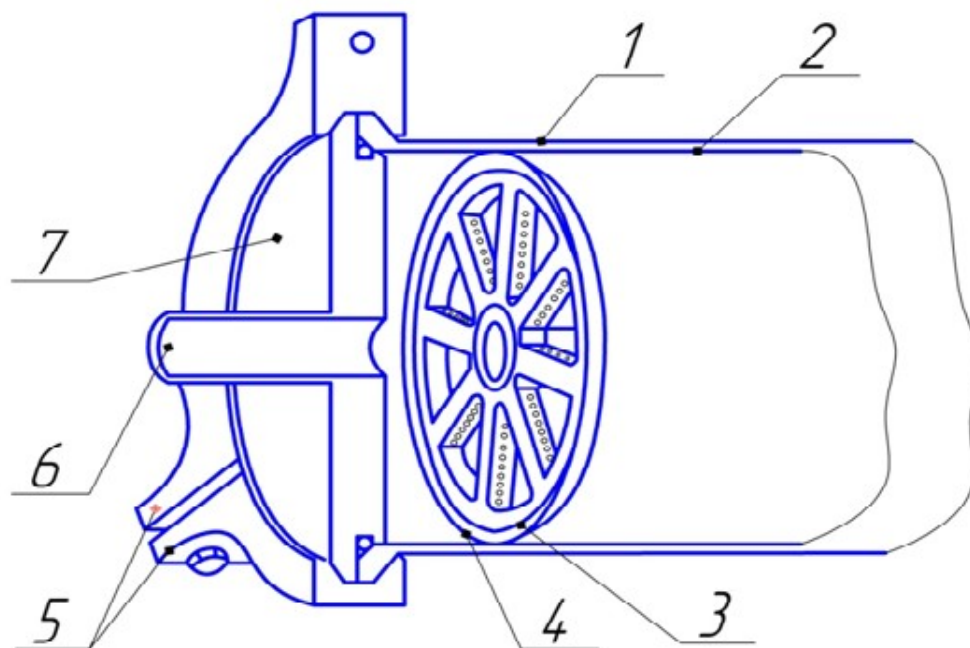
Мембранний модуль належить до пристроїв призначених для розділення сумішей на компоненти, які можуть застосовуватися як для рідких, так і для газоподібних систем і може використовуватись в газопереробній, хімічній і нафтохімічних промисловостях.

В модернізації поставлена задача зменшення гідравлічного опору, шляхом виконанням на торцях анти-телескопічного пристрою перфорації.

Схема мембранного модуля представлений на рисунку 1.

Мембранний модуль складається з корпус картриджа 1 з заглушкою 7 та затискач 5, каналом подачі розділюваного розчину 6, всередині якого розташований картриджа із зворотнім осмосом 2, в якому безпосередньо встановлено анти-телескопічний пристрій з перфорованим торцем 3, який кріпиться шевронним ущільненням 4.

Мембранний модуль працює таким чином. Концентрованого розчину через каналом подачі 1 подається всередину корпус картриджа 1, проходить через заглушку 7, що закріплюється затискачем 5, яка надходить до картриджа із зворотнім осмосом 2, в якому встановлено анти-телескопічний пристрій з перфорованим торцем 3, який запобігає збільшенню гідравлічного опору, який кріпиться шевронним ущільненням 4 і йде розділення на пермеат і ретантат.



1 – канал подачі концентрованого розчину; 2 – картридж із зворотнім осмосом; 3 – перфорований торець ; 4 – шевронне ущільнення; 5 – затискач; 6 – канал подачі розділюваного розчину; 7 – заглушка

Рисунок 1. – Мембранний модуль

Така конструкція мембранного модуля дозволяє більш повно використати площу поверхні торця модуля, що підвищує ефективність його роботи та зменшення гідравлічного опору, за рахунок анти-телескопічного пристрою, що має перфоровані торці.

Перелік посилань:

1. Richard W. Baker. Membrantechnologyand applications-2nd ed.- California, 2004.- p. 538

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛОВОГО СПИРТУ

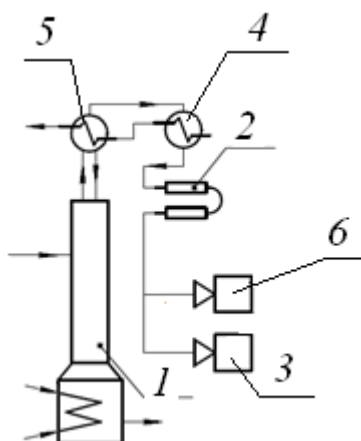
магістрант Орел О.Ю., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

В процесі виробництва етилового спирту більш концентрований продукт отримується в ректифікаційній колоні. Одержаний спирт конденсується в конденсаторі і далі потрапляє в холодильник для охолодження до температури навколишнього середовища.

Авторами було запропоновано модернізацію ректифікаційної колони і холодильника, які застосовуються в цьому процесі.



1 – ректифікаційна колона, 2 – холодильник, 3, 6 – збірники,
4 – дефлегматор, 5 – теплообмінник

Рисунок 1 – Фрагмент технологічної схеми виробництва етилового спирту

Для підвищення часу контакту оброблюваних фаз між собою, і відповідно, підвищення ефективності процесу масопередачі на тарілці та в ректифікаційній колоні в цілому авторами була запропонована нова конструкція ковпачкової тарілки, в якій пелюстки ковпачків виконано скрученими по довжині [1]. При цьому здійснюється відхилення потоку бульбашок легкої фази від вертикалі, що збільшує час її перебування у

У найприйнятніших прикладах виконання тарілки пелюстки виконуються скрученими на однаковий кут в одному напрямку, при цьому прорізи та/або щілини виконуються трапецієподібними з більшою основою з боку горизонтального полотна. Така конструкція забезпечує рівномірне закручування потоку легкої фази, що також інтенсифікує процес масопередачі, а виконання прорізів та/або щілин трапецієподібними з більшою основою з боку горизонтального полотна забезпечує більшу витрату потоку легкої фази з боку верхньої поверхні горизонтального полотна. Також трапецієподібні пелюстки перекривають більшу поверхню, ніж прямокутні, що також сприяє більш ефективному диспергуванню легкої фази.

Для зменшення габаритів й матеріалоемності холодильника типу «труба в трубі» пропонується зовнішню трубу на її торцях спорядити заглушками, внутрішню трубу повністю розмістити в порожнині зовнішньої труби, а патрубкі внутрішньої труби виконати зігнутими з кутом згину 90° з виходом за межі бокової частини зовнішньої труби.

Поздовжні осі вихідних отворів патрубків зовнішньої та внутрішньої труб холодильника можна розташувати в одній площині. В цьому випадку будуть зменшуватися довжина секції через відсутність по її торцях традиційних калачів, а також теплові втрати в навколишнє середовище [2].

Перелік посилань:

1. Пат. 134837 U Україна МПК (2006.01) B01D 3/20. Тарілка масообмінного апарата / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Орел О. Ю.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201812363; заявл. 12.12.2018; опубл. 10.06.2019, Бюл. № 11.

2. Пат. 132765 U Україна МПК (2006.01) F28D 7/10. Секція теплообмінника «труба в трубі» / Мікульонок І. О., Андреев І. А., Орел О. Ю.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201809632; заявл. 25.09.2018; опубл. 11.03.2019, Бюл. № 5.

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ДЛЯ СУШІННЯ КОКСУ

магістрант Нурадінов І.А., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою роботи є модернізація установки коксування з розробкою барабанної сушарки.

Під час виробництва коксу велика кількість енергії витрачається на процес зневоднення отриманих кристалів [1]. Для цього рекомендується використовувати барабанну сушарку.

Запропонована конструкція установки полягає в можливості видалення вологи при оптимальних умовах в одному сушильному барабані для різних періодів сушіння. Це дозволить збільшити ефективність сушіння.

Графічним методом було розраховано кут заповнення α і розраховано площу заповнення для порівняння з попередньою моделлю (рисунок 1).

Після розрахунків будемо графік залежності коефіцієнта заповнення β до довжини барабана L та діаметра барабана D (рисунок 2).

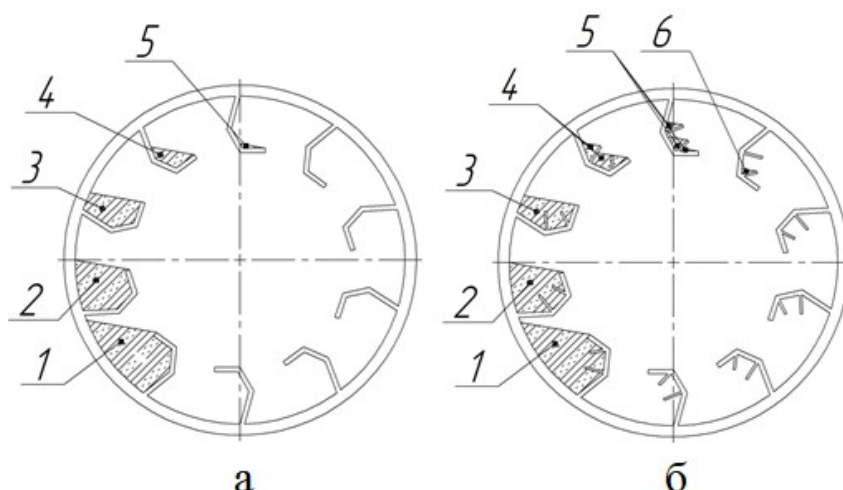


Рисунок 1- Барабанна сушарка

а) до модернізації; б) після модернізації

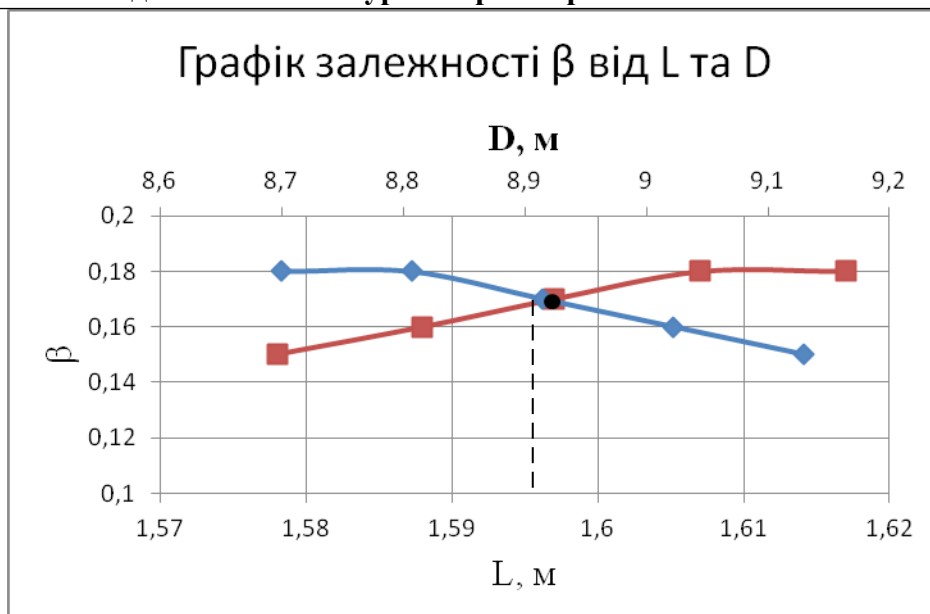


Рисунок 2- Графік залежності степеня заповнення β від довжини барабана L та діаметра барабана D

Висновок: згідно з вище приведеним графіком, рисунками і таблицями доведено, що при збільшенні коефіцієнта заповнення β зменшується довжина барабана L . При цьому помічається збільшення діаметра барабана D . З іншого боку, збільшення степені заповнення барабана призведе до економії капітальних витрат. Також доведено, що при збільшенні кількості лопатей з різним кутом нахилу призведе до зменшення "мертвої зони" сушарки, тобто збільшення ефективності сушіння.

Перелік посилань:

1. Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов. - 2-е изд., перераб. и допол. - М.: Легкая и пищевая пр-ть, 1983. - С. 429-430;
2. Патент України UA135868 МПК F26B 11/14 опубліковано 25.07.2019, бюл. № 14.

МОДЕЛЮВАННЯ ВІДПАРНОЇ КОЛОНИ

магістрант Пінчук А.Є., к.т.н, доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою роботи є покращення енергетично-економічних параметрів установки та визначення діаметрів отворів ковпачків для необхідної продуктивності в середині колони при зменшенні габаритних розмірів [1].

Для попереднього моделювання, на поверхні зовнішнього ковпачку було прийнято кількість отворів в розмірі чотирьох, попереднє моделювання зображено на рисунку 1.

Для остаточного моделювання, на поверхні зовнішнього ковпачку було прийнято кількість отворів в розмірі восьми, результати остаточного моделювання зображено на рисунку 2.

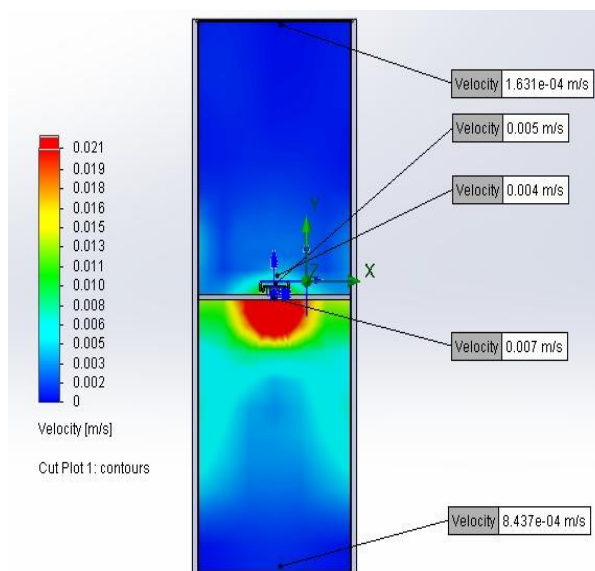


Рисунок 1 – Моделювання ковпачка в ректифікаційній колоні до модернізації

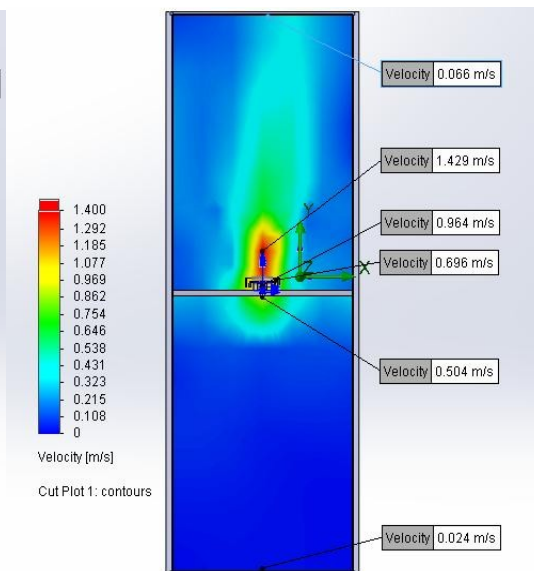


Рисунок 2 – Моделювання ковпачка в ректифікаційній колоні після модернізації

Після моделювання було встановлено, що для підвищення продуктивності на кожному зовнішньому ковпачку доцільно збільшити

кількість отворів зі зменшенням діаметру кожного отвору для проходження парової фази, при цьому без збільшення габаритного розміру ковпачку отримати максимальний контакт поверхні фаз [2].

Залежність швидкості проходження парової фази через ковпачок від кількості та розміру отворів на його поверхні, зображено на рисунку 3.

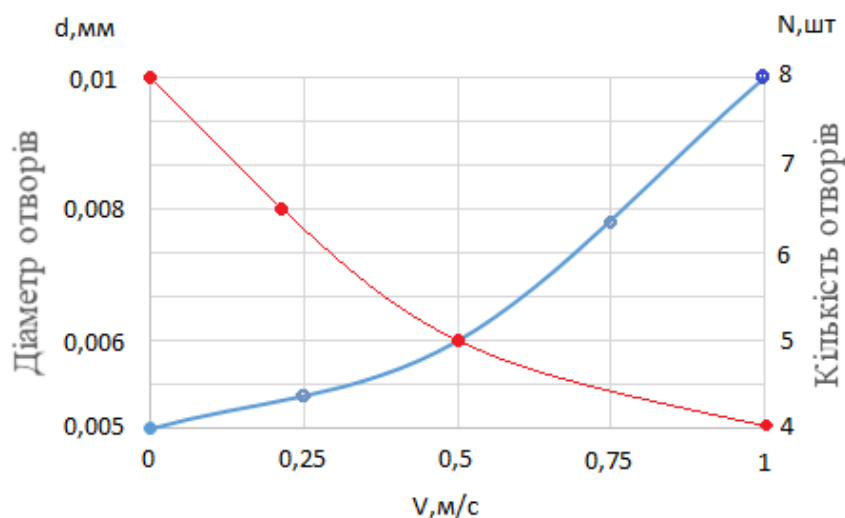


Рисунок 3 – Графік залежності швидкості проходження парової фази до кількості та розміру отворів на поверхні ковпачка

Висновок: запропонована фізична модель дозволяє визначити мінімальний діаметр отворів на поверхні ковпачків, за яких буде найбільший контакт фаз на поверхні тарілок, та визначити необхідну кількість та діаметр отворів на поверхні ковпачка, за якої при заданому габаритному розмірі колони буде найбільший контакт поверхні фаз по висоті колони.

Перелік посилань:

1. ДСТУ 3437-96 Нафтопродукти. Терміни та визначення Ластовкин Г.А., Радченко Е.Д., Рудин М.Г. (ред.) Справочник нефтепереработчика. Химия, 1986;
2. Патент України UA135945 МПК В01D 3/14 опубл. 25.07.2019, Бюл. № 14.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВІДЦЕНТРОВОГО СЕПАРАТОРА

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

При виробництві гліцерину хімічним способом теплота реакції використовується для зневоднення водного розчину гліцерину. Перший апарат в технологічній схемі зневоднення – дросель, після якого паро–рідинна суміш сепарується і потрапляє до випарних апаратів. Процес сепарації суміші розчину гліцерину у воді та водяної пари ускладнений високою концентрацією рідкої фази, значним тиском (0,24 МПа) і малим значенням поверхневого натягу рідини на лінії насичення. Такі умови сепарації можуть викликати відрив крапель рідини, які стікають по стінках сепаратору і їх винос, що значно зменшує коефіцієнт вловлювання.

Доцільність модернізації відцентрового сепаратору [1] перевіряється за умовою зриву крапель рідини з поверхні плівки, що стікає під дією сили гравітації. Сталий прямоточний рух газу і рідини до низу відбувається при швидкості газу до 15 м/с [2], далі відбувається винос бризок. Товщина

плівки, що стікає по периметру сепаратора [2], м: $S = \sqrt{\frac{3\Gamma\mu_{\delta^3a}}{\rho_{\delta^3a}^2 g}}$, де $\Gamma = \frac{\rho_{\delta^3a} V_{\delta^3a}}{\Pi}$

– масова щільність зрошення, кг/(м·с); $\rho_{\text{рід}}$ – густина рідини, кг/м³; $V_{\text{рід}}$ – об'ємна витрата рідини, м³/с; Π – периметр, по якому стікає плівка, м; $\mu_{\text{рід}}$ – динамічна в'язкість рідини, Па·с.

Хвилі на поверхні плівки виникають за умови: $Re_{\delta^3a} = \frac{4\Gamma}{\mu_{\delta^3a}} > 30$.

Краплі відриваються від поверхні плівки за умови: $W_{\text{ааcо}} \geq \frac{P\sigma}{\mu_{\delta^3a}}$,

де P – критерій Живайкіна – Волгіна, безрозмірний; σ – поверхневий натяг рідини, Н/м.

$$\left\{ \begin{array}{l} Re_{\delta^3 a} < \frac{0,085}{v_{\delta^3 a}^2} \Rightarrow P = \frac{29,2}{Re_{\delta^3 a}^{0,75}} \\ \frac{0,085}{v_{\delta^3 a}^2} < Re_{\delta^3 a} < \frac{28,2}{v_{\delta^3 a}} \Rightarrow P = \frac{100v_{\delta^3 a}}{Re_{\delta^3 a}^{0,25}} \\ Re_{\delta^3 a} > \frac{28,2}{v_{\delta^3 a}} \Rightarrow P = 43,2v_{\delta^3 a}^{1,25} \end{array} \right.$$

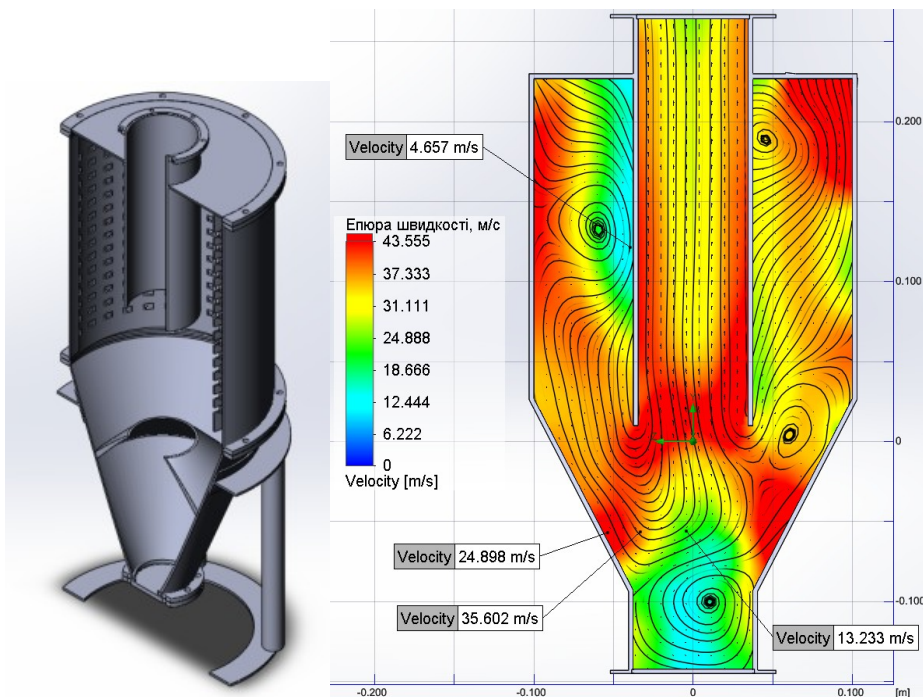


Рисунок 1 – Модель відцентрового сепаратора з перфорованою проміжною оболонкою та результати імітаційного експерименту (епюри швидкості потоку, м/с).

Швидкість парової фази у критичних зонах сепаратора отримано за допомогою методу імітаційного моделювання, рисунок 1.

Перелік посилань:

1. Рішення від 28.10.19 про видачу патенту України. МПК (2006.01) МПК В04С 5/10. Відцентровий сепаратор. / В. В. Пінчук, Двойнос Я.Г.; заявник і патентовласник вони же. — № u201907023; заявл. 02.04.2019.

2. Абсорбция газов [Текст] / В. М. Рамм. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Химия, 1976. - 655 с. : ил.; 22 см.

СЕПАРАТОР ГАЗО–РІДИННОЇ СУМІШІ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Для розділення паро– рідинних сумішей використовуються сепаратори циклонного типу. Одним з недоліків яких є малий повний коефіцієнт очищення газу через винос дрібних крапель рідини з плівки, яка стікає по внутрішній циліндричній поверхні апарату у газовий потік корпусу [1].

Метою модернізації газо– рідинного сепаратору є збільшення повного коефіцієнту очищення газу від рідини.

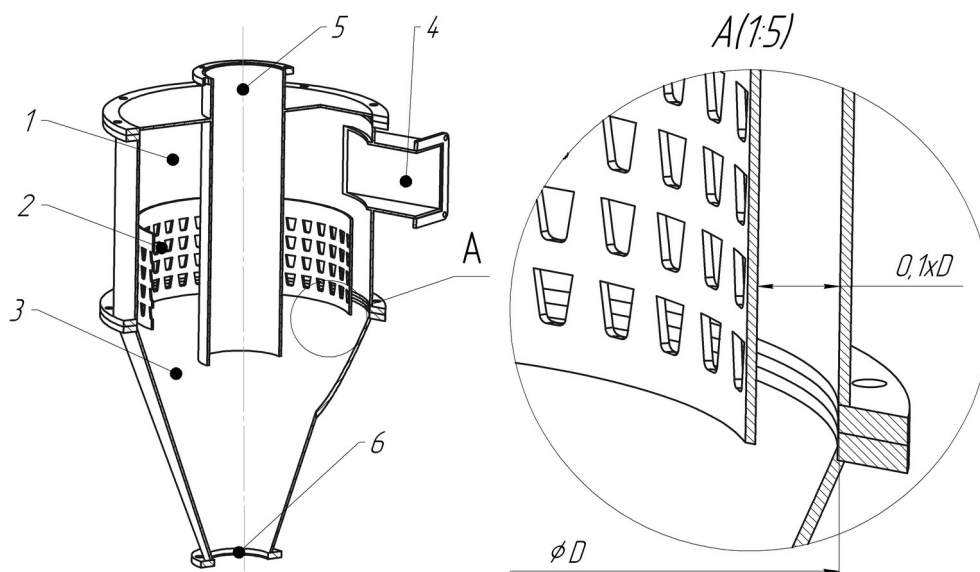
Мета досягається шляхом зменшення виносу дрібних крапель рідини з суміші за рахунок встановлення перфорованої обичайки, яку закріплено в верхній частині корпусу [2].

Суть модернізації апарату пояснюється на рисунку 1, де зображено відцентровий сепаратор, де: 1 – корпус сепаратора; 2 – перфорована обичайка, закріплена у верхній частині корпусу, перфорацію виконано у вигляді рівномірно розташованих отворів діаметром $5\div 8$ мм з шагом $20\div 35$ мм, зовнішній діаметр перфорованої обичайки на 10% менший за внутрішній діаметр корпусу; 3 – конічна частина сепаратора; 4 – патрубок входу газорідинної суміші; 5 – патрубок виходу газу; 6 – патрубок виходу рідини.

Апарат працює наступним чином. Газорідинна суміш подається через патрубок потрапляє до верхньої частини корпусу, рухається по спіралі вздовж внутрішньої поверхні перфорованої обичайки, при цьому сепарується внаслідок відцентрового прискорення, після чого краплі рідини, проходячи через отвори у обичайці потрапляють на стінки корпусу та стікають вниз до патрубку, а газ відводиться через патрубок.

Внаслідок гальмування потоку між перфорованою обичайкою та корпусом зменшується винос рідини у вигляді крапель потоком газу.

Після модернізації планується використати даний апарат для розділення газо– рідинної суміші води з гліцерином в схемі виробництва синтетичного гліцерину.



- 1 – корпус сепаратора; 2 – перфорована обичайка; 3 – конічна частина сепаратора; 4 – патрубок входу газорідинної суміші; 5 – патрубок виходу газу;
- 6 – патрубок виходу рідини.

Рисунок 1. – Модернізований відцентровий сепаратор

Висновок: доцільність модернізації підлягає перевірці шляхом дипломного проектування, з розрахунком параметричних даних апарату.

Перелік посилань:

1. Д. Л. Рахманкулов, Б. Х. Кимсанов, Р. Р. Чанышев Рецензенты: д. х. н., профессор Мовсумзаде Э. М. д. х. н., профессор Бикбулатов И. Х. Физические и химические свойства глицерина / Д. Л. Рах-Р 27 манкулов, Б.Х. Кимсанов, Р.Р. Чанышев.- М.: Химия, 2003.- 200 с.; ил.

2. Заявка на корисну модель u201907023 Відцентровий сепаратор / В. В. Пінчу, Я.Г. Двойнос; заявник В. В. Пінчук В.В. – № u201907023; заявл. 02.04.2019.

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ КАЛІБРУВАННЯ ТРУБ З ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

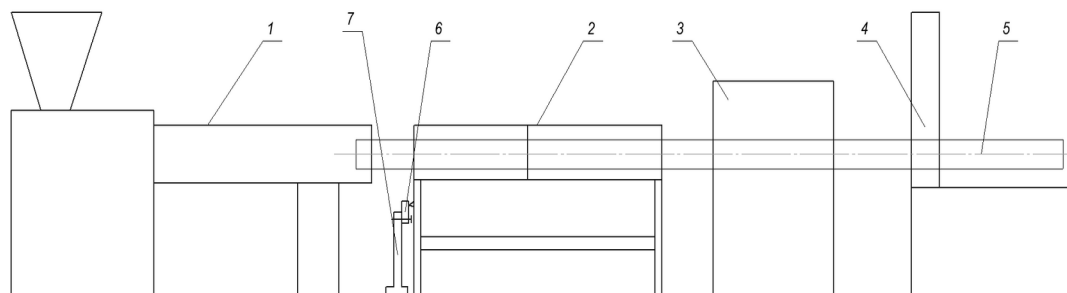
аспірант Подиман Г.С., к.т.н., ст.викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Процес калібрування труб з полімерних матеріалів визначається умовами контакту заготовки розплаву полімеру з внутрішньою стінкою калібратора [1]. Тиск, з яким заготовка притискається залежить від вакууму у калібруючій ванні, та процесу усаджування заготовки при охолодженні та склуванні. Метою моделювання процесу калібрування є забезпечення умов надійного термічного контакту та мінімального притискання для виконання умови міцності і запобігання обриву заготовки.

Експериментальна перевірка адекватності математичної моделі, та коректності її вирішення вимагає фізичного вимірювання зусилля протягування заготовки розплаву полімеру, для чого створено пристрій для експериментальних досліджень в умовах виробництва. Технічна ідея експерименту показана на рисунку 1.



1 – екструдер; 2 – ванна охолодження з калібратором; 3 – тягнуча машина;

4 – пристрій різучий; 5 – полімерна труба; 6 – пристрій для вимірювання зусилля протягування; 7 – опора для пристрою.

Рисунок 1 – Схема організації експериментальних досліджень

Сила протягування полімерної труби визначається непрямим вимірюванням через деформацію конструкції калібруючої ванни.

Механізм вимірювання наступний: зусилля протягування прикладається до калібруючого пристрою, а через нього – до опор ванни. Згинаючий момент, який при цьому виникає, викликає деформацію конструкції калібруючої ванни. Деформація конструкції механічно передається на пристрій для вимірювання зусилля протягування. рисунок 2, вимірювальним елементом якого є тензодатчик.

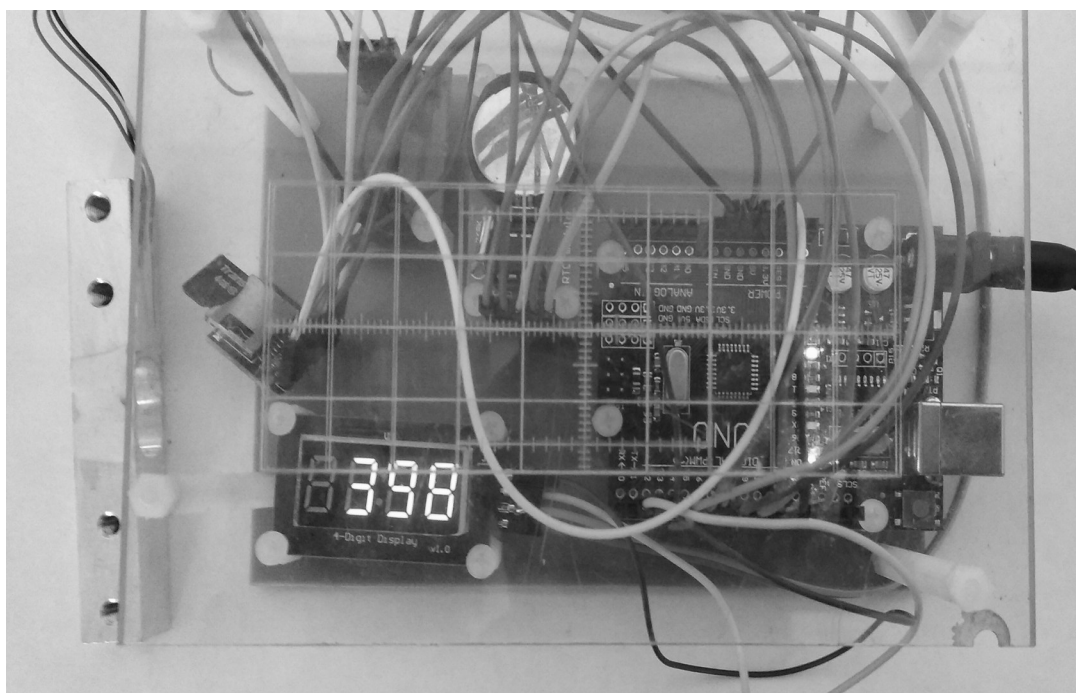


Рисунок 2 – Пристрій для вимірювання зусилля протягування труби, що калібрується

Висновок: запропоновано методику та виготовлено прототип пристрою для вимірювання зусилля протягування при калібруванні труби з полімерних матеріалів.

Перелік посилань:

1. Корнієнко, Я. М. Калібрування труб з поліпропілену [Електронний ресурс] : монографія / Я. М. Корнієнко, Г. С. Подиман, Я. Г. Двойнос ; КПІ імені Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ імені Ігоря Сікорського, 2018 – 101 с.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ГІБРИДНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗНЕСОЛЕННЯ
МОРСЬКОЇ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДЕСТИЛЯЦІЇ
ТА ЗВОРОТНЬОГО ОСМОСУ**

магістрантка Процюк О.О., к.т.н., доц. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Баромембранні процеси, зокрема зворотній осмос, широко використовуються в хімічній промисловості, а також в суміжних галузях, таких як біотехнологічні, фармацевтичні, харчові виробництва, системи водо підготовки та захисту навколишнього середовища [1]. Основною проблемою при експлуатації баромембранних апаратів та установок є явища концентраційної поляризації та утворення осадів на поверхні мембран [3]. Цьому питанню присвячена велика кількість досліджень, однак питанню визначення опору перенесенню маси, обумовленого шаром концентраційної поляризації, приділялося не достатньо уваги.

Це дослідження є продовженням нашої попередньої роботи [3], яка була присвячена розвитку методики експериментального визначення опору шару концентраційної поляризації та встановлення впливу робочих параметрів на значення вказаного опору. Однак в роботі [2] дослідження проводилися при використанні в якості розділюваного середовища розчинів хлориду натрію різних концентрацій, що не дозволяє встановити вплив складу вихідного розчину на величину опору шару концентраційної поляризації. Для оцінки такого впливу було проведено експериментальне порівняння розглядуваного опору для розчинів трьох різних солей.

Як модельне середовище обрано розчини хлориду натрію (NaCl), сульфату магнію (MgSO_4) та нітрату натрію (NaNO_3) з концентраціями 100 та 200 мг/дм³, а також знесолена вода для визначення опору мембрани. Робочий тиск варіювався у межах 0,2–0,6 МПа (рисунок 1).

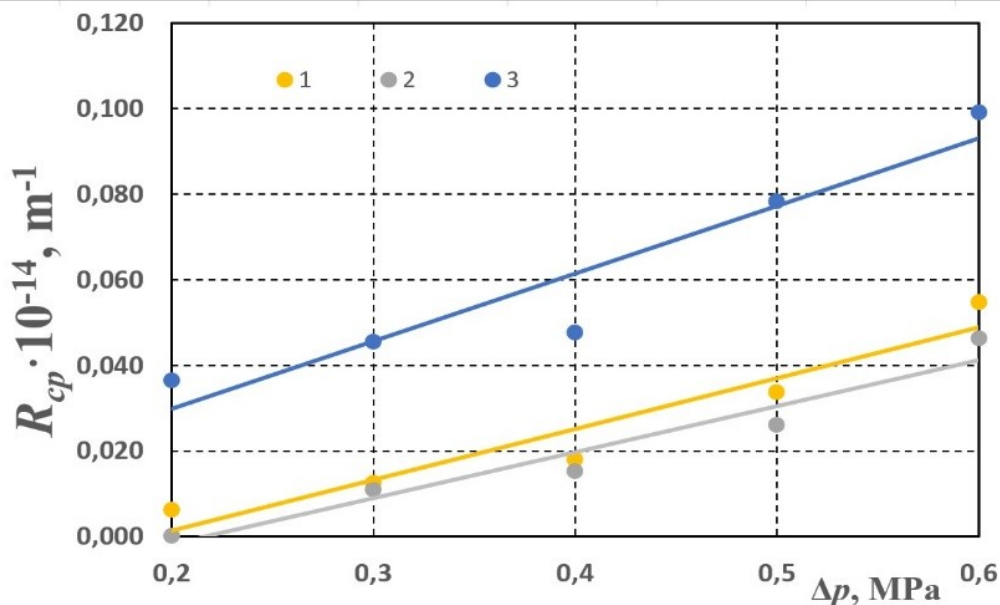


Рисунок 1 - Залежність опору концентраційного шару від прикладеного тиску: 1 - розчин MgSO_4 (100 мг / дм^3); 2 - розчин NaNO_3 (100 мг / дм^3); 3 - розчин NaCl (100 мг / дм^3).

Дослідження проводилися за температур оточуючого середовища $13\text{--}17^\circ\text{C}$. За таких умов опір мембрани залишався постійним, а його середнє значення становило $0,534 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-1}$, тобто ущільнення мембрани не спостерігалось. Окрім того, в умовах проведення експериментальних досліджень підтверджується гіпотеза лінійної залежності опору шару концентраційної поляризації від тиску не лише для хлориду натрію, але й для всіх досліджуваних солей. Також встановлено, що значення опору шару концентраційної поляризації для різних солей відрізнялося не більше, ніж на 10 %.

Перелік посилань:

1. Mulder M. (1996), Basic principles of membrane technology, Dordrecht, Kluwer academic publishers.
2. Shirazi S., Lin C.-J., Chen D. (2010). Inorganic fouling of pressure-driven membrane processes – A critical review. Desalination, Vol. 250 (1), pp. 236-248. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.02.056>
3. Huliienko S. V., Protsiuk O. O., Gatilov K. O., Kaminskyi V. S. (2019), The Estimation of Feed Solution Composition Influence on concentration Polarization Layer Resistance during Reverse Osmosis, Journal of Engineering Sciences, Volume 6; Issue 2, p. F 24-F 29

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ З ПОЛІЕТИЛЕНУ

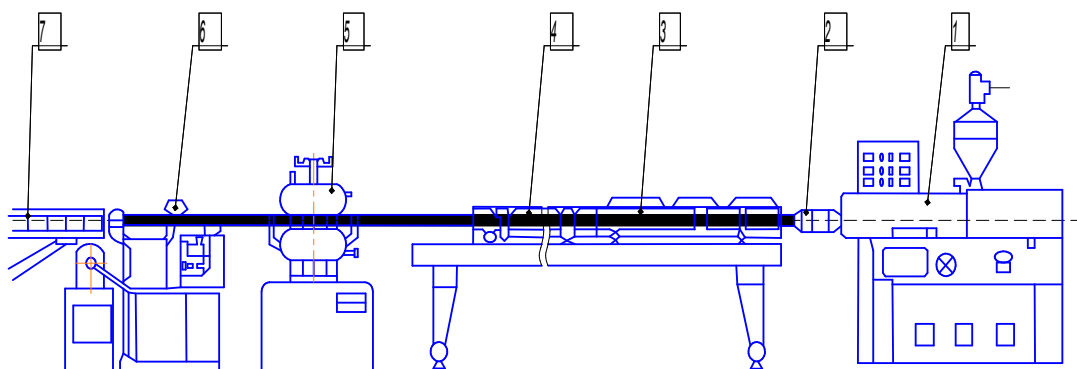
магістрант Рудницький Є.А., к.т.н., ст.викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Зростаючі обсяги виробництва труб з полімерних матеріалів вимагають від машинобудівників постійної модернізації існуючого обладнання, створення більш досконалих методик розрахунку процесів, пов'язаних з виробництвом.

Переважна більшість труб виготовляється з поліетилену високого і низького тиску [1]. Схему трубної лінії для виробництва труб із поліетилену низького і високого тиску, зовнішнім діаметром від 12 до 110 мм представлено на рисунку 1.



- 1 – екструдер; 2 – формуюча головка; 3 – калібратор труби; 4 – ванни охолодження; 5 – пристрій для тяги; 6 – відрізний пристрій;
7 – пристрій складання.

Рисунок 1 – Схема лінії екструзії для виготовлення гладкої труби

Гранульований матеріал, який переробляється, завантажується в бункер екструдера 1 за допомогою дозатора або безпосередньо завантажувачем. З бункера матеріал самопливом потрапляє в витки черв'яка, де під дією тепла від дисипації механічної енергії обертання черв'яка і зовнішнього обігріву нагрівається і плавиться, стискається й гомогенізується.

У формуючій головці 2 формується заготовка труби кільцевого перерізу, яка в калібраторі 3 приймає задану форму і розміри, які фіксуються при охолодженні. Остаточна труба охолоджується водою у ванні (ваннах) 4.

Формуючий інструмент – головка та змінні дорни та матриці, які встановлюють на головку у зоні виходу розплаву і призначені для остаточного оформлення геометричних розмірів трубної заготовки.

Протяжка труби через калібратор і ванни охолодження відбувається пристроєм для тяги 5, різання труби на мірні відрізки проводиться планетарною пилкою 6, відрізки труб складаються в штабелі хитним жолобом 7.

Завантаження матеріалу в екструдери буває як «голодне», так і дозоване. Гранули переробляються на однострув'ячних екструдерах, а порошкоподібні полімери – на двохструв'ячних. Калібрування здійснюється в калібраторі надлишкового тиску, вакуумних або комбінованих, охолодження труби використовується як зовнішнє, так і внутрішнє.

Основними модулями обладнання (технологічними операціями процесу), які визначають якість труби і продуктивність ліній [2] при виготовленні гладких труб, є: екструдер (підготовка розплаву), формуюча головка (формування трубної заготовки), калібратор (формоутворення труби), ванни (охолодження).

Процес охолодження труб з полімерних матеріалів ретельно досліджено та описано [2] для методу занурення, але при використанні охолодження у водяному тумані з дрібних крапель, які утворюються у форсунках, встановлених у ванні процес вивчено недостатньо, тому створення математичної моделі для процесу охолодження труби у потоці газорідної суміші вода-повітря є актуальним, а створення методики розрахунку цих процесів – важливим.

Перелік посилань:

1. Scientific researches and their practical application [web] // Аналіз стану ринку поліетиленових труб в Україні [web]: <https://www.sworld.com.ua/konfer28/715.pdf/> (дата звернення 27 вересня 2019).

2. Радченко Л. Б., Сівецький В. І. Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів. / Навчальний посібник. – К.: Політехніка, 2002р., 149 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА

ЛИСТІВ З ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ПОЛІМЕРІВ

магістрант Рудницький Б.А., к.т.н., ст.викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Листки з термопластичних полімерів широко використовуються як конструкційний матеріал, і мають наступні переваги: вологостійкість, високі тепло– та електроізоляційні властивості. Значна частина цих виробів використовується для термоформування.

Найбільш поширена технологія виробництва листків з термопластичних полімерів, – безперервна екструзія з формуванням заготовки полімеру на гладильних вальцах, або каландрі, яка включає стадії сушки та дозування сировини; плавлення та перемішування у екструдері; формування листової заготовки у плоскощілинній головці; калібрування та охолодження листа у робочих зазорах вальців або каландру; охолодження на рольгангу; різка вздовж кромки; різка впоперек по довжині, складання і пакування.

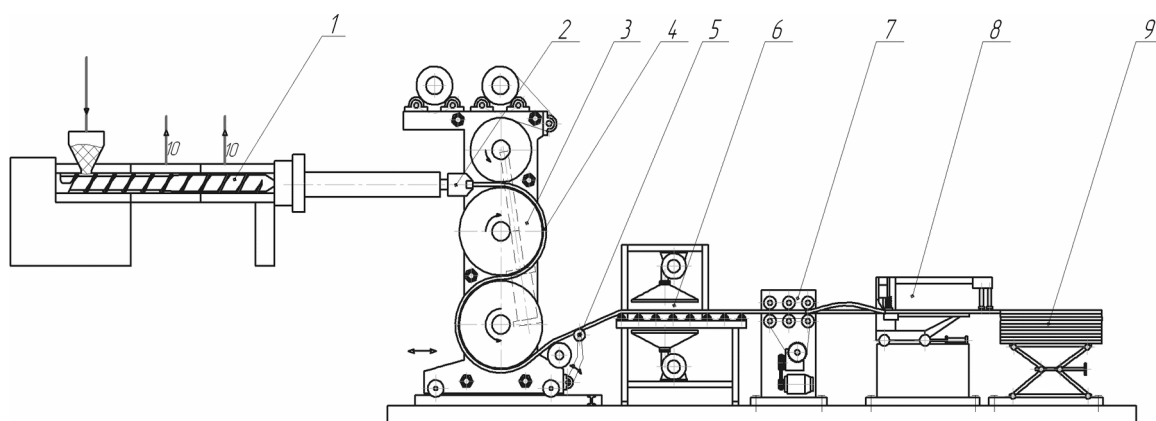
Практично все обладнання є спеціалізованим та високотехнологічним, із підвищеними вимогами до надійності його роботи, оскільки вихід з ладу будь-якого вузла призведе до зупинки всієї лінії.

Особливість переробки термопластичних полімерів полягає також у високому абразивному зносі робочих органів екструдера та головки (міжремонтний період шнеків складає 6000-8000 годин). Сучасні лінії для виробництва листків з термопластичних полімерів мають продуктивність до 2000 кг/год, технології переробки постійно вдосконалюються, а разом з ними і обладнання.

Основними напрямками модернізації таких ліній стали енергоефективність, якість перемішування, точність геометричних розмірів виробу, точність дозування компонентів. Крім того, сучасні лінії мають

можливість ламінувати термопластичний лист безпосередньо на основному каландрі.

Вітчизняна лінія виробництва листів з термопластичних полімерів - ЛДПЛ1000 [2], рисунок 1, має продуктивність до 400 кг/год та ширину листа, що виготовляється – 1000 мм, товщину – до 5 мм, що значно менше за світові зразки.



1 – екструдер; 2 – формуюча головка; 3 – каландр; 4 – листок з полімерного матеріалу; 5 – пристрій різки кромки; 6 – рольганг охолодження листка; 7 – тягнучий пристрій; 8 – пристрій повздовжньої різки; 9 – пристрій штабелювання.

Рисунок 1 – Лінія виробництва листків з термопластичних матеріалів
Збільшення продуктивності лінії вимагає нових підходів у розрахунках обладнання, та створення нових методик моделювання процесів, тому дослідження процесу охолодження листків поліпропілену, та його склування на поверхні валків каландру є важливим і актуальним.

Перелік посилань:

1. Поліпропіленові листи [електронний ресурс] // Корпорація «Унергоресурс-інвест»: [сайт]. м. львів, 2019. – режим доступу : <http://www.energoresurs-water.com/polipropilenovi-listi>.

2. Радченко Л. Б., Сівецький В. І. Основи моделювання і конструювання черв'ячних екструдерів. / Навчальний посібник. – К.: Політехніка, 2002р., 149 с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕГЕНЕРАЦІЇ

ЗАБРУДНЕНИХ МЕМБРАННИХ МОДУЛІВ

магістрант Терещенко І.Ю. к.т.н., доц. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Прісна вода – це один з найважливіших ресурсів. Вона використовується для забезпечення питною водою, що є однією з найважливіших біологічних потреб, а також для виробництва більшості харчових продуктів та напоїв. Але, на сьогодні, проблема дефіциту прісної води через антропогенні та техногенні фактори набуває глобального масштабу. В такій ситуації важливість технологій підготовки прісної води стає все більш значущою [1].

В останні десятиліття мембранні процеси, зокрема зворотній осмос та нанофільтрація, широко використовується для виробництва питної води та очищення води. Широкий діапазон застосувань обумовлюється зменшенням стадій обробки, неперервною та автоматизованою роботою, легким масштабним переходом, високою ефективністю розділення та меншим споживанням енергії порівняно з конкуруючими процесами [1].

Але існує ряд обмежень у розвитку та повномасштабному впровадженню мембранних процесів. Одне з основних обмежень виникає внаслідок забруднення мембран, що спричиняється різними твердими частинками, неорганічними солями, органічними речовинами, що зменшує продуктивність, збільшує необхідний вхідний тиск, погіршує якість продукту та суттєво скорочує строк служби мембран. Було зроблено багато спроб для вирішення цієї проблеми, які включали використання попередньої підготовки, зміну властивостей мембрани, зміну гідродинамічних умов в модулі та процес регенерації мембран [1].

В попередній роботі було розроблено метод регенерації спіральних мембранних модулів з використанням локального закипання при розрідженні

та математична модель, що описує масообмін при розчиненні в каналі спірального мембранного модуля [1, 2]. Ці результати дозволяють розробити математичну модель, яка може передбачати продуктивність мембран після регенерації. При цьому, в математичну модель входить, коефіцієнт масовіддачі, який зазвичай визначають з критеріальних рівнянь. В результаті попередньої роботи було отримано такого рівняння [1]:

$$\text{Sh} = 0,394 \cdot \text{Re}^{0,84} \cdot \text{Sc}^{0,33} \left(\frac{d_e}{L} \right) \quad (1)$$

де $\text{Sh} = \beta d_e / D$ – критерій Шервуда; $\text{Re} = w \cdot d_e \cdot \rho / \mu$ – критерій Рейнольдса; $\text{Sc} = \mu / D \cdot \rho$ – критерій Шмідта; $d_e = 2\delta_c$ – еквівалентний діаметр, м; L – довжина мембранного каналу, м; D – коефіцієнт дифузії, m^2/c ; w – швидкість промивного розчину, м/с; ρ – густина промивного розчину, kg/m^3 ; μ – коефіцієнт динамічної в'язкості промивного розчину, Па·с.

Однак це рівняння отримане лише для однієї солі (хлориду натрію), що не дає змоги встановити вплив складу осаду на інтенсивність масообміну при його вилученні з поверхні мембрани, а відповідно і на тривалість процесу регенерації. Також, це зменшує точність прогнозування продуктивності мембранного модуля після регенерації. Тому уточнення рівняння один з урахуванням можливих варіацій у складі утвореного осаду є доцільним.

Метою даної роботи є встановлення впливу хімічного складу осаду на інтенсивність процесу регенерації.

Перелік посилань:

1. Lialka M., Korniyenko Y., Guliienko S. Mathematical simulation of fouled membrane modules regeneration. *Ukrainian Food Journal*. 2015. Vol. 4. Is. 3. P. 481–493.
2. Korniyenko Y., Guliienko S. Mathematical Model of Dissolving Inorganic Fouling in Spiral Wound Membrane Module. *The Advanced Science Journal*, 2014. Vol. 4. P. 47-50.

УСТАНОВКА ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ФЕРМЕНТЕРА

магістрант Тертус О.Г., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Виробництво дріжджів відноситься до однієї з головних галузей хімічної промисловості та потребує покращення техніки та апаратурного оформлення технологічних процесів. [1].

Для підтримання життєдіяльності мікроорганізмів необхідно живити їх киснем. Завдяки валу перемішувального пристрою виконаного порожнистим із перфорацією у верхній частині, та системі барботування виконаної у вигляді додаткових форсунок, розташованих у верхній частині мішалки, досягається подача необхідного газового середовища в зону перемішування, за рахунок чого прискорюється збагачення зони перемішування киснем, а також позитивно впливає на гідромеханічний процес перемішування фаз [2].

Для попереднього моделювання, на поверхні мішалки було прийнято кількість форсунок – 1, діаметром 5 мм, за даних умов питома площа забезпечення кисневим живленням становить $1/9 \text{ м}^2$, результати моделювання зображено на рисунку 1.

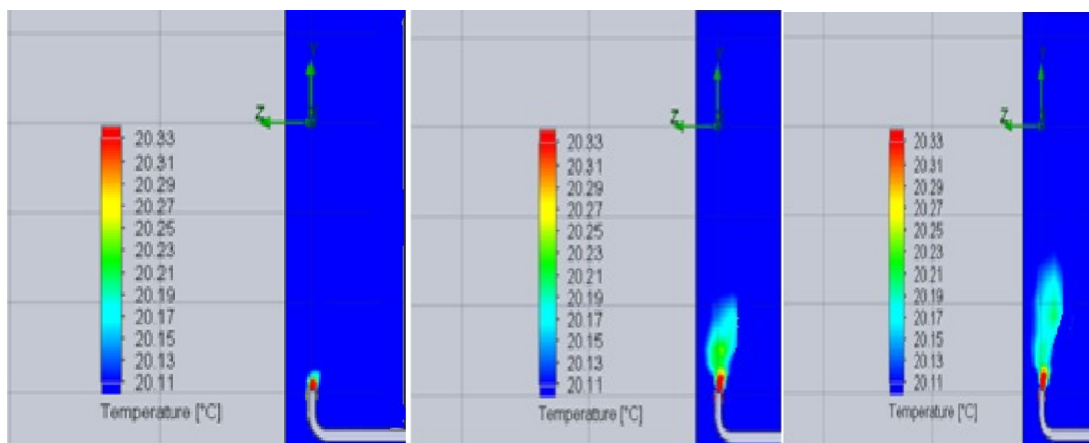


Рисунок 1. - Моделювання форсунок на валу до модернізації

Після чого було проведено моделювання пристрою, запропонованого у патенті, на поверхні лопатей було прийнято кількість форсунок – 5, діаметром 5 мм, за даних умов питома площа забезпечення кисневим живленням становить $1/3 \text{ м}^2$, моделювання зображено на рисунку 2.

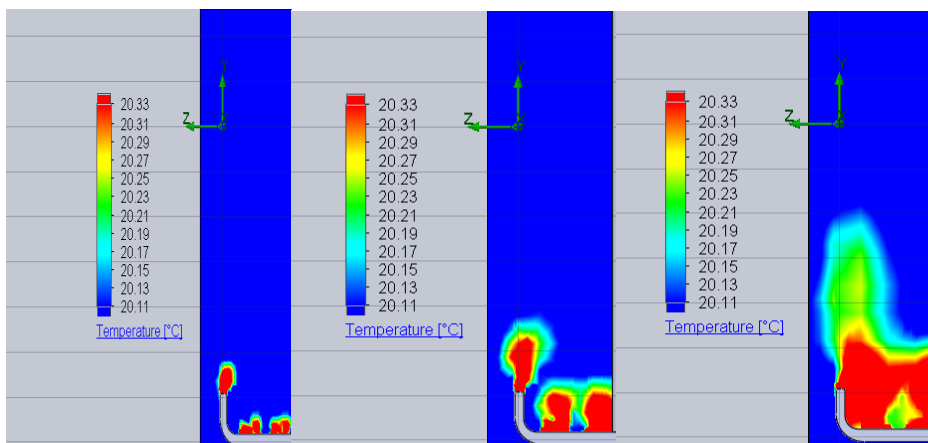


Рисунок 2. - Моделювання форсунки на валу після модернізації

Висновок: Тобто запропонована модернізація забезпечить у 3 рази краще забезпечення кисневим живленням ферментера з одночасним зниженням витрат енергії на перемішування.

Таке поєднання конструктивних елементів дозволяє покращити процес збагачення повітрям рідких сумішей, зробити його рівномірним із одночасним зменшенням втрат енергії на перемішування, адже використовується енергія потоку подачі повітря середовища через додаткові форсунки.

Література:

1. Ковалевский К.А. Технология бродильных производств. Учебное пособие. — Киев: ИНКОС, 2004. — 340 с.
2. Патент України № U135732, МПК С12М 1/02 (2006.01), опубл.10.07.19, Бюл.№13.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МІШАЛКИ З ГНУЧКИМИ СПІРАЛЬНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

магістрантка Тищенко К. В., к.т.н., ст. викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В сучасних конструкціях перемішуючих пристроїв використовуються гнучкі спіральні елементи [1], що дозволяє використовувати пульсаційний режим роботи для самоочищення мішалки, підняття осаду, старту мішалки, що вкрилася осадом або гелем. При збільшенні крутного моменту, який виникає при подоланні гідродинамічного спротиву середовища, що перемішується конструкція такого перемішуючого пристрою деформується у напрямку зменшення габаритних розмірів (спіраль стискається), при цьому відносні деформації і напруження у гнучких елементах знаходяться в області пружних деформацій і руйнування мішалки не відбувається.

Відомі залежності [2] для визначення критерію потужності мішалки не дозволяють моделювати роботу мішалки з гнучкими спіральними елементами в широкому діапазоні швидкостей обертання, тому пропонується використати метод імітаційного моделювання в додатку Flow Simulation середовища SolidWorks, який дозволяє визначити дотичні напруження на поверхні перемішуючого пристрою. Епюра дотичних напружень може бути використана у додатку Simulation середовища SolidWorks для визначення деформацій і напружень в матеріалі конструкції мішалки. Після визначення деформації мішалки необхідно провести уточнений розрахунок для гідродинамічного спротиву середовища деформованій конструкції мішалки.

Для перевірки нової методики розрахунку мішалок з гнучкими спіральними елементами обрано типову конструкцію мішалки з смужки легованої сталі шириною 20 мм, товщиною 1 мм діаметром 230 мм з 5 витками, закрученими по спіралі Архімеду. Модельна рідина – вода за температури 20 град. С, швидкість обертання – 75 радіан за секунду. Результат моделювання наведено на рисунку 1 (епюра напружень та середнє значення для внутрішньої та зовнішньої поверхонь).

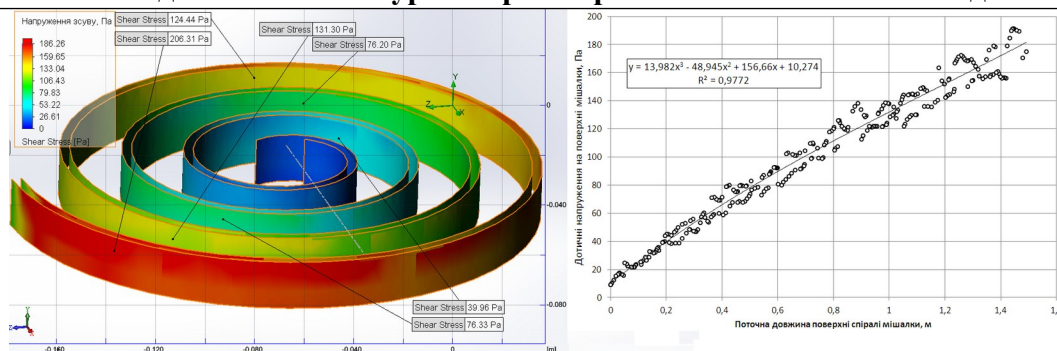


Рисунок 1 – Залежність дотичного напруження на поверхні мішалки, Па від поточної довжини мішалки, м

Загальна деформація спірального елемента за діаметром склала 57,18 мм. Критерій потужності перемішуючого пристрою [2]:

$$K_N = \frac{N}{\rho n^3 d_m^5} = \frac{\omega M}{\rho n^3 d_m^5} = \frac{2\pi M}{\rho n^2 d_m^5},$$

де N – потужність, що споживає перемішуючий пристрій, Вт; ρ – густина рідини, що перемішується, кг/м³; d_m – діаметр мішалки, м, M – крутний момент на валу мішалки, Н·м. Результати розрахунку: для $\omega=10$ $Kn=0,023$, для $\omega=75$ $Kn=0,020$.

Висновок: запропоновано нову методику розрахунку перемішуючих пристроїв з гнучкими спіральними елементами, яка враховує деформації конструкції і дозволяє моделювати роботу такого пристрою у широкому діапазоні гідродинамічних режимів роботи.

Перелік посилань:

1. Лучейко І. І. Розробка змішувальних пристроїв зі спіральними лопатями мішалки / І. І. Лучейко, Т. М. Вітенько // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 16-17 листопада 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — Том 1. — С. 136. — (Сучасні технології в будівництві, машино- та приладобудуванні).
2. Штербачек, П. Тауск. Перемешивание в химической промышленности. Л., Ленинградское отделение Госхимиздата, пер. чешского, под ред. И.С. Павлушенко, 1963 г., 416 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ

магістрант Ткачук М.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою роботи є покращення енергетично-економічних параметрів установки та визначення необхідної довжини барабанної сушарки при збільшені подачі сушильного агента в середину барабану [1].

Недоліком швидкісної сушарки є низька ефективність висушування.

В основу модернізації поставлена задача вдосконалення конструкції барабанної сушарки шляхом збільшення рушійної сили масообміну [2].

Для підтвердження доцільності модернізації, було проведено моделювання процесу сушіння на мові Solid Works, результати моделювання наведено на рисунку 1.

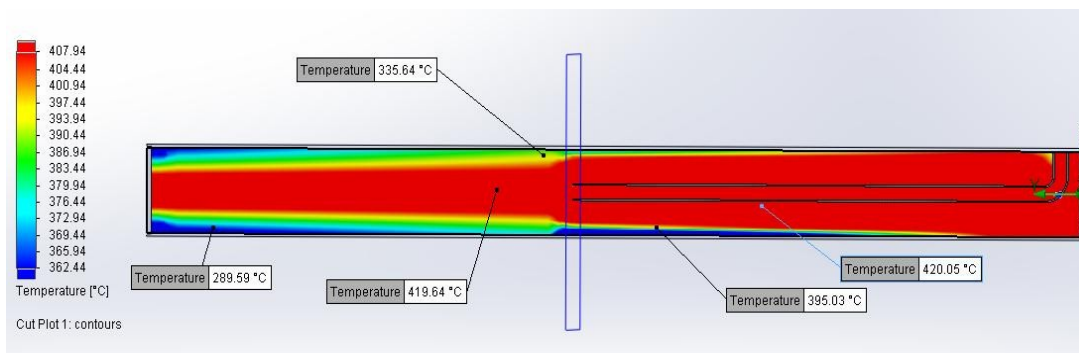


Рисунок 1 – Результати моделювання з трубою додаткового живлення, яка розташована на відстані $\frac{1}{2}$ довжини барабану

Неважко побачити, що з додатковим живленням сушарки, температура всередині залишається сталою по всій довжині барабана.

За результатами моделювання отримали графік (рисунок 2).

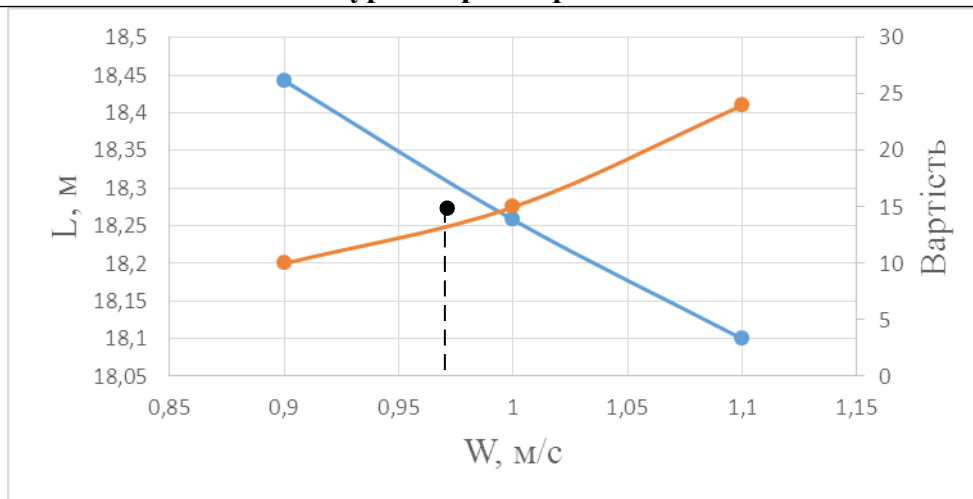


Рисунок 2- Графік залежності довжини барабана до швидкості повітря та ціни

При аналізі графіку було з'ясовано що при збільшенні швидкості повітря в барабані, зменшується розрахункова довжина барабана. При цьому збільшується вартість обладнання, яка складається з експлуатаційних та капітальних витрат, а також збільшується ефективність сушіння в зв'язку зі зменшенням вологовмісту матеріалу.

Висновок: запропонована фізична модель дозволяє визначити необхідну довжину барабана, при якій буде досягнуто потрібну продуктивність сушіння речовини.

Перелік посилань:

1. Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов. - 2-е изд., перераб. и допол. - М.: Легкая и пищевая пр-ть, 1983. - С. 429-430;
2. Патент України UA135867 МПК F26B 11/00 F26B 11/04 опубл. 25.07.2019, Бюл. № 14.

СУЧАСНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОВПАЧКОВИХ ТАРІЛОК МАСООБМІННИХ КОЛОН

магістрант Чайківський К.В., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Тарілчасті колони є найбільш поширеними масообмінними колонними апаратами, які використовуються для проведення процесів ректифікації, абсорбції, десорбції, екстракції. Ковпачкові тарілки, у свою чергу, найчастіше застосовуються через простоту експлуатації і універсальність. Конструкція таких тарілок залежить від особливостей протікання робочого процесу, типу колони і т. ін.

Основні напрямки удосконалення ковпачкових тарілок, які мають місце останнім часом, наведено на прикладі останніх розробок українських спеціалістів.

Для підвищення надійності фіксації елементів контактної пристрою пропонується на внутрішній поверхні бокової частини ковпачка виконувати виступи, які разом з кінцевими ділянками пелюсток утворюють з'єднання типу «твіст-офф» («twist-off»). При цьому ковпачок виконується з можливістю його контакту з полотном тарілки та/або верхньої торцевою поверхнею патрубку (Пат України № 108741 У, МПК (2006.01) B01J 19/30, B01D 3/20, B01D 53/18, опубл. 25. 07. 2016). Така конструкція забезпечує максимально просте виконання монтажу і демонтажу ковпачка шляхом його накладення на патрубок та наступним поворотом, у результаті чого пелюстки патрубку і виступи ковпачка утворюють з'єднання типу «твіст-офф» із щільним приляганням ковпачка до полотна тарілки та/або верхньої торцевої поверхні патрубку, що надійно фіксує елементи пристрою між собою.

Іншим розробником пропонується в нижній частині газового патрубку виконувати наскрізні канали трикутної форми з певним кроком один від

одного, а ковпачок виконувати з можливістю переміщення вздовж газового патрубка (Пат України № 120491 U, МПК (2006.01) B01J 19/32, B01D 3/16, B01D 3/20, опубл. 10.11. 2017). Нове конструктивне виконання газового патрубка і ковпачка спрощує конструкцію, а також забезпечує ефективний барботажний режим роботи тарілки в широкому діапазоні витрат газової фази, інтенсифікуючи цим масообмінний процес. При цьому здійснюються відкриття наскрізних каналів патрубка в разі підвищення тиску газової фази. Це запобігає утворенню малоефективного струминного режиму руху газового потоку в шарі рідини, що рухається по тарілці і, таким чином, забезпечує високоефективний бульбашковий режим.

Для підвищення ефективності роботи ректифікаційної колони зовнішню поверхню ковпачків обладнують спіралями, які розміщуються від початку до кінця ковпачка (Пат України № 114294 U, МПК (2006.01) B01D 3/14, опубл. 10. 03. 2017). В цьому випадку парорідинна суміш, виходячи з-під ковпачка проходить певний шлях під спіралями, що знаходяться на межі парового і рідкого середовищ, барботує в рідину поза ковпачком по всьому периметру крайок кожної спіралі. Через те, що периметр спіралі більше довжини горизонтальної кромки прорізи, буде збільшуватися довжина шляху і поверхня фазового контакту, що є основним чинником підвищення ефективності процесу масообміну в ректифікаційній колоні в цілому.

Іншим шляхом підвищення ефективності роботи ректифікаційної колони може бути встановлення ковпачків, які мають різні розміри прохідних отворів для рівномірного розподілу рідини по об'єму масообмінної тарілки та запобігання утворенню пристінного ефекту рідиною (Пат України № 115606 U, МПК (2017.01) B01D 3/00, (2006.01) B01D 3/20, опубл. 25. 04. 2017).

Перспективним є проведення подальших дослідних робіт з метою полегшення монтажу і демонтажу тарілок, а також збільшення діапазону їх стійкої роботи.

УДК 661.525.3

РОЗРОБЛЕННЯ МЕМБРАННОГО АПАРАТА ТА БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА НІТРАТУ АМОНІЮ

магістрант Шахунов М.О. к.т.н., доц. Гулієнко С.В.

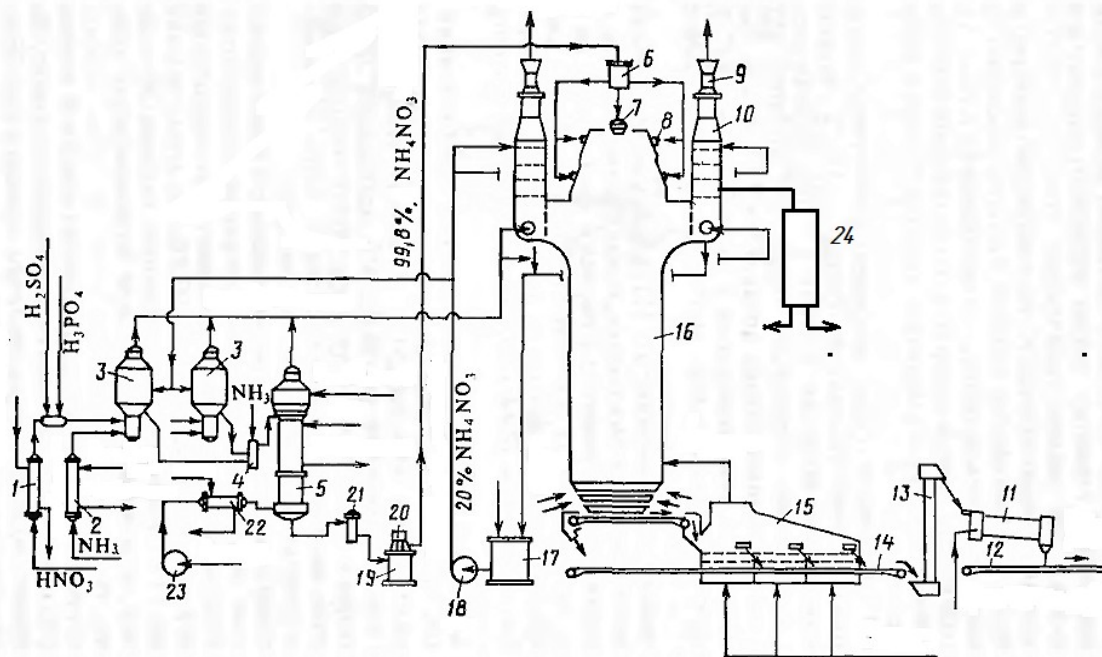
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Азотні мінеральні добрива є одним із найважливішим їх видів. Вони включають в себе: нітрат амонію (аміачну селітру), карбамід, сульфат амонію, водні розчини аміаку, тощо. Азот виконує важливу роль у життєдіяльності рослин: він входить до складу хлорофілу, що є акцептором сонячної енергії, і білка, необхідного для побудови живої клітини. Азотні добрива відрізняються вмістом в них азоту, формою сполук азоту (нітратні, амонійні, амідні), фазового стану (тверді та рідкі), розрізняють фізіологічно кислі та фізіологічно лужні добрива.

Нітрат амонію, або аміачна селітра, NH_4NO_3 - кристалічна речовина білого кольору, що містить 35% азоту в амонійній і нітратній формах, обидві ці форми азоту легко засвоюються рослинами. Гранульовану аміачну селітру застосовують у великих масштабах перед посівом і для всіх видів підкормки. Також її використовують для виробництва вибухових речовин, але в значно менших масштабах.

Для отримання нітрату амонію, що практично не злежується, застосовують ряд технологічних прийомів. По-перше, гранулювання. Сумарна поверхня однорідних гранул менше поверхні такої ж кількості дрібнокристалічної солі, тому гранульовані добрива повільніше поглинають вологу з повітря. Іноді нітрат амонію сплавають з менш гігроскопічними солями, наприклад, сульфатом амонію, фосфатами амонію, хлоридом калію, нітратом магнію. Схема отримання нітрату амонію зображена на Рис.1.



1 – підігрівач кислоти; 2 – підігрівач аміаку; 3 – апарати ІТН;
4 – донейтралізатор; 5 – випарний апарат; 6 – напірний бак; 7, 8 – гранулятори; 9, 23 – вентилятори; 10 – промивний скрублер; 11 – барабанна сушарка; 12, 14 – транспортери; 13 – елеватор; 15 – апарат киплячого шару; 16 – грануляційна башта; 17 – збірник; 18, 20 – насоси; 19 – бак для плаву; 21 – фільтр для плаву; 22 – підігрівач повітря; 24 – мембранний апарат.

Рисунок 1 – Схема агрегату нітрату амонію (аміачної селітри) АС-72

Підбиваючи підсумки, можна сказати, що барабанна сушарка 11 виконує важливу функцію в процесі виробництва, тому їх модернізація є актуальною задачею. Крім того, для забезпечення більшої економічної та екологічної ефективності установки в схему доцільно включити мембранну установку 24 для очищення стічних вод грануляційної башти 16.

Перелік посилань:

1. Кутепов А. М., Бондарева Т. И., Беренгартен М. Г. Общая химическая технология 2-е изд., испр. и доп., М.: Высшая школа, 1990, с. 452.

**ПРИНЦИПИ ВИРОБНИЦТВА
ГРАНУЛЬОВАНИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**
магістрант Яцюк І.О., аспірант Гоцький Я.Г., к.т.н. доц. Степанюк А. Р.
**Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

Україна відноситься до однієї з провідних країн по виробництву та продажу сільськогосподарської продукції. На минулий рік товарна частка експортованої рослинної сільськогосподарської продукції становить 17,8 % до загального обсягу зовнішньої торгівлі України, з них 13,3 % складає експорт зернових культур [1]. Для забезпечення потреб внутрішнього споживання та експорту продукції АПК в Україні вирощуються в значних кількостях олійні та злакові культури. Однак надмірне вирощування таких культур призводить до серйозного виснаження ґрунтів. Для збереження стабільного збору урожаю щорічно аграрії вносять велику кількість мінеральних добрив, що є нераціональним використанням мінеральних ресурсів.

Однак, мінеральні добрива мають ряд значних недоліків, таких як: низький коефіцієнт корисної дії, низька засвоюваність корисних компонентів. Також надлишкове використання мінеральних добрив призводить до підвищення концентрації мінеральних солей у ґрунті, внаслідок чого руйнується структура ґрунту, в овочах накопичуються шкідливі для здоров'я нітрати та фосфати.

Більш раціональним є застосування комплексних органо-мінеральних добрив, що містять в своєму складі азот, фосфор та органічні гумінові сполуки. Органічною сировиною для виробництва даних видів добрив може бути торф, буре вугілля, лігнін і інші органічні рештки та відходи аграрних і харчових виробництв [2].

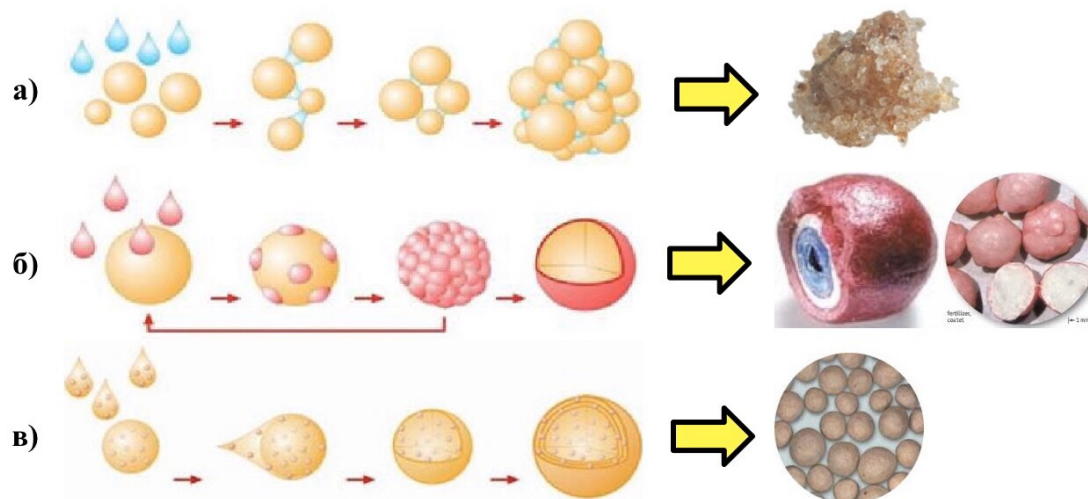
Застосування гранульованих органо-мінеральних добрив дозволяє найбільш ефективно та при цьому безпечно для навколишнього середовища підвищити родючість ґрунту, забезпечити рослини найважливішими поживними елементами. Також великою перевагою гранульованих добрив є їх зручне застосування, зберігання та транспортування.

Для гранулювання застосовують гранулятори барабанного, тарілчастого, вібраційного та псевдозріженого шару. Останній тип гранулятора дозволяє отримати гранули з пошаровою структурою за допомогою диспергування рідкої фази в двофазну систему: зернистий

матеріал – газовий теплоносіє, завдяки дії адгезійно-сорбційних сил суміш утримується на поверхні твердих частинок у вигляді надтонкої плівки, до якої від нагрітих твердих частинок і газового теплоносія підводиться енергія.

Розчинник випаровується і на поверхні твердих частинок утворюється тонкий шар з мікрокристалів мінеральних речовин та осаджених між ними колоїдних часток гумінових сполук [3, с. 29].

Поширені механізми грануляції зображено на рисунку 1 [4].



а) агломерація; б) капсулювання; в) нашарування гомогенних та гетерогенних систем

Рисунок 1 – Найбільш поширені механізми грануляції

Процес кристалізації впливає на фізико-механічні властивості отриманого гранульованого продукту, при цьому в грануляторі відбуваються складні процеси взаємодії різних фаз та компонентів. Подальшою задачею є вивчення та дослідження процесів утворення гранул та розробка методів впливу та поліпшення даних процесів.

Перелік посилань:

1. Товарна структура зовнішньої торгівлі у січні–липні 2018 року [Електронний ресурс]. <http://www.ukrstat.gov.ua/operativ> від 25.10.18 р.

2. Корнієнко Я. М., Мельник М. П., Мартинюк О. В. – Струменевопульсаційний режим псевдозрідження. / Монографія [Електронний ресурс]. – Київ : НТУУ «КПІ» 2013. – 235 с.: іл.

3. Корнієнко Я. М., Сачок Р. В. – Процес гранулоутворення мінерально-гумінових добрив / Монографія. [Електронне видання]. – Київ : НТУУ «КПІ» 2014. – 158 с.: іл.

4. Continuous Technologies [Електронний ресурс]. http://www.glatt.com/fileadmin/user_upload/content від 02.05.2017 р.

**Визначення сили поверхневого натягу перліту
та оцінка її впливу на процес спучування перліту
Цюпляшук А.М., Костогриз К.П., Роман С.М.
Інститут газу НАН України, м. Київ, Україна**

Перліт, природне вулканічне скло, після спучування використовується як теплоізоляційний матеріал в будівельній галузі, а також у виробництві сферопластиків, полегшених бурових розчинах, теплоізоляційних безообпалювальних матеріалах, емульсійних вибухових сумішах і багатьох інших високотехнологічних матеріалах. Основними його перевагами, порівняно з іншими ізоляційними матеріалами, є екологічність, низька насипна густина та вогнестійкі властивості. В останні кілька років перліт широко використовується у гіпсокартонних виробках та сухих будівельних сумішах.

Для одержання з перліту мікрокульок із заданими властивостями та якісними характеристиками необхідно вести термообробку дрібної (160÷200 мкм) фракції сировини. Це можливо зробити в апаратах псевдозрідженого шару інертного матеріалу (ПШ ІМ), завдяки високій інтенсивності тепло- і масообміну, коли до променевої та конвективної складової додається ще й кондуктивна. У високотемпературному (900÷1000 °С) ПШ коефіцієнт тепловіддачі до частинок матеріалу (160-200 мкм) досягає 1000 Вт/м²·К, що забезпечує процес їх рівномірного спучування та одержання круглих частинок із закритою пористістю – мікрокульок з заданими характеристиками.

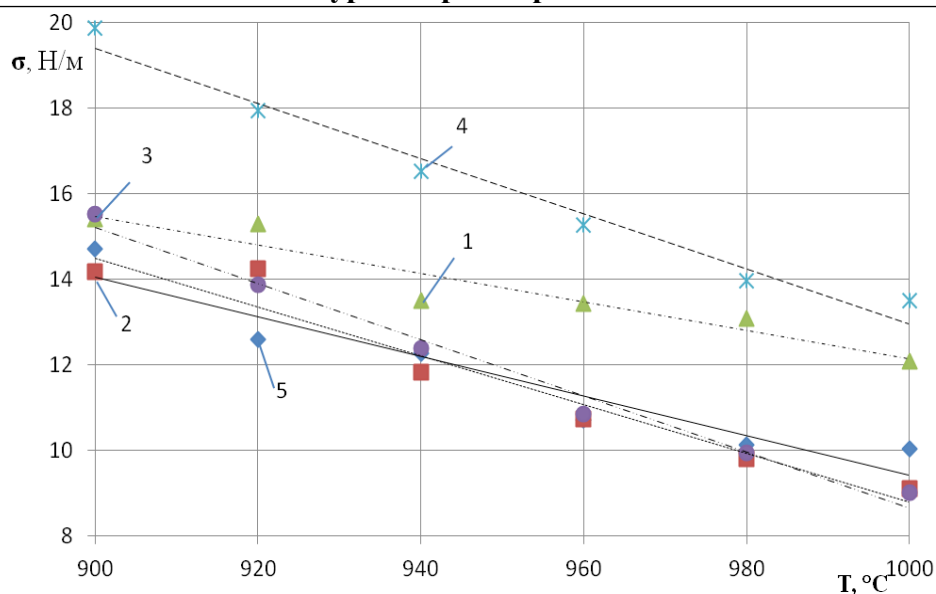
В процесі спучування перліт переходить у в'язкопластичний стан при температурі понад 650 °С. А в [1, 2] визначено, що значний вплив на процес спучування дрібнодисперсного перліту в ПШ ІМ має сила поверхневого натягу пластичного матеріалу σ , яка в свою чергу залежить від питомого вмісту газотворювача – спучуючого агента, котрий, в свою чергу, залежить від кількості зв'язаної в матеріалі вологи X.

Силу поверхневого натягу пластичного матеріалу ми визначали непрямим методом із серії спеціальних експериментів з перлітом різних родовищ та розмірів вихідних фракцій матеріалу при T = 900÷1000 °С. Еквівалентний діаметр частинок визначали як добуток середньозваженого діаметра на коефіцієнт форми [1, 2]. В експериментальних дослідженнях використовувався перліт з п'яти різних родовищ, відмінного хімічного складу [3].

В графічному вигляді залежність сили поверхневого натягу перлітів різних родовищ від температури наведено на рис.

З графіка можна відмітити, що з ростом температури у вибраному діапазоні температур сила поверхневого натягу розм'якшеного перліту зменшується майже лінійно. Перліти різних родовищ відрізняються вмістом оксидів лужних металів (хімічних сполук, що відповідають за процес пом'якшення вулканічного скла), від яких залежить розташування кривої на графіку.

Для турецького перліту сила поверхневого натягу коливається в межах від 14,7 Н/м до 10,03 Н/м, в той час як для берегівського перліту це значення значно вище – 15,39 ÷ 12,09 Н/м. Значні ж розбіжності у арагацького перліту $\sigma = 19,88 \div 13,5$ Н/м. Експериментально встановлено, що мінімальне допустиме значення $\sigma = 10$ Н/м так як подальше зниження цього значення призводить до руйнування мікрокульок з підвищеним утворенням пиловидної фракції. Наявність дрібного перлітового пилу в шарі інертного матеріалу при температурі 900÷1000 °С може призвести до утворення агломератів, що в свою чергу призводить до падіння якості одержуваної продукції.



Залежність сили поверхневого натягу вулканічного скла від температури (розмір фракції вихідного матеріалу 160 ÷ 200 мкм):

- 1 – перліт берегівський (X = 5,2 %); 2 – перліт параванський (X = 3,9 %);
3 – перліт мухор-галлінський (X = 3,0 %); 4 – перліт арагацький (X = 3,6 %);
5 – перліт турецький (X = 3,8 %).

Для одержання міцного матеріалу, але і з більшою насипною густиною, необхідно проведення попередньої термопідготовки перліту [4]. У наших дослідках після термопідготовки берегівського перліту фракції 160 ÷ 200 мкм при температурі 300 °С втрати маси матеріалу при прожарюванні знизились з 4,34 % до 2,28 %, а питоме газовиділення з 1,4% до 0,7% при спучуванні за температури 960 °С. Завдяки цьому, коефіцієнт спучування знизився з 5,7 до 2,9. Відповідно, через збільшення товщини стінки мікрокульки, зросла гідростатична міцність до 18,5 МПа та насипна густина до 330 кг/м³.

Таким чином, перліти різних родовищ можуть заповнити ресурсну прогалину для збільшення і здешевлення виробництва дрібних (160 ÷ 200 мкм) мікрокульок, котрі застосовуються як наповнювачі в різних галузях промисловості. А компактні та енергоефективні апарати з ПШ ІМ доцільно застосовувати в таких технологіях.

Перелік посилань:

1. Ю.І. Хвастухін, К.П. Костогриз, С.М. Роман, А.М. Цюпяшук Получение мелкозернистого легковесного наполнителя для ячеистых бетонов в псевдоожигенном слое. – Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка, 2011, №40. – С. 190-197.
2. Ю.І. Хвастухін, К.П. Костогриз, С.М. Роман, А.М. Цюпяшук Получение эффективного теплоизоляционного материала – микросфер из вулканического стекла в псевдоожигенном слое. – Энерготехнологии и ресурсосбережение, 2011, №4. – С. 30-34.
3. Л.В. Алексеева Технологические особенности производства вспученного перлита из сырья различных месторождений. – Строительные материалы и изделия, 2005, №6(34). – С. 25-29.
4. Ю.І. Хвастухін, К.П. Костогриз, С.М. Роман, Л.В. Алексеева Кинетика дегидратации перлита в псевдоожигенном слое. – Строительные материалы и изделия, 2007, №3-4. – С. 19-24.

**ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІДЦЕНТРОВИХ
НАСОСІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ
ПЕРЕКАЧУВАННІ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ І МІЮЧИХ РОЗЧИНІВ**

гол. технолог Щепкін В.І.¹, к.т.н., с.н.с. Целень Б.Я.¹,
д.т.н., проф. Іваницький Г.К.², к.т.н., пр.н.с. Коник А.В.¹,
к.т.н., с.н.с. Недбайло А.Є.¹ к.т.н., с.н.с. Радченко Н.Л.¹

¹Інститут технічної теплофізики НАН України

²КПІ ім. Ігоря Сікорського

Особливості умов роботи, вимоги до надійності і безпеки та інші специфічні вимоги до насосів технологічних систем харчової промисловості виділяють насосне устаткування молочної промисловості в самостійну галузь загального насособудування. Розробка та виробництво нового устаткування для харчової промисловості, включаючи насоси для перекачування молочних продуктів і миючих розчинів постійно розвивається і базується на нових досягненнях науки і техніки. Підвищення вимог до якості і безпечності продуктів визначають вимоги до контролю якості на всіх стадіях проектування, розробки, виготовлення насосного устаткування для молочної промисловості.

Основи теорії і практики відцентрових насосів закладені в монографії Н. М. Синева і П. М. Удовиченка, В. М. Івченка, О. В. Яременка, Ю. О. Шурчкової присвячених дослідженню та впровадженню у виробництво нового класу устаткування.

Авторами ставилась задача модернізації відцентрового насоса для перекачки молочних продуктів розробленого Інститутом технічної теплофізики НАН України з метою розширення сфери його застосування насоса і підвищення ККД.

В конструктивному виконанні досліджуваний відцентровий насос є одноступеневим горизонтальним апаратом з кільцевим корпусом в моноблочному виконанні. Насос і електродвигун з'єднані фланцевим з'єднанням в моноблок, вал насоса жорстко з'єднаний з валом

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
електродвигуна. В ущільненні валу встановлені подвійні торцеві ущільнення з пружиною між ними, що охолоджуються заторною водою. Проточна частина насоса, контактуюча з харчовим продуктом, виконана з нержавіючої сталі і складається з робочого колеса, вхідного та напірного патрубків виконаних у вигляді конфузорного осьового патрубка.

Розроблений відцентровий насос для перекачування молочних продуктів використали як базовий апарат для проведення досліджень з метою застосування насоса даного типу для перекачування миючих розчинів.

Для дослідження спроектовано та виготовлено два модельних робочих колеса у вигляді ввігнутого диску з лопатями потрійної кривизни і циліндричними. Лопаті потрійної кривизни виконані у вигляді відрізка з кутами перегину 15° , товщиною 3 мм і шириною 60 мм з переходом до 20 мм біля ступиці на виході колеса. Циліндричні лопаті виконані товщиною 3 мм і шириною 40 мм по всій довжині. Ширина каналів на виході колеса при 8 лопатях – 65,7 мм, при 4 лопатях – 134,6 мм. Збірна конструкція робочого колеса забезпечує можливість зміни кількості лопатей від 8 до 4 шт. Лопаті закріплюються на диску різьбовими з'єднаннями.

Дослідження проводили на герметичному стенді для дослідження насосів на гарячій воді, що складається з насоса, заспокоювача-сепаратора об'єднаного з охолоджувачем, теплообмінника, запобіжних клапанів, бачка для збору повітря, вакуумного насоса, термометра, резервної мірної ділянки для вимірювання продуктивності насоса, трубопроводу і пристроїв гідравлічного керування. Стенд оснащений вимірювальними пристроями у вигляді звужуючого сопла і розрахованого на подачу до $40 \text{ м}^3/\text{год}$. На вхідній і напірній ділянках трубопроводів встановлені манометри для вимірювання тиску.

Встановлено, що стабільна робота насоса в режимі, близькому до критичного, можлива тільки у випадку звуження каналу турбіни. Також при збільшенні розрідження знижується кавітаційний запас, що наближує режим роботи насоса до критичного.

UDK 534-143

ORIGINAL TECHNOLOGY OF WATER PROCESSING IN HYDROPONIC SYSTEM

Dr. Sc. , Senior Scientist Dubovkina I.

Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine

At the present time the agriculture and food industry are measured as one of the largest sectors international with significant contribution to the economic development. Use of safety modern technologies gives the potential to reduce the energy and recourses consumption of food production. The production of vegetables, fruits, herbs and other agricultural plants by the method of hydroponic are flattering more popularity.

The main features of hydroponics growing are:

- the plant growth medium or without it;
- water solution (water, nutrients, and fertilizers)[1].

The growing medium is an inert substance that doesn't supply any nutrition to the plants. All the nutrition comes from the nutrient solution (water and fertilizer combined)[2]. Growing medium is the material in which the roots of the plant are growing. This covers a vast variety of substances which include: Rockwool, perlite, vermiculite, coconut fiber, gravel, sand and many more.

The most important dissimilarity in hydroponic fertilizers is that they contain the proper amounts of all the essential micronutrients which fertilizers intended for use with soil do not[3]. The control of potential of hydrogen is extremely important. Therefore pH control is a requirement in hydroponic solutions, because the plant growth depends on this. The pH range from 5,0 to 7,9 is most favorable for the availability of nutrients from most water nutrient solutions.

The purpose of this research work is to process water in hydroponics system by original method such as alternating impulses of pressure and investigate change of the potential of hydrogen in the hydroponic.

This research investigation was carried out at the pilot unit designed and created by the scientists at the Institute of Engineering Thermophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, the main equipment of the unit give possibility to realize hydrodynamic processing, such as alternating impulses of pressure[4].

Through the dispensation of water processing in the conditions of alternating impulses of pressures the main parameters of the equipment represented: $\Delta P = 370$ kPa near an external surface of an internal rotor; $\Delta P = 240$ kPa near an external surface stator; $\Delta P = 155$ kPa near an internal surface stator; $\Delta P = 190$ kPa near an internal surface of an external rotor[5]. The changing of dispersion of components shows on fig.1, besides the pH was changing too.

Through researches were processed different types of hydroponic: alkaline water and water with low pH. The pH can decrease and increase after processing. The pH of the water prepared on technology by alternating impulses of pressure for hydroponic system in alkaline water decreased on 22-26% and increased on 22-24%.

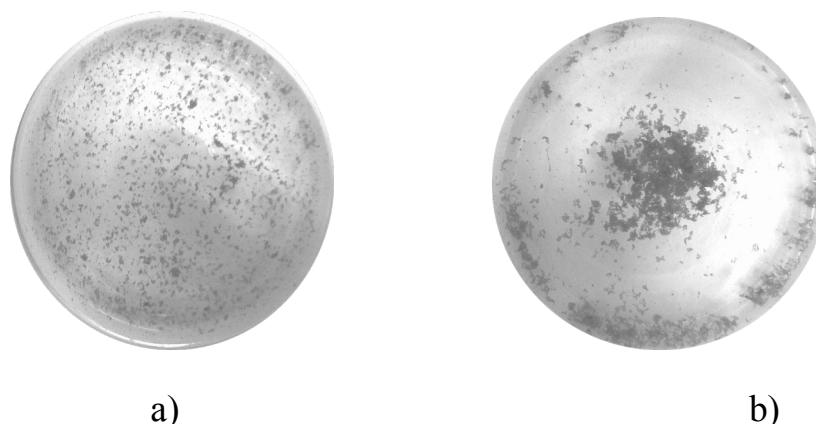


Fig. 1 – Processed water in hydroponic system:

a – the time of processing is 30s without vacuumization; b - the time of processing is 30s without vacuumization

Such changes of pH give potential to obtain water for hydroponic with improved physical and chemical properties that need crops for intensive and safety growing.

Investigational studies have shown that the method of the alternating impulses of pressure may be suitable for technology of water treatment in recirculation hydroponics system.

A detailed analysis of experimental data showed that the use of alternating impulses of pressure in hydroponics system allows obtaining solutions with improved physical and chemical parameters.

As a result of research, it was found that the original safety technology of water processing by alternating impulses of pressure can greatly reduce energy, power and resource consumption, increase efficiency of the growing crops.

References

1. Matthew T. Murphy, Fannie Zhang, Yukiko K. Nakamura, Stanley T. Omaye (2011), Comparison between Hydroponically and Conventionally and Organically Grown Lettuces for Taste, Odor, Visual Quality and Texture: A Pilot Study, *Food and Nutrition Sciences*, Volume 2, p. 124-127
2. Drew N. Buchanan, Stanley T. Omaye (2013), Comparative Study of Ascorbic Acid and Tocopherol Concentrations in Hydroponic- and Soil-Grown Lettuces, *Food and Nutrition Sciences*, Volume 4, p. 1047-1053
3. Mamta D. Sardare, Shraddha V. Admane (2013) a Review on Plant without Soil – Hydroponics, *International Journal of Research in Engineering and Technology* Volume 2, Issue 3, p. 299-304
4. Dubovkina I. (2015), Features of carrying out of mixing of water and spirit in the conditions of alternating impulses of pressure, *Technology audit and production reserves*, Volume 6/1(26), 42-45
5. Dubovkina Iryna (2017) Change of physical and chemical parameters of the liquid binary systems by alternating impulses of pressure, *Ukrainian Food Journal*, Volume 6, Issue. 1, p. 142-154.

УДК.624.21

**НОВІТНІ НАПРЯМИ ЗАСТОСУВАННЯ ОРТОТРОПНИХ ПЛИТ У
ТРАНСПОРТНОМУ БУДІВНИЦТВІ**

к.т.н., доц. Рубльов А.В

Національний транспортний університет

Сучасні напрями в будівництві металевих мостів характеризуються прагненням до економії металу та зниженню трудовитрат при виготовленні та монтажі прогонових будов. Це може бути досягнуто використанням легованих сталей підвищеної міцності, застосування зварювання при монтажі, застосування ефективних типів монтажних з'єднань, впровадження новітніх, прогресивних, економічних систем прогонових будов.

Одним з напрямів в проектуванні та будівництві прогонових будов металевих мостових споруд є ортотропні плити, які є надзвичайно ефективними для міських та комбінованих мостових систем транспортного будівництва. Такі конструкції одночасно виконують декілька функцій:

є несучим настилом мостового полотна;

повністю або частково виконують функцію поясів головних балок або ферм;

дозволяють виключити необхідність застосування в рівні їх розташування поздовжніх зв'язків прогонової будови.

Базуючись на принципових питаннях методології конструювання, проектування, монтажі та експлуатації ортотропних плит, особлива увага досліджень приділяється перспективній зміні умов їх застосування в часі або навіть при зміні розрахункової схеми об'єкту. Враховуються як процеси розвитку деформацій залежать від зміни фізико-механічних властивостей матеріалу (на кшталт корозійних процесів в ході експлуатації, тощо), так і зміна проектних навантажень з плином часу. Треба відмітити, що основні нормативні документи з освітлення цього питання сформовано наприкінці ХХ сторіччя, а в останні роки процеси підходу вирішення задач в будівництві приймають кардинальні зміни.

ОТРИМАННЯ ВИСОКОРЕАКЦІЙНОГО ВАПНА У АПАРАТІ З ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ

Жайворонок В.А., Костогриз К.П., Роман С.М., Хвастухін Ю.І.
Інститут газу НАН України, м. Київ, Україна

В Україні за рік видобувається близько 13 млн. тонн вапняку і виробляється біля 3 млн. тонн вапна. До 30 % матеріалу що видобувається у вигляді дрібної породи та пилу залишається у кар'єрі та йде у відвал або реалізується за невеликі кошти як засипний матеріал для місцевих потреб.

В процесі випалу вапняку у шахтній або обертовій печі утворюється велика кількість «перепаленого вапна», матеріалу, з дуже великим часом гідратації для утворення $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Цей неякісний матеріал складає до 22% від загальної маси гідроксиду кальцію після гашення, та має наступних хімічний склад: $\text{CaCO}_3 \sim 30 - 35 \%$, $\text{CaO} + \text{Ca}(\text{OH})_2 - 55 \%$, інше - 10 %. Утворення, в процесі випалу, як погано розчинного CaO , так і невипаленого CaCO_3 пояснюється дуже великими розмірами шматків вапна, що спричиняє нерівномірність температурних полів у оброблюваному матеріалі та ускладнює дифузію CO_2 на поверхні.

Таке неефективне використання сировинних ресурсів, а також потенційна потреба великих енергетичних установок у високореакційному вапні для систем очистки димових газів від сірки зумовили необхідність розробки технології, яка б дозволила оброблювати дрібнодисперсний вапняк, з отриманням якісного продукту при мінімізації енергетичних витрат.

У табл.1 [1] зведено дані за кількома основними характеристикам класичних апаратів для випалювання вапняків. Шахтні печі хоч і мають найбільшу енергетичну ефективність, але не можуть працювати на дрібнодисперсному сировинному матеріалі та забезпечувати його рівномірний випал. Співробітниками Інституту газу НАН України було запропоновано, для випалювання дрібнодисперсного вапняку, використовувати псевдозріджений шар з інертним зернистим матеріалом (ПШ ІМ), який було апробовано при спучуванні дрібнодисперсної пиловидної фракції перліту.

Таблиця 1 – Зведені характеристики промислових печей для випалу вапняку

Показник		Тип апарату				
		Шахтні печі		Обертові	ПШ	Циклоні
Продуктивність	т/добу	100/200	100/200	50-1000	200-1000	9-10
Питомі витрати теплоти	кДж/кг	3770	5450	7370-8450	4720	4820
Розміри частинок (фракційно)	мм	50 – 100 – 100 –	50 – 100 – 100 –	0,09-2,5 19-57,2	0,2-0,6 0,2-3 3-12	< 3

		150	150		12-25	
--	--	-----	-----	--	-------	--

Швидкісне випалювання дрібнодисперсного вапняку було проведено на дослідній установці Інституту газу НАН України КС-07 [2]. В якості матеріалу, що досліджувався використовувався вапняк з вихідною порозністю $\varepsilon_0 = 0,6$ з вмістом карбонату кальцію 96%. Було отримано, відносно велику ступінь випалу дрібнодисперсних частинок вапняку до 80 %, навіть при малій висоті псевдозрідженого шару. Для перевірки ефективності утворення розвиненої поверхні пор у вапна одержаного за новою технологією швидкісного випалу дрібнодисперсного вапняку було проведено дослідження з визначення питомої поверхні та об'єму пор у дослідних зразків та порівняно зі зразками вапна, що випускається за традиційними технологіями, а також зразком, хімічно чистого вапна, одержаного хімічним методом (таблиця 2). Цікаво, що питома поверхня зразків вапна отриманого за новою технологією практично не залежить від вихідної сировини.

Таблиця 2 – Питома поверхня зразків вапна, м²/г

	Нова технологія, сировина - крейда	Нова технологія, сировина - вапняк	Хімічно отримане дрібнодисперсне вапно ЧДА	Випалене у обертовій печі
Метод BET	<u>25,24</u>	<u>26,64</u>	5,980	1,611
Метод DFT	27,99	29,68	4,301	1,715

Висновки. Підтверджено можливість ефективність випалу дрібнодисперсного вапна у псевдозрідженому шарі. Питома поверхня отриманих зразків у 5-15 разів перевищує показники доступних аналогів.

Перелік посилань

1. Детков С.П. Тепловые процессы в печных агрегатах алюминиевой промышленности / С.П. Детков, А.Е. Еринов. – К.: Наук. думка, 1987. – 272 с.

2. Костогриз К.П. Отримання вапна з високою реакційною здатністю в апараті з псевдозрідженим шаром інертного матеріалу / К.П. Костогриз, В.А. Жайворонок, Ю.І. Хвастухін, С.М. Роман // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2018. – № 1. – С. 31 – 37.

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ З ЛУЖНОАКТИВОВАНОЇ КРЕМНЕЗЕМИСТОЇ СИРОВИНИ

Собченко В.В., Костогриз К.П., Хвастухін Ю.І., Собченко Г.О.

Інститут газу НАН України, м. Київ, Україна

В Україні у зв'язку істотним подорожчанням паливних ресурсів, гостро стоїть питання про використання сучасних високоякісних теплоізоляційних матеріалів. Є актуальна необхідність розробки вітчизняних висококонкурентних технологій виробництва вказаних матеріалів, що забезпечують зниження енерговитрат у будівництві.

Аспекти технологій виробництва та використання відомих будівельних матеріалів описані [1]. Основним недоліком вказаних матеріалів є низька теплопровідність, а недоліками технологій виробництва - великий об'єм використовуваного сировинного матеріалу, значний екологічний вплив та висока енергоємність процесів. Для покращення властивостей будівельних матеріалів, в тому числі і надання енергозберігаючих властивостей, використовували заповнювачі, як з природної, так і техногенної сировини [2].

Інститутом газу НАН України було розроблено технологічні аспекти виробництва заповнювачів, в тому числі із гідросилікатів (лужноактивованої кремнеземистої сировини) [3]. Перевагами технологій виробництва та використання такого виду заповнювачів є використання дешевих та недефіцитних сировинних матеріалів вітчизняного походження, відсутність високотемпературної обробки та покращені експлуатаційні властивості.

Одним з напрямків сучасного будівельного матеріалознавства є розробка та використання, так званих, геополімерних матеріалів [4]. Геополімерні матеріали одержують в результаті лужної обробки сировини природного та техногенного походження (каолінів, гірських порід, шлаків, зол ТЕС тощо). Їм властиві переваги існуючих будівельних матеріалів, в тому числі низька теплопровідність, міцність на стиск, довговічність, а перевагами

технологій виробництва є низькі енергетичні витрати, можливість використання відходів різних видів промисловості та невисокий вплив на екологію [5].

При розробці технологій виробництва геополімерних будівельних матеріалів ставляться задачі дослідження впливу складу сировинних матеріалів і технологічних параметрів виробництва на фізико-хімічні, фізико-механічні властивості геополімерних матеріалів тощо.

В Інституті газу НАН України пропонується проведення досліджень при одержанні будівельних матеріалів з лужноактивованої кремнеземистої сировини з низькими показниками теплопровідності.

Перелік посилань

1. В. Д. Глуховский, В. А. Пахомов. Шлакощелочные цементы и бетоны. — Киев: Будівельник, 1978. — 184с.
2. П.В. Кривенко, К.К. Пушкарева, М.О. Кочевих. Заповнювачі для бетону. - Киев, 2001. - 400 с.
3. Хвастухин Ю.И., Костогрыз К.П., Собченко В.В., Цюпяшук А.Н. Энергоэффективные технологии получения пористых неорганических заполнителей для теплоизоляционных материалов в аппаратах с псевдооживленным слоем // Материалы международной научно-технической конференции «Энергоэффективность-2014» (14-16 октября) 2014г. г.Минск, Беларусь / Ред.: В.М.Асташинский. – Минск: Институт тепло и массообмена имени А.В.Лыкова НАН Беларуси, 2014. – С. 131-132.
4. Davidovits J. Geopolymer chemistry and applications // 3rd eddition. — France, Saint-Quentin: Institute Geopolymer, 2011. — 614 p.
5. Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин. Геополімерные строительные материалы на основе промышленных отходов. Пенза: ПГУАС, 2014. – 128 с

ТЕПЛОМАСООБМІН ПІД ЧАС СУШІННЯ ЧИПСІВ З ЯБЛУК

Гусарова О.В., Шапар Р.О.

Інститут технічної теплофізики НАН України,
вул. Булаховського, 2, м. Київ, 03164, Україна

Процес сушіння це сукупність пов'язаних одне з одним явищ, що розвиваються як усередині матеріалу, так і в сушильній камері: зовнішній масообмін (випаровування вологи), зовнішній теплообмін (між нагрітим теплоносієм і поверхнею матеріалу), внутрішній тепломасообмін (випаровування вологи з поверхні матеріалу), а також процеси тепломасообміну між матеріалом і сушильним агентом. Через складність процесу розрахунок тривалості зневоднення ускладнений. Для розрахунків використовують наближені методи, які базуються на вивченні загальних закономірностей процесу.

Для розрахунку тривалості сушіння та аналізу основних закономірностей кінетики зневоднення під час одержання чипсів із яблук було використано метод В.В. Краснікова [1]. На підставі експериментальних кривих метод дозволяє знайти тривалість сушіння матеріалу від початкової вологості W_n до кінцевої вологості W_k .

За отриманими експериментальними кривими зневоднення яблук було побудовано узагальнену криву кінетики сушіння та представлено її в напівлогарифмічній системі координат $W^{\circ} - N\tau$, що дозволило визначити критичні вологості в точках перегину, відносні коефіцієнти сушіння та залежність для визначення тривалості процесу. Характер побудованої кривої підтвердив протікання процесу сушіння яблук у другому періоді падаючої швидкості. Другий період складається з трьох частин, на графіку добре видно точки перегину, які відповідають критичним вологостям.

Значення відносних коефіцієнтів сушіння χ_2 , χ_3 та χ_4 розрахованих за формулами з [1] наведено в таблиці 1.

Загальна тривалість процесу сушіння яблук буде:

$$\tau_3 = \frac{1}{N_{\max}} \left(\frac{1}{\chi_2} \lg \frac{W_{\text{п}}}{W_{\text{кр1}}} + \frac{1}{\chi_3} \lg \frac{W_{\text{кр1}}}{W_{\text{кр2}}} + \frac{1}{\chi_4} \lg \frac{W_{\text{кр2}}}{W_{\text{к}}} \right), \quad (1)$$

де N_{\max} – максимальна швидкість сушіння, $W_{\text{кр1}}$, $W_{\text{кр2}}$ – перша та друга критичні вологості у критичних точках K_1 , K_2 (визначено з графіка). Значення критичних вологостей $W_{\text{кр1}} = 125\%$ та $W_{\text{кр2}} = 25\%$.

Таблиця 1 – Значення відносних коефіцієнтів сушіння яблук

Діапазон критичних вологостей, %	Величина відносних коефіцієнтів сушіння		
	χ_2	χ_3	χ_4
530...125			
125...25	$13,9 \cdot 10^{-4}$	$14,3 \cdot 10^{-4}$	$15,5 \cdot 10^{-4}$
25...6			

Підставивши у вираз (1) всі шукані величини, отримали загальний час сушіння яблук:

$$\tau_3 = \frac{1335}{N_{\max}} \quad (2)$$

Використовуючи отриману залежність (2), можна заздалегідь оцінити тривалість процесу сушіння яблук під час виробництва чипсів при зміні режимів зневоднення.

За результатами кінетики вологообміну легко перейти до розрахунку кінетики теплообміну при сушінні яблук. Основне рівняння кінетики сушіння встановлює зв'язок між теплообміном q_F і масообміном $d\bar{U}/d\tau$ за допомогою безрозмірної величини, яка називається числом Ребіндера, [2, 3]:

$$\text{Rb} = \frac{c_{\text{еф}}}{r} \frac{d\bar{t}}{d\bar{U}}, \quad (3)$$

де $c_{\text{еф}}$ – ефективна теплоємність вологого тіла, r – питома теплоти випаровування води з яблук, \bar{U} – середній питомий вологовміст матеріалу, t – температура.

Число Ребіндера визначає відношення кількості теплоти, яке пішло на нагрів матеріалу до кількості теплоти витраченої на випаровування вологи з нього за нескінченно малий проміжок часу. Число Rb за А.В.Ликовим [2] є основним критерієм сушіння, і його часто називають критерієм оптимізації

процесу сушіння. Величина числа Ребіндера залежить від температурного коефіцієнта сушіння b , питомої теплоємності вологого матеріалу c та питомої теплоти випаровування r , тобто від форм зв'язку вологи з матеріалом [3].

Розраховано значення та побудовано залежності числа Ребіндера від вологості зразка для стаціонарних та стадійного режимів зневоднення. Вперше при розрахунку числа Ребіндера було використано реальні значення питомої теплоти випаровування води з яблук [4]. Розрахунок числа Rb показав, що його значення залежать від температури сушильного агента та вологості матеріалу.

На підставі аналізу отриманих кривих обґрунтовано доцільність використання стадійних режимів зневоднення яблук. Зниження температури сушильного агента приводить до зниження числа Rb . При наближенні температури матеріалу до гранично допустимої, температуру сушильного агента потрібно знижувати, а на початку процесу, до досягнення зразками граничної температури, можна використовувати високу температуру сушильного агента.

Використання стадійних режимів сушіння знижує питомі теплові витрати на випаровування 1 кг вологи від 15 до 25 %, забезпечує скорочення тривалості процесу до 20 % та зростання швидкості зневоднення.

Перелік посилань:

1. Красников В. В. Кондуктивная сушка / Красников В. В.; под ред. И. В. Волобуева – Москва: Энергия, 1973. – 288 с.
2. Лыков А. В. Тепло- и массообмен в процессах сушки / Лыков А. В. – Москва: Государственное энергетическое издательство, 1956. – 464 с.
3. Снежкін Ю.Ф., Шапар Р. О.Тепломасообмінні технології переробки пектиновмісної сировини // Київ: Сік Груп Україна, 2018. – 228 с.
4. Гусарова О.В., Дмитренко Н.В., Шапар Р.О. Вплив бланшування яблук на теплоту випаровування води та кінетику процесу сушіння // Теплофізика та теплоенергетика, – 2019. – Т. 41, № 5. – С. 86.

ДЕРИВАТОГРАФІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ

д.,т.н., гол.наук.співр. Петрова Ж.О., к.т.н.,наук.співр. Самойленко К.М.,
мол.наук. співр. Слободянюк К.С.,
аспірант Вишнівський В.М., аспірант Новікова Ю.П.
Інститут технічної теплофізики НАН України

Досліджувалась зміна термічної стійкості композицій та їх складових. Метою дослідження було встановити, чи впливає на термічну стійкість досліджуваного матеріалу створення буряково-ревеневої композиції. Якісна та кількісна оцінка процесів, що відбуваються при нагріванні зразків з постійною швидкістю, здійснюється за дериватограмами – сукупністю кривих зміни температури зразка (Т), його маси (ТГ), швидкості зміни маси (ДТГ) та класичним диференціальним термічним аналізом (ДТА).

На кривих дериваторами буряку (рис. 20) після повного зневоднення в інтервалі 179 – 230 °С реєструється втрата маси (ТГ) зразка з максимумом піка швидкості (ДТГ) при 202 °С. Причому ця зміна маси відбувається з виділенням теплоти, максимум якої знаходиться при 210 °С (ДТА). По характерним ознакам цей процес відноситься до термічного розкладання. На дериватограмі композиції буряк-ревень (рис. 2) в дослідженому інтервалі температур процесів термічного розкладання з різкою зміною маси не виявлено [1].

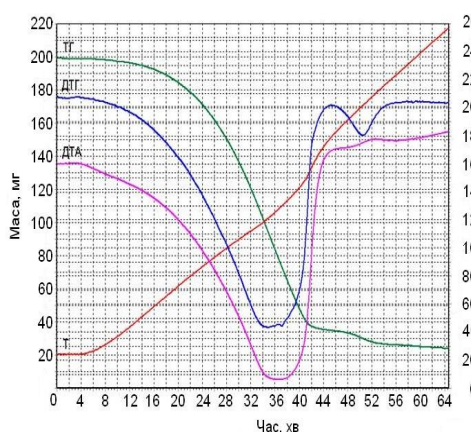


Рис. 1. Дериватограма столового буряку.

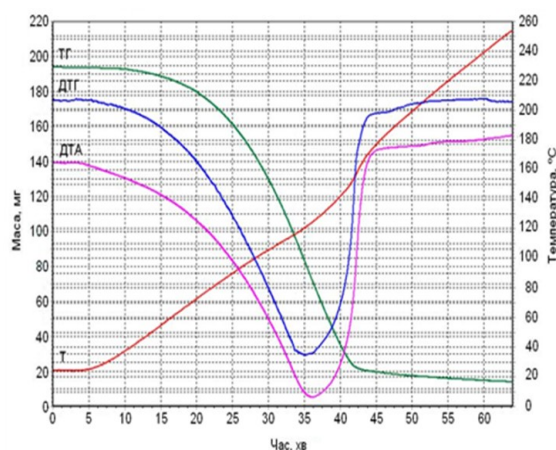


Рис. 2. Дериватограма суміші столового буряку з ревенем в співвідношенні 2:1.

Можемо припустити, що зниження рН середовища методом купажування впливає на термічну стійкість столового буряку, тобто термічна

стійкість композиції перевищує термічну стійкість столового буряку.

З даних таблиці 1 видно, що найбільше теплоти витрачається при зневодненні столового буряку, як сировини з високим вмістом зв'язаної води. Дещо меншими є витрати теплоти на зневоднення ревеню. Проте питомі витрати теплоти при зневодненні суміші столового буряку з ревенем мають значно меншу величину в порівнянні з витратами на зневоднення окремих компонентів суміші. Найбільш вірогідною причиною такого зниження витрат теплоти є значне зменшення в суміші вмісту зв'язаної води, що може бути наслідком зміни структури та складу компонентів суміші в умовах низького рН середовища.

Таблиця 1. Результати аналізу дериваторам столового буряку, ревеню та суміші столового буряку з ревенем.

Матеріал	Вологість, %	Видалення води				Термічна деструкція		
		Інтервал, °С	Максимум швидкості, °С	Середня швидкість, %/с	Питома теплота,	Інтервал, °С	Максимум швидкості, °С	Середня швидкість, %/с
Столовий буряк	8,44	2 5-179	1 21	0 ,030	2 631	1 79-257	2 02	0 ,028
Ревінь	9,45	2 5-178	1 26	0 ,034	2 499	1 78-253	-	0 ,026
Суміш столового буряку з ревенем (2:1)	9,00	2 5-179	1 20	0 ,033	2 276	1 79-254	-	0 ,025

Впер

ше було доведено, що термічна деструкція буряково-ревеневої композиції настає пізніше, ніж у моносировині. Це свідчить про корисну взаємодію між компонентами.

Перелік посилань:

1. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Самойленко К.М. Михайлик В.А. Дериватографічне дослідження зневоднення бетаніновмісних рослинних матеріалів та їх термічної стійкості. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса, 2016. Вип. 1., Т. 80. С. 27-31.

УДК 662.7

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ
ОБРОБКИ СИРОВИНИ НА ВИХІД ТЕРМІЧНО ОБРОБЛЕНОГО
ПАЛИВА**

к.т.н., пр.н.с. Корінчук Д.М., к.т.н., с.н.с. Дахненко В.Л.

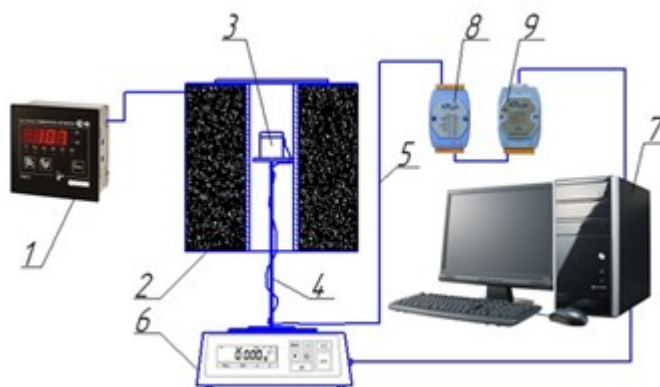
**Національна академія наук України
«Інститут технічної теплофізики», м. Київ**

У світі усе більше гострими стають проблеми, пов'язані з енергозабезпеченням, зростає попит на енергоносії, а разом з тим запаси традиційних палив є обмеженими, і ціни на них безупинно ростуть.

Згідно національного плану дій із відновлюваної енергетики внесок відновлюваних джерел енергії до валового кінцевого енергоспоживання у 2020 р. має досягти 11% (відповідно зобов'язань України як члена Енергетичного співтовариства). Одним із напрямів реалізації програми є залучення рослинної біомаси для використання як джерела енергії. Частка біомаси у загальному обсязі ВДЕ сягатиме 85% (біля 210 млн. ГДж/рік) в секторі опалення, що відповідає заміщенню 6,5 млрд. м куб. природного газу. Слід зазначити, що енергетичний потенціал біомаси у вигляді відходів перевищує потенціал викопного палива.

Для використання біомаси на об'єктах енергетики необхідно провести додаткову обробку для видалення пірогенетичної вологи і підвищення теплоти згоряння до 18-25 МДж. Для цього використовують технологію торефікації, що являє собою процес "м'якого" піролізу біомаси, нагрівання без доступу повітря, що протікає при температурах 200-320С и атмосферному тиску в плинні 30-90 хвилин. У ході такого процесу вилучається волога, а також летучі речовини, що утворюються в ході часткового розкладання ланцюжків полімерів – целюлози, геміцелюлози й лігніну [1, 2]. Це зменшує масу сировини на 20-30%, а енергоємність збільшує на 10%. Більша втрата маси в порівнянні із втратою енергії приводить до збільшення питомої теплоти згоряння кінцевого продукту в порівнянні з вихідною сировиною. Одержуваний сухий залишок називають "Биовуглем".

Для визначення режимних параметрів торефікації, таких як вплив температури та часу обробки зразків біомаси проведені експериментальні дослідження із використанням дослідного стенду, що складається з трьох основних частин: блоків термообробки, вимірювання та збору інформації (Рисунок 1).



1 - регулятор-вимірювач (ОВЕН ТРМ10); 2 – теплогенератор; 3 - бюкса із зразком; 4 – підставка; 5 – термопара; 6 - ваги (Axis AD3000); 7 - комп'ютер;

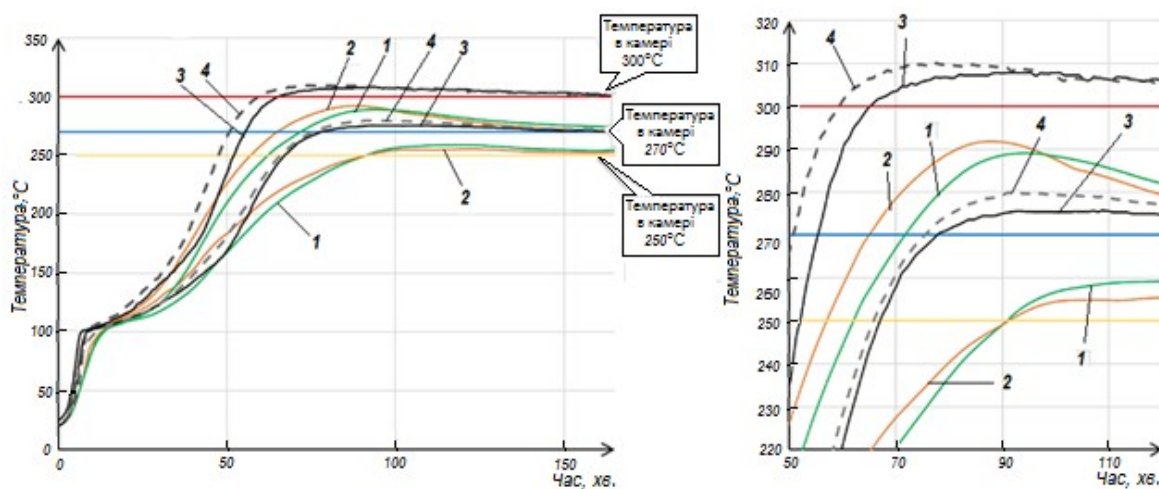
8 - модуль збору даних (Expert EX9018/P); 9 - перетворювач інтерфейсу RS232/RSC85 (Array AR-1520U)

Рисунок 1 – Дослідний стенд експериментальних досліджень температурної обробки.

Сировину розміщували в циліндричній бюксі (3) висотою 38 мм та діаметром 50 мм. Через спеціальний отвір між кришкою бюкси та самою бюксою в середину шару матеріалу поміщаються термопари, що можуть кріпитися за допомогою спеціальної пластини на різній відстані від стінки циліндричної бюкси. За допомогою підставки (4) заповнена матеріалом бюкса вводиться в камеру печі (2). На регуляторі-вимірювачі (1) встановлюється необхідна температура проведення експерименту. Попередньо відтаровані ваги (6) безперервно фіксують зміну маси та температури зразка в процесі його термообробки. Запис зміни маси матеріалу під час термообробки проводиться через постійні проміжки часу в автоматичному режимі системою збору інформації.

Проведена серія досліджень за різної температури печі (250°C, 270°C, 300°C). В якості сировини були обрані гранули (середній розмір часток 5 мм). У якості сировини були обрані деревинні, торф'яні та торфо-деревинні гранули (60% торф - 40% деревина). Кожен вид сировини мав різну початкову вологість: деревинні гранули – 7%, торф'яні гранули – 14%, торфо-деревинні гранули – 28%, що також дозволило оцінити її вплив під час ТО.

Отримані залежності впливу температури печі на швидкість термічного розкладання біосировини і загальний перебіг процесу. Графічно представлені (рис.2) температурна і масова характеристика матеріалу під час протікання ТО за температури печі 250°C та 270°C. Графіки мають перегини, що характеризують ділянки прогріву, сушіння та термічного розкладання сировини (Рисунок 2), що починається за температур матеріалу вище 220°C. При підвищенні температури печі швидкість проходження цих процесів зростає. Виявлений екзотермічний ефект процесу для торфу та композиції проявляється найменшим підвищенням температури (3%) на відміну від соломи(10%) та деревини (8%), що є передумовою забезпечення стабільного процесу термообробки за високих температурних режимів (Рисунок 2) з подальшим вирівнюванням температури в системі (за відсутності кисню).



1 – деревина; 2 – солома; 3 – торф; 4 – композиція.

Рисунок 2 – Вплив температурного режиму обробки сировини на температуру сировини

Підвищення температури обробки з 250 до 270°C веде до збільшення виходу газової фази на 1 %, а з 270 до 300°C веде до збільшення виходу газової фази на 4%. Торфу характерні близькі за характером та чисельними значеннями залежності кінетики термічного розкладання в досліджуваному діапазоні температур.

Різні види біомаси та торф відрізняються відсотковим співвідношення основних органічних компонентів. Як ілюструють криві (Рисунок 2) процес термообробки біосировини супроводжується екзотермічним ефектом, що призводить до локального перегрівання та неконтрольованого розкладання самої сировини, виділення внаслідок розкладання горючих газів. Найбільший екзотермічний ефект відбувається при термообробці соломи і деревини, найменший – для торфу і композитної суміші у присутності торфу.

На рисунках 3-6 наведені експериментальні криві впливу температури та часу обробки зразків деревини сосни на зміну швидкості масових втрат та на вихід термообробленого палива при температурах обробки 250°C, 270°C та 300°C.

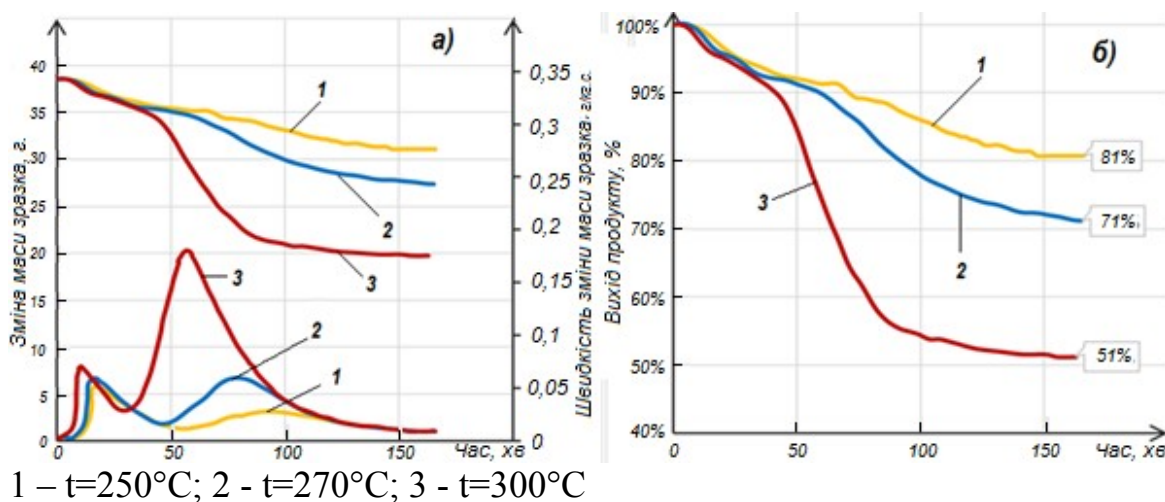
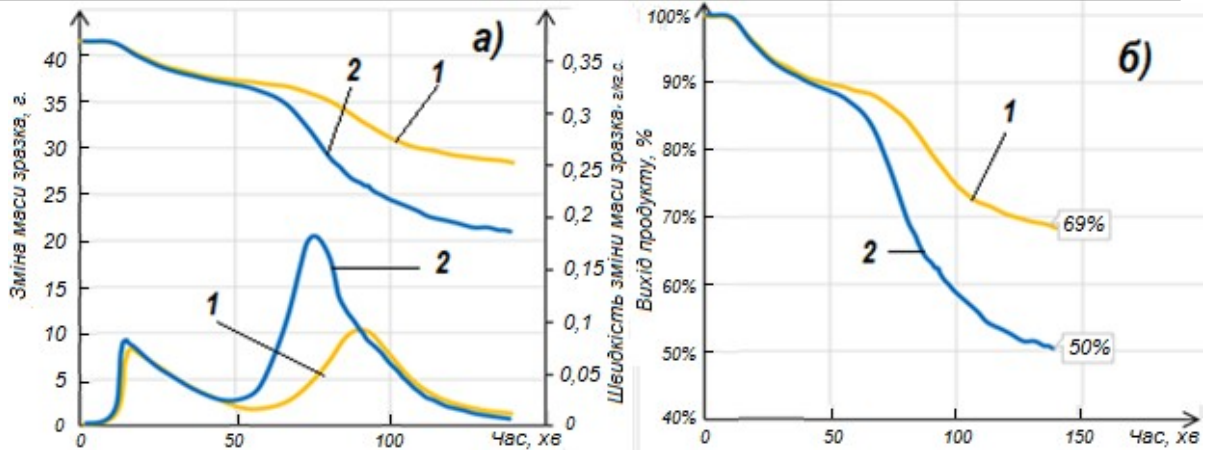
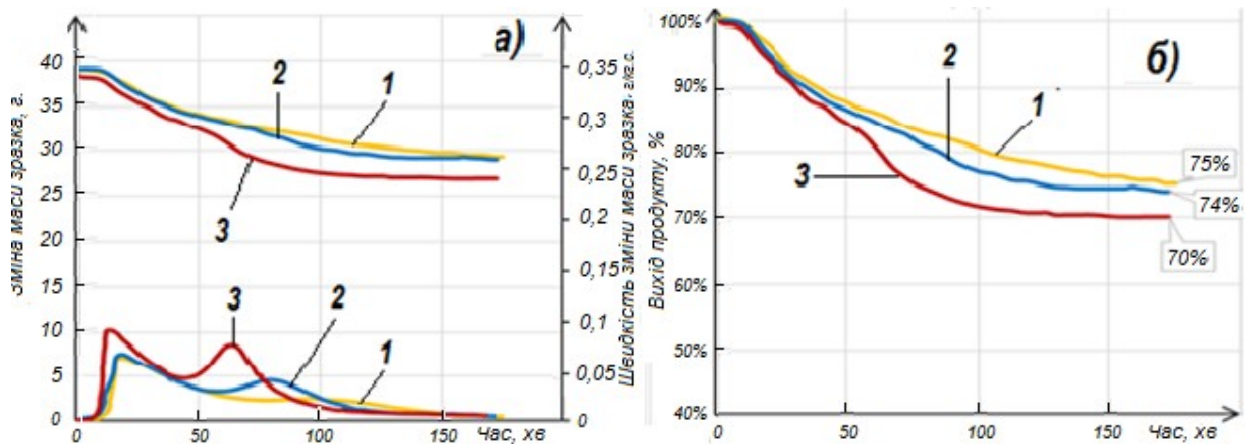


Рисунок 3 – Вплив температури та часу обробки зразків деревини сосни на зміну швидкості масових втрат (а) та на вихід термообробленого палива.



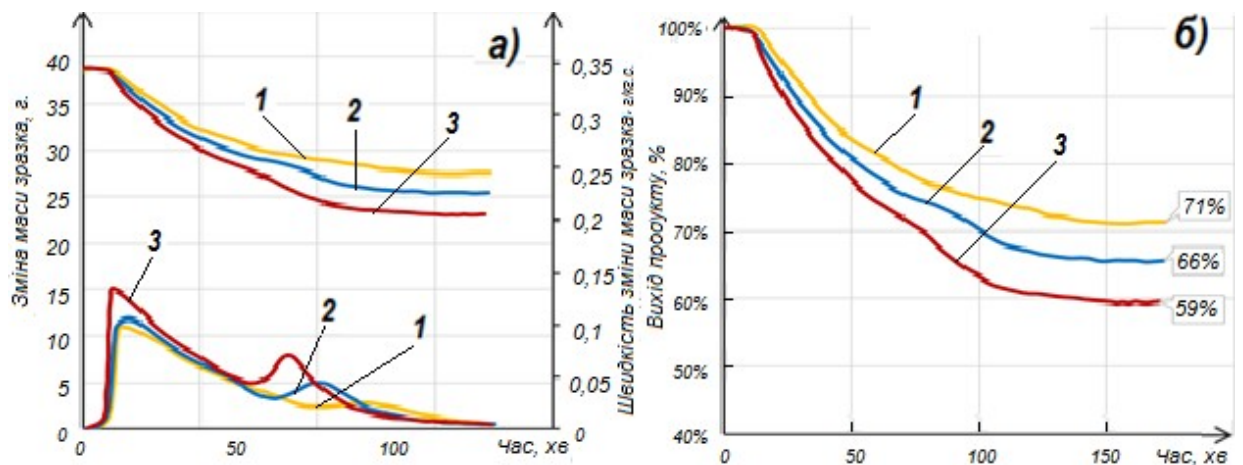
1 – $t=250^{\circ}\text{C}$; 2 - $t=270^{\circ}\text{C}$; 3 - $t=300^{\circ}\text{C}$

Рисунок 4 – Вплив температури та часу обробки зразків соломи на зміну швидкості масових втрат (а) та на вихід термообробленого палива.



1 – $t=250^{\circ}\text{C}$; 2 - $t=270^{\circ}\text{C}$; 3 - $t=300^{\circ}\text{C}$

Рисунок 5 – Вплив температури та часу обробки зразків торфу на зміну швидкості масових втрат (а) та на вихід термообробленого палива.



1 – $t=250^{\circ}\text{C}$; 2 - $t=270^{\circ}\text{C}$; 3 - $t=300^{\circ}\text{C}$

Рисунок 6 – Вплив температури та часу обробки зразків композиції торф-деревина на зміну швидкості масових втрат (а) та на вихід термообробленого палива.

При збільшенні температури печі зростає швидкість процесів, що характеризує зсув по часовій шкалі, а також зростає інтенсивність процесів: швидкість сушіння та швидкість розпаду. Початкова вологість матеріалу визначає тривалість періоду сушіння під час ТО. Незалежно від початкової вологості при підвищенні температури печі від 250°C до 270°C швидкість втрати маси на ділянці розкладання зростає для деревини в 1,9...2,2 рази, в 1,6...1,8 рази для торфу та в 1,7...1,9 рази для торфо-деревинної суміші. На кінець досліджень за температури печі 250°C масові втрати сухої частини зразків склали 12,2% для гранул з деревини, 9,1% для торф'яних гранул та 8,7% для суміші. При підвищенні температури печі до 270°C втрати сухої маси зросли на 9,2% для гранул з деревини, 1,4% для торф'яних гранул та 2,3% для суміші. Підвищення температури печі до 300°C для деревинних гранул суттєво скоротило період сушіння матеріалу, але виявилось недопустимим на ділянці розкладання. Процес розкладання низькокалорійної складової є екзотермічним, тобто супроводжується суттєвим виділенням теплоти. Так для деревини [2-3] виділення теплоти складають 8,0...8,5 МДж/кг втраченої маси. Значний перегрів сировини за температури 300°C призводить до початку коксування, а відповідно й втрат не тільки баластної маси, а й калорійної складової (термообробка була призупинена, коли масові втрати сухого матеріалу сягнули 37%). Однак така температура печі не тільки пришвидшила процеси сушіння усіх зразків, але й безпечно підвищила швидкість термічного розкладання торф'яних та торфо-деревинних гранул. Торф на відміну від деревини має слабше виражений екзотермічний ефект при термічному розкладанні, позбавлений передумов локальних перегрівів та коксування і може бути використаний у суміші з деревиною у якості нормалізатора процесу розкладання під час ТО. Підвищення температури печі від 250°C до 300°C дозволило пришвидшити розкладання матеріалу в 3...3,2 рази для торфу та торфо-деревинної суміші. За температури печі 300°C масові втрати сухої частини зразків склали 15,3% для торф'яних гранул та 19% для суміші.

Висновки

Підвищення режимної температури прискорює процеси сушіння та розкладання біомаси під час термообробки. Однак для дотримання технологічного процесу та отримання максимальної кількості висококалорійного палива після ТО потрібні температурні обмеження, що будуть враховувати теплові виділення викликані екзотермічним ефектом під час розкладання сировини. Натомість підвищення температури не несе негативного характеру на етапі сушіння, що дає передумови до використання ступеневого температурного режиму з тенденцією до використання більш високих температур на ділянці сушіння. Використання комбінованого торфо-деревинного матеріалу в якості сировини для ТО дає змогу використовувати більш високі режимні температури на відміну від чистої деревини. Отримане

термічно оброблене торфо-деревинне паливо має вищу теплоту згоряння та меншу зольність в порівнянні з чистим ТО торфом.

Перелік посилань:

1. Снежкін Ю.Ф., Корінчук Д.М., Безгін М.М. Дослідження температурної обробки біосировини в технології виробництва твердого біопалива// Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій/Мін. Освіти і науки України. – Одеса: 2015. – Вип. 47 – С. 209-213.

2. Лиштван И.И. Коллоидная химия и физико-химическая механика торфа: история развития и современные направления исследований// Сборник научных трудов «Природопользование»/ Институт Природопользования НАН Беларуси Минск: 2012. Вып. 22. С. 47-56.

3. Равич М.Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов. – М: «Наука», 1966,– 403с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СУШІННЯ ТОРФУ З ФАЗОЮ ЧАСТКОВОГО ТЕРМІЧНОГО РОЗКЛАДАННЯ.

пр.н.с. д.т.н Сорокова Н.М., пр.н.с., к.т.н., Корінчук Д.М.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Для виробництва торф'яних гранул фрезерний торф підлягає сушінню. Початкова вологість (відношення маси води, що міститься у пористому тілі до маси тіла з даним вмістом води) торфу досягає 90%. На етапі заготівлі торфу перший етап сушіння до вологості 40–45% відбувається у природних умовах. Подальше сушіння до кінцевої вологості 15–20% здійснюється сумішшю димових газів і повітря переважно в сушильних установках барабанного типу.

Організація високотемпературного ($T_c = 300\text{--}500^\circ\text{C}$) сушіння торфу інтенсифікує процес і супроводжується її термічним розкладанням, початкова стадія якого характеризується розкладанням геміцелюлози з виділенням кисневмісних газів і пірогенетичної води, що сприяє підвищенню калорійності сухого залишку. Наступні стадії ($T_c > 270^\circ\text{C}$) характеризуються розкладанням целюлози і лігніну. В присутності повітря ці процеси є екзотермічні і їх інтенсивне проходження призводить до швидкого підвищення температури і істотної втрати горючої складової. Тому при розробці технологій високотемпературного сушіння торфу слід обмежуватись проходженням першої стадії термодеструкції.

Розробка технологій високотемпературного сушіння передбачає знання кінетичних характеристик термічного розкладання торфу у відповідному інтервалі температур та закономірностей проходження процесів тепломасопереносу і фазових перетворень. В [1] була побудована математична модель і метод розрахунку динаміки сушіння сферичних частинок фрезерного торфу при рівномірному їх омиванні теплоносієм. Торф відноситься до класу колоїдних капілярно-пористих тіл. При інтенсивному зневодненні тепломасоперенос в частинках відбувається шляхом дифузії, фільтрації, фазових перетворень та усадки матеріалу. Пірогенетична вода видаляється разом із залишками вільної і зв'язаної води біомаси. В [2] були визначені кінетичні параметри десорбції фізично зв'язаної води і активаційних процесів неізотермічного розкладання геміцелюлози торфу низинного, які свідчать про те, що початок першої стадії термічного

розкладання супроводжується помітною зміною ефективної енергії активації мікрочастинок зв'язаної речовини.

Отримані в [1,2] результати були покладені в основу розрахунків високотемпературного сушіння торфу. Температура теплоносія задавалася в інтервалі 300–500°C. При розрахунку спільних процесів сушки і термодеструкції у програмі розрахунку, побудованій на базі математичної моделі [1], по досягненні матеріалом температури 175 °С (початку деструкції) змінювалося значення енергії активації фізико-хімічно зв'язаної води на ефективне значення [2] $A_{\text{сф}} = A_{D_{\text{сф}}} = 0,37 \cdot 10^8$ Дж/кмоль. На рис.1 представлені результати розрахунку.

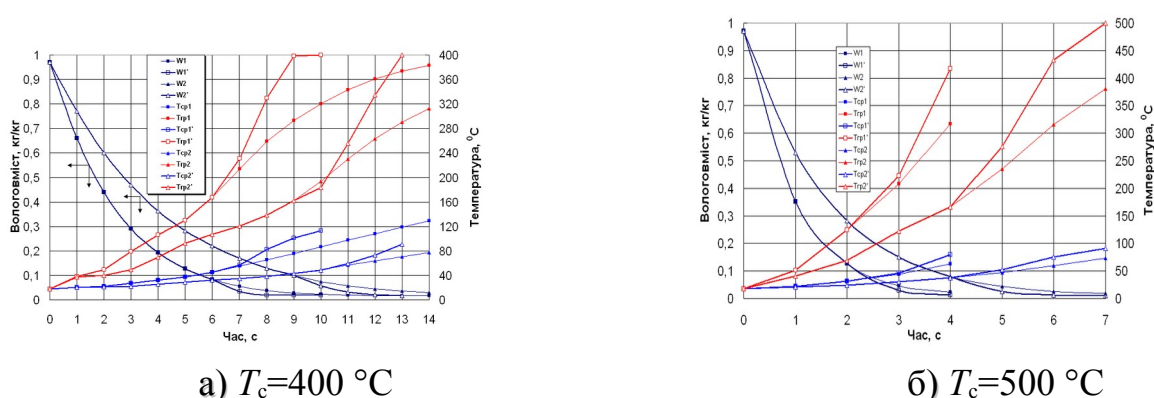


Рис. 1 Зміна в часі середніх вологовмісту W і температури T , температури T_{gr} на поверхні сферичної частинки торфу діаметром $d = 10$ мм (криві 1) і $d = 13$ мм (криві 2) при сушінні без, і з урахуванням термодеструкції (W' , T' , T_{gr}') в потоці димових газів з параметрами: $w_c = 4$ м/с, $d_c = 12$ г/кг с. пов.

Висновки. Процес термічного розкладання, як і процеси дифузії і випаровування, є активаційним. Його вплив на динаміку високотемпературного сушіння торфу є досить істотний. Запропонований спосіб врахування в математичній моделі цього явища дозволить оптимізувати процес сушіння торфу з боку енерговитрат та покращити якість біопалива.

Перелік посилань

1. Снежкин Ю.Ф., Сорокова Н.Н. Математическое моделирование динамики сушки коллоидных капиллярно-пористых тел в условиях кипящего слоя // Наукові праці ОНАХТ. 2016. –Т.80, вип.1. С.78–82.
2. Коринчук Д.Н. Неизотермический анализ компонентов композиционных топлив на основе торфа и биомассы // Энергетика і автоматика. 2018. №1. С. 56–71.

ГІДРОДИНАМІКА НЕОДНОРІДНОГО ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

В останні десятиліття на світовому ринку спостерігається збільшення попиту на продукцію аграрного сектора. Україна відноситься до однієї з провідних країн по виробництву та продажу сільськогосподарської продукції. На минулий рік товарна частка експортованої рослинної сільськогосподарської продукції становить 17,8 % до загального обсягу зовнішньої торгівлі України, з них 13,3 % складає експорт зернових культур [1]. Для забезпечення потреб внутрішнього споживання та експорту продукції АПК в Україні вирощуються в значних кількостях олійні та злакові культури. Однак у результаті надмірного вирощування таких культур спостерігається тенденція виснаження родючості ґрунтів та суттєвого зменшення вмісту гумусу, тому збереження родючості ґрунтів є одною з ключових задач галузі.

Для збереження стабільного збору урожаю щорічно аграрії вносять велику кількість мінеральних добрив, що не забезпечує збереження родючості ґрунтів.

Для збереження екологічної рівноваги при інтенсивному землекористанні більш раціональним є застосування комплексних органіко-мінеральних добрив, що містять в своєму складі азот, фосфор та органічні гумінові сполуки. Органічною сировиною для виробництва даних видів добрив може бути торф, буре вугілля, лігнін і інші органічні рештки та відходи аграрних і харчових виробництв [2]

У псевдозрідженому шарі отримують гранули добрив, таких як карбоамофоск, карбаміду, аміачної селітри, нітрофоски, амофосу. Сутність процесу полягає в тому, що гранулювання з одночасним сушінням протікає у

вільному обсязі апарату, в потоці сушильного агенту, який проходить через газорозподільну решітку і утворює киплячий шар частинок.

Авторами [3] розроблено спосіб одержання добрив при застосуванні техніки неоднорідного псевдозрідження, який дозволяє одержувати гранульований сульфат амонію із домішками гумінових речовин в одну стадію.

Визначальну роль у забезпеченні стійкої кінетики процесу зневоднення та грануляції відіграє гідродинаміка. Основними вимогами до гідродинамічного режиму є:

- відсутність застійних зон на робочих поверхнях газорозподільного пристрою
- забезпечення активного об'ємного перемішування матеріалу шляхом винесення щонайменше 40% маси шару за межі початкового шару з наступним поверненням до неї із частотою $1,5 \leq f \leq 3,5$ Гц;
- наявність мінімально достатньої поверхні зернистого матеріалу в зоні зрошення.

Компанія «Екоплант» звернулась з пропозицією застосування струменево-пульсаційного псевдозрідження для проведення дослідження досушення гранул сульфату амонію з додаванням соняшникової золи одержаних гранулювання з еквівалентним діаметром $d_{\text{екв.}} \geq 3,5$ мм.

Тому доцільно провести дослідження щодо гідродинаміки струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження за умови суттєвого збільшення висоти зернистого шару в апараті.

Для зменшення імовірності появи застійних зон забезпечують горизонтальне направлення газового струменя через щілини газорозподільного пристрою (ГРП) рисунок 1. Газовий струмінь рухається у горизонтальному напрямку до відстані $Y_{\text{вт}}$ від щілини, на якій починає переходити у вертикально направлений на відстані $x_{\text{гор}}$ [4], рисунок 1, м:

$$x_{гор} = \frac{w_{щ} r_0}{0.585 w_p c_1}; r_0 = \frac{2 F_{щ}}{\Pi}$$

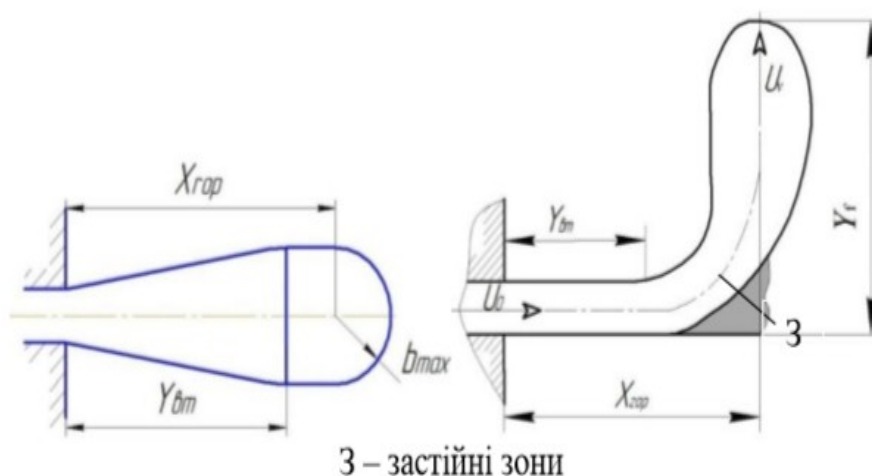


Рисунок 1. Схема горизонтального підведення газового факела

Враховуючи вище викладенне тема магістерської дисертації з дослідження гідродинаміки ступенево-пульсаційного псевдозрідження є актуальною та перспективною з точки зору підвищення ефективності тепло-масообміну в процесах грануляції в апаратах з псевдозрідженим зернистим шаром .

Перелік посилань:

1. Товарна структура зовнішньої торгівлі у січні–липні 2018 року [Електронний ресурс]. <http://www.ukrstat.gov.ua/operativ> від 25.10.18 р.
2. Корнієнко Я. М., Мельник М. П., Мартинюк О. В. – Струменево-пульсаційний режим псевдозрідження. / Монографія [Електронний ресурс]. – Київ : НТУУ «КПІ» 2013. – 235 с.: іл.
3. Гайдай С.С. Гідродинаміка у грануляторах із псевдозрідженим шаром при одержанні органо-мінеральних добрив. [Електронний ресурс]. – Київ : НТУУ «КПІ» 2018. – 253 с.: іл.
4. Буевич Ю. А. Стуйное псевдоожигение / Буевич Ю. А., Минаев Г. А // М.: Химия. – 1984. – 136 С.

МЕМБРАННИЙ АПАРАТ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КАРБОНАТУ КАЛІЮ

магістрант Валько М.П., к.т.н., доц., Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

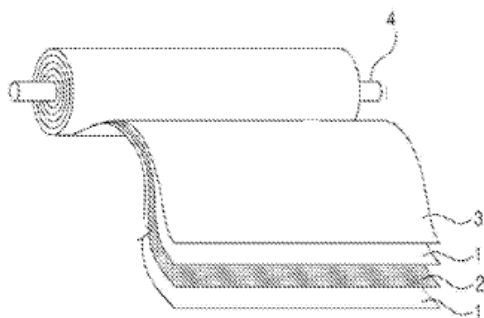
Карбонат калію (харчова добавка E501, калій вуглекислий, поташ) - дрібнокристалічний порошок, який утворюється в результаті взаємодії діоксиду вуглецю з розчином гідроксиду калію. За своїми властивостями карбонат калію може виступати в якості стабілізатора, регулятора кислотності, розпушувача, осушувача. Його використовують для створення однорідної суміші з незмішуваних компонентів - води і масла, води і жиру. Гідроксид калію також необхідний для виробництва деяких солей, фармацевтичних препаратів, рідкого калійного мила, отримання рідкого та твердого двоокису вуглецю, його часто використовують при фарбуванні та відбілюванні тканин та для виготовлення харчових барвників. У сільському господарстві продукт використовують як добрива. Речовину додають у мазі, лініменти, для посилення лікувального ефекту проти паразитарних лікарських препаратів. Вуглекислий калій також використовують у миловарінні, а також при виробництві рідких миючих засобів.

В технологічній схемі виробництва карбонату калію, важливе місце посідає мембранний апарат, оскільки він дозволяє сконцентрувати слабкий розчин, та після цього подати його до випарного апарату, та отримати розчин з концентрацією компоненту понад 60%.

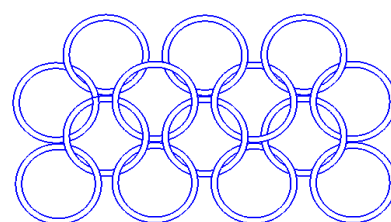
Метою модернізації є інтенсифікація процесу концентрації карбонату калію, шляхом встановлення в середині мембранного модулю турбулізуючої вставки у вигляді сітки з кілець, які з'єднані між собою. Це забезпечує

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
збільшення відстані між шарами мембрани та турбулізує потік без порушення суцільності.

Модуль зворотного осмосу працює наступним чином: мембрана зворотного осмосу 1 намотується зовні навколо трубки 4, сітка сепаратор 2 слугує для дотримання інтервалу між мембранами та турбулізує потік карбонату калію, який подається ззовні. Таким чином, верхня та нижня сторони сітки сепаратора 2 контактують з мембранами зворотного осмосу 1. Через фільтраційний канал 3 сконцентрований карбонат калію виходить назовні.



а) загальний вигляд



б) турбулізуюча сітка

Рисунок 1 – мембранний модуль

Таке виконання мембранного модулю дозволяє турбулізувати потік, та забезпечити відстань між мембранами, тим самим дозволяє інтенсифікувати процес концентрування.

Перелік посилань:

1. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрений, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот), ч. 1, изд. 4-е, испр. Л.,Изд-во «Химия», 1974 – 729 с.

2. Заявка на патент України, (МПК 2006.01) B01D 63/10 Модуль зворотного осмосу/ Гулієнко С.В., Валько М.П.; заявник і патентовласник вони ж. №201906414 ; заявл. 04.06.2019.

ФОРСУНКИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗА ПІНОУТВОРЕННЯМ

аспірант Косенко В.В.; к.т.н., доц. Семінський О.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Піногасіння та контроль за піноутворенням застосовуються у текстильній і харчовій галузях промисловості та у сільському господарстві; у біотехнології, ферментних, фармацевтичних, целюлозно-паперових виробництвах; при водопідготовці і очищенні стічних вод; при видобутку нафти і газу; у нафтопереробці і виробництвах антифризів, паливно-мастильних та лакофарбових матеріалів, миючих засобів, побутової та агрохімії [1].

Найбільшого поширення у промисловості набули хімічний і механічний методи регулювання утворення піни. Контроль за піноутворенням легко організувати шляхом використання форсунок, які розпилюють протипінну рідину на поверхню піни. До переваг такого підходу слід віднести: простоту конструкцій, компактність і невисоку вартість форсунок; легкість регулювання конфігурації факела розпилу рідини; значну (до 5000 кг/год) продуктивність розпилення із забезпеченням високої дисперсності крапель рідини; низький (до 84 дБ при тиску в 200 кПа) рівень шуму; невеликі витрати енергії на розпилення.

Для піногасіння найчастіше використовують пневматичні, плоскострумінні та повноконусні форсунки (рис. 1) [2]:

Пневматичні та повноконусні форсунки набули поширення при використанні у великих резервуарах, де є необхідність пригнічення піни на великій площі та організації потужного, рівномірного, дрібнодисперсного розпилення. Ці форсунки різняться за способом створення розпиленого конусу: в пневматичних він створюється внаслідок динамічної взаємодії двох потоків (повітря і рідини) у проточному каналі форсунки та на виході з нього,

а в повноконусних – за рахунок подачі рідини під тиском через сопловий отвір [3].

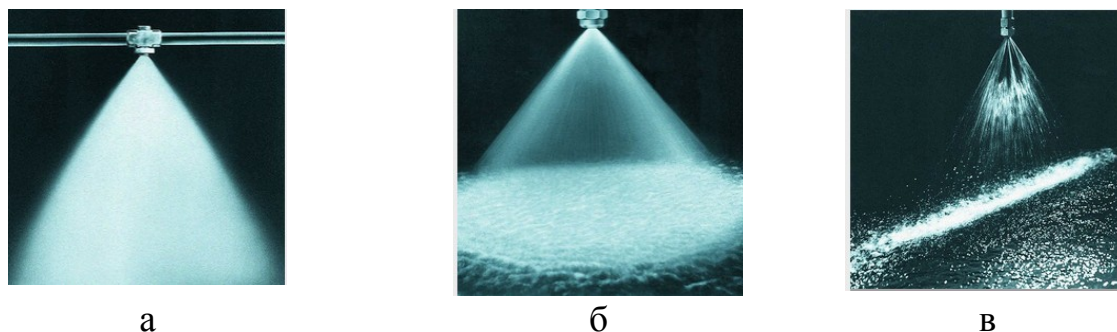


Рисунок 1. Типи форсунок які найчастіше використовують для піногасіння:

а) пневматичні; б) повноконусні; в) плоскоструминні

Конструктивно пневматичні форсунки розділяють на пристрої внутрішнього і зовнішнього змішування. Через більшу стабільність у роботі частіше використовуються пневматичні форсунки зовнішнього змішування.

Плоскоструминні форсунки руйнують піну рівномірно розподіляючи рідину у вузькому струмені, що утворює бар'єр. З огляду на це, їх найчастіше використовують в обладнанні проточного типу, наприклад, за необхідності запобігти витіканню піни при її утворенні з рідини, що рухається у відкритому каналі.

Рациональний вибір типу і конструкції форсунок разом із коректним підбором режимів їх роботи дозволяє забезпечити стабільну роботу обладнання з мінімальними витратами. Це актуалізує проведення досліджень у зазначеному напрямі.

Перелік посилань:

1. SILFOAM [Електронний ресурс] / Wacker – Режим доступу до ресурсу: <https://www.wacker.com/cms/en-ua/products/brands/silfoam/silfoam.html>

2. Форсунки [Електронний ресурс] / Hennlich – Режим доступу до ресурсу: www.hennlich.ua/produkcija/forsunki-3214.html.

3. Биргер М.И Справочник по пыле- и золоулавливанию /М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков, В. Ю. Падва, А. А. Русанов, И. И. – Урбах 1983 г. — 312 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ НАБРЯКАННЯ КРОХМАЛЮ

аспірант Бишко М.А., к.т.н., доц.. Семінський О.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Крохмаль, при нагріванні в присутності надлишку води, зазнає фазового переходу з порушенням порядку, яке називається желатинізацією в температурному діапазоні, характерному для певного типу крохмалю. Такий фазовий перехід пов'язаний з дифузією води в гранулу, поглинанням води аморфною областю, гідратацією і радіальним набряканням гранул крохмалю, поглинанням тепла, втратою кристалічного порядку, розмотуванням і дисоціацією подвійних спіралей і амілозним вилуговуванням [1, 2]. Нижче критичної температури (близько 80 °С) гранули крохмалю поглинають воду і піддаються набряканню, багатократно збільшуючись відносно свого початкового розміру. Набрякання впливає на дестабілізацію амілопектинових кристалічних ламелей, які розриваються. Повне розчинення всіх гранул або макромолекул крохмалю може відбутися, коли крохмаль нагрівається до температури понад 100 °С. При нагріванні крохмалю в надлишку води його кристалічна структура порушується (через розрив водневих зв'язків), а молекули води зв'язуються водневим зв'язком з гідроксильними групами амілози і амілопектину. Це викликає збільшення набрякання гранул і їх розчинності. Ступінь набрякання і розчинність свідчать про величину взаємодії між ланцюгами крохмалю в аморфній і кристалічній структурах [3].

Для визначення характеру набрякання гранул крохмалю експериментально досліджено кінетику процесу і вплив на температури на кінетичні параметри. Дослідження проводилось при температурах: 20, 40, 60, 70 та 80 °С. Оцінку зміни розмірів гранул крохмалю проведено мікроскопічним методом. Отримані данні узагальнено у вигляді кривих розподілення гранул крохмалю за розмірами. На рисунку 1 зображено такі криві для часу набрякання крохмалю 90 хв.

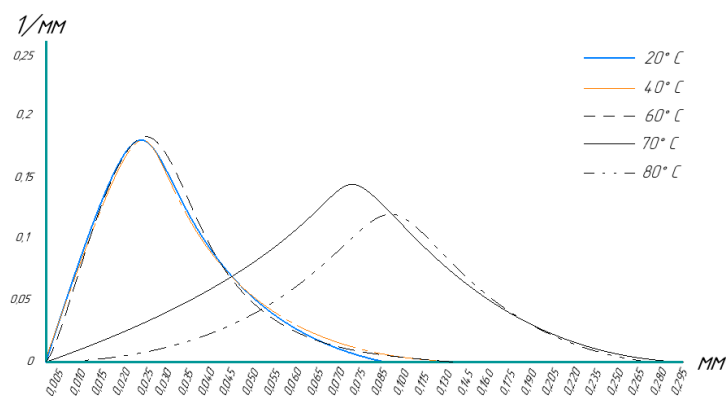


Рисунок 1. – Фракційний склад суспензії крохмалю за різних температур

На основі аналізу результатів експериментальних досліджень визначено, що за температур 20, 40 та 60 °С розмір гранул крохмалю майже не змінюється – їх середній діаметр знаходиться в межах 30...35 мкм. При температурі 70 °С, починається значне поглинання води гранулами крохмалю з відповідним збільшенням їх розмірів. Також відмічено, що ступінь набрякання залежить від часу проведення процесу, і основна стадія поглинання води крохмалем відбувається у перші 5 хв. Так, наприклад, за температури проведення процесу 70 °С за які гранули збільшуються у розмірах приблизно у 2,5 рази, після чого збільшення розмірів крохмальних зерен продовжується, але більш повільно, досягаючи чотирикратного збільшення за 1,5 години. Швидкість набрякання збільшується із збільшенням температури проведення процесу. Так, за температури 70 °С гранули крохмалю за перші 2 хв. збільшились у 1,78 рази, а за температури 80 °С – у 3,14 рази.

Результати проведеного дослідження дають чітке розуміння характеру набрякання гранул крохмалю в умовах надлишку води, та підтверджують літературні данні, де визначається, що інтенсивне набрякання крохмалю спостерігається при температурах вище температури желатинізації, що становить 60...65 °С (індивідуально для кожного типу крохмалю).

Перелік посилань:

1. D.J. Stevens, G.A. Elton, Stärke 23 (1981) 8.
2. P. Jenkins, PhD Thesis, University of Cambridge, 1994.
3. R. Hoover, Carbohydr. Polym. 45 (2001) 253.

СЕКЦІЯ 2

«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»

РОЗРОБКА ФОРМУЮЧОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

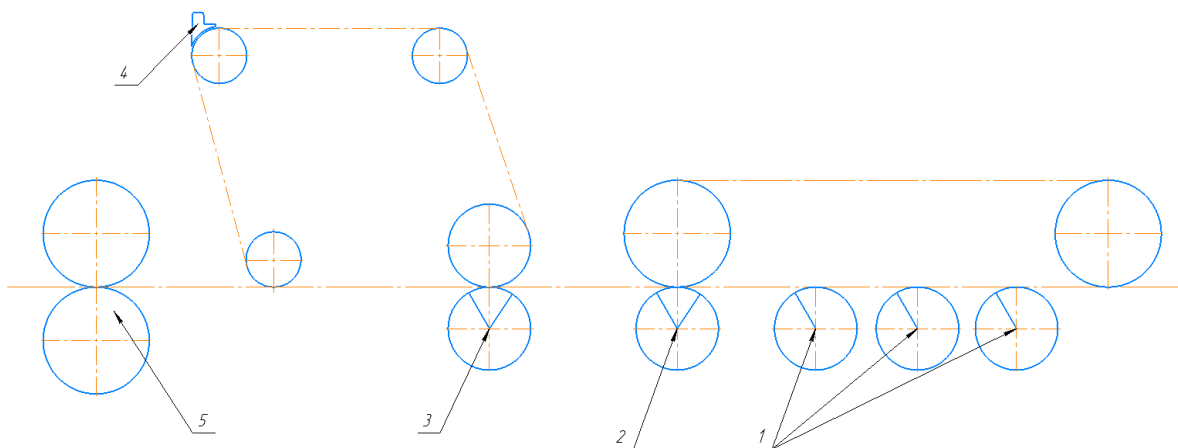
магістрант Галайковський А.О., к.т.н., ст. викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В останні роки целюлозно-паперова промисловість (ЦПП) стає однією з найголовніших та перспективних галузей для економіки України. Причиною значного збільшення продажу та експорту паперової і картонної продукції є зростаючий попит на світовому та місцевому ринку. Тому актуальним є розробка нових та модернізація існуючих папероробних та картоноробних машин зі збільшенням продуктивності.

Для поставленої задачі розроблено картоноробну машину з комбінованою формуючою частиною, показаною на рисунку 1. В основі її лежить існуюча картоноробна машина фірми "Voith" [1].



- 1 – вакуум-формер; 2 – перший прес; 3 – другий прес (гауч-прес);
4 – формуючий пристрій; 5 – третій прес.

Рисунок 1 – Конструкція формуючої частини

Основна маса картонного полотна утворюється за допомогою послідовно розміщених вакуум-формерів. Покрівельний шар формується на плоскітковій секції, що знаходиться за вакуум-формерами по руху

картонного полотна. При цьому формуючий шар може мати інші фізико-механічні властивості.

Зневоднення всього полотна відбувається на трьох пресах. В якості другого пресу вирішено встановити відсмоктуючий гауч-прес. Він складається з двох валів, розташованих один над одним. Нижній вал зроблений відсмоктуючим, а верхній – гумованим. Сама ж формуюча плоскіткова секція покрівельного шару складається з формуючої доски, гідропланки, мокрого ящика відкритого типу, мокрого ящика із додатковим вакуумом та відсмоктуючого ящика [2].

Розміщення зневоднюючих елементів має важливе значення і виконується таким чином, щоб забезпечити відповідну сухість полотна після сіткової частини. В складі формуючої частини іноді застосовують паровий ящик для підвищення температури картонного полотна перед пресовою частиною.

Довжина формуючої частини залежить від продуктивності КРМ, а довжина сітки залежить від кількості зневоднюючих елементів. В нижній частині сіткового столу сітка проводиться, натягується та направляється цілим рядом валів. На сучасних машинах формуюча частина оснащена автоматичними пристроями для натягу сітки до величини 2,5 – 8 Н/м. Під час зворотнього ходу сітка очищується водяними сприсками, і таким чином видаляються волокна, що не відділились від сітки разом із полотном. Ширину картонного полотна задають форматні сприски, які відділяють кромки полотна.

Розроблена формуюча частина забезпечує виготовлення багатошарового картону з покрівельним шаром. При цьому, маючи відносно високу продуктивність, її габарити невеликі.

Перелік посилань:

1. Інтернет – ресурс <https://voith.com/rus-ru/index.html> від 19.10.2017 р
2. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. II. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. — СПб.: Политехника, 2005.— 423 с.: ил., Смирнов С.Г.

УДК 676.056.4

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

магістрант Гламазда Д. О., к.т.н., проф. Марчевський В. М.

Національний технічний університет України

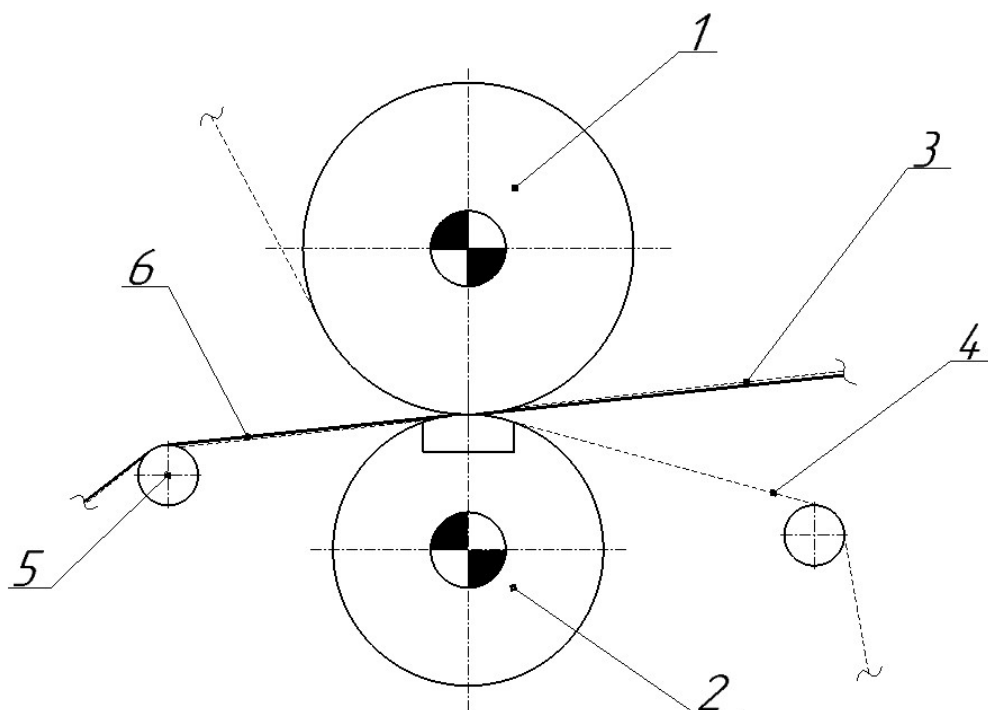
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Витрати теплоти на сушильній частині залежать, головним чином, від якості пресування на пресовій частині папероробних або картоноробних машин. Збільшення кінцевої сухості полотна на 1% після пресової частини зменшує витрати пари на 5% сушильною частиною та кількість сушильних циліндрів [1]. Окрім цього, якість пресування безпосередньо впливає на фізико-механічні властивості паперового полотна, серед яких: рівномірність товщини полотна по всій його ширині, щільність, показники розривної довжини та числа подвійних перегинів, спротив продавлюванню та повітронепроникність [1].

В поворотному пресі, модернізація якого виконується в проекті, паперове полотно, стиснене двома сукнами, поступає в захват преса між відсмоктуючим валом та валом з глухими отворами (рисунок 1). Використання відсмоктуючих валів підвищує кінцеву сухість полотна після преса на 1 – 2%, зменшує кількість обривів та збільшує строк служби пресових сукон [2]. Верхній вал преса створює фільтраційний потік води через верхнє сукно в глухі отвори вала. Таким чином, встановлені вали збільшують поверхню фільтрації і рушійну силу процесу в 2 рази.

Крім того, вали з глухими отворами, порівняно з валами інших конструкцій, мають значні переваги: загальна площа перетинів отворів досягає 30% проти 17% площини жолобчатого вала, небезпека «схлопування» глухих отворів значно менша небезпеки перекриття жолобків при збільшенні лінійного тиску, об'єм глухих отворів, доступний для відпресованої води, значно більше об'єму канавок жолобчатого вала, а строк служби пресових сукон, порівняно з жолобчатими пресами, збільшується в

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" середньому на 30 – 40%. Використання більш м'якого покриття робить вали менш чутливими до точності бомбірування та збільшує ширину зони пресування, що дозволяє підвищити лінійний тиск в пресах до 300 – 350 кН/м [3].



1 – вал з глухими отворами; 2 – відсмоктуючий вал; 3 – верхнє сукно;
4 – нижнє сукно; 5 – сукноведаучий вал; 6 – паперове полотно

Рисунок 1 – Схема преса картоноробної машини.

Перелік посилань:

1. Бумагоделательные и отделочные машины, изд. 3-е, испр. и доп. Эйдлин И. Я. Изд-во «Лесная промышленность», 1970, стр. 624.

2. Александров А. В., Алашкевич Ю. Д. Оборудование ЦБП. Часть II. Бумагоделательные машины/ ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2018. – 96с.: ил. 46.- ISBN 978-5-91646-152-7

3. Коновалов А.Б., Смирнов В.А. Пресовые части бумагокартоноделательных машин: Учебное пособие / ГОУВПО СПбГТУРП. СПб., 2006. 91 С.: Ил.50. - ISBN 5-230-14391-6.

УДК 676.056.521

ВИБІР ТИПУ СУШИЛЬНИХ ГРУП КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

магістрант Запорожець О.В., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

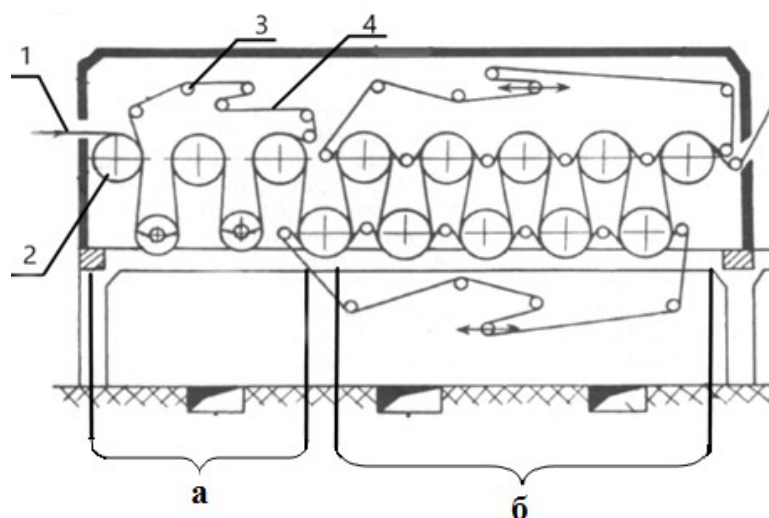
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Процес сушіння – дуже важливий етап у виготовленні картонного полотна. Від режиму сушіння залежать об'ємна маса, поглинаюча здатність, повітропроникність, прозорість, усадка, вологостійкість, ступінь проклейки і забарвлення картону. Тому вдосконалення сушильної групи для покращення цих показників або збільшення продуктивності машини є актуальною задачею. [1]

Крім того відомо, що на процес сушіння витрачається найбільше енергії порівнюючи зі всією картоноробною машиною. Тому виробники також намагаються вдосконалити даний процес для зменшення енергозатрат і, як наслідок, зменшити собівартість готової продукції.

На рисунку 1 показано приклад сушильної частини картоноробної машини.



а – слаломна група, б – двоярусна група; 1 – картонне полотно; 2 – сушильний циліндр; 3 – сидковедучий вал; 4 – сітка або сукно

Рисунок 1 – Сушильна частина

Сушильна частина поділяється на групи. У випадку великих швидкостей картоноробної машини та невеликої маси квадратного метра картону перша сушильна група(або декілька перших) може бути реалізована в слаломному виконанні проводки картонного полотна. В даному випадку використовується одноярусне розташування сушильних циліндрів. При цьому картонне полотно весь час підтримується сукном під час проходження ним сушильних циліндрів до наступної двоярусної сушильної групи. Інколи сушильних груп слаломного типу застосовують декілька.

Проте в більшості випадків міцності картонного полотна достатньо для використання двоярусних груп від початку сушіння відразу після пресової частини.

Для зменшення маркування картонного полотна в першій сушильній групі або в декількох перших використовуються сукна. В інших групах використовують синтетичні сітки, що мають менший гідравлічний опір для проходження випареної вологи з картонного полотна.

Зазвичай, сухість картонного полотна на вході в сушильну частину становить 40%. На виході після проходження всіх сушильних груп картонне полотно має сухість 94-96% [2].

Отже, для картону зі значною масою квадратного метра та без додаткових вимог до гладкості поверхневого шару картону доцільно використати сушильну частину з двоярусними сушильними групами з сітками. За підвищеними вимогами до гладкості поверхні картону краще в першій або в першій та другій сушильних групах замість сітки застосувати синтетичні сітки.

Перелік посилань:

1. https://studwood.ru/1602542/tovarovedenie/printsip_raboty_sushilnoy_chasti

2. В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екімова и др. - М.: Лесная пром-сть, 1981. - 264 с.

УДК 676.058.1

НАКАТ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ

магістрант Коваленко С.П., к.т.н., доц. Семінський О.О.

Національний технічний університет України

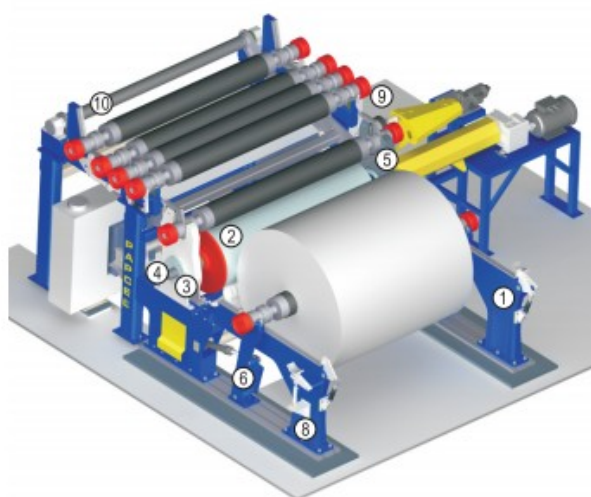
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Важливу роль у технологічному циклі виробництва картону на картоноробній машині відіграє накат який призначений для щільного намотування картонного полотна на тамбурні вали[1]. Процес намотування суттєво впливає на товарні характеристики картону, отже вдосконалення та спрощення конструкції накату є актуальною задачею для розробників обладнання целюлозно-паперової промисловості. Саме тому багато фірм активно займаються модернізацією накатів. Серед них такі визнані світові лідери як Parcel з накатом Pore (рисунок 1), Voith з накатом Master Reel(рисунок 2), а також Valmetl з накатом OptiReel Linear(рисунок 3).

Накат типу Pore[2]. Накат данного типу призначений для намотування картонного полотна з постійною швидкістю на тамбурний вал. Тамбурний вал приводиться до обертання шляхом передачі крутного моменту від несучого вала, який приводиться в дію електродвигуном з редуктором, або від трансмісії картоноробної машини.

Несучий вал виготовлено з чавуну. Між стійками машини знаходиться шабер для очистки поверхні валу. Зі сторони обслуговування для канатної заправки встановлюють нерухомий або рухомий канатний шків з системою заправки картону в накат. Несучий вал оснащений внутрішньою системою охолодження картону. Після намотування рулон зупиняється за допомогою гідравлічних амортизаторів та гальмується за допомогою барабанного гальма та відводиться в зону з якої буде транспортуватися.

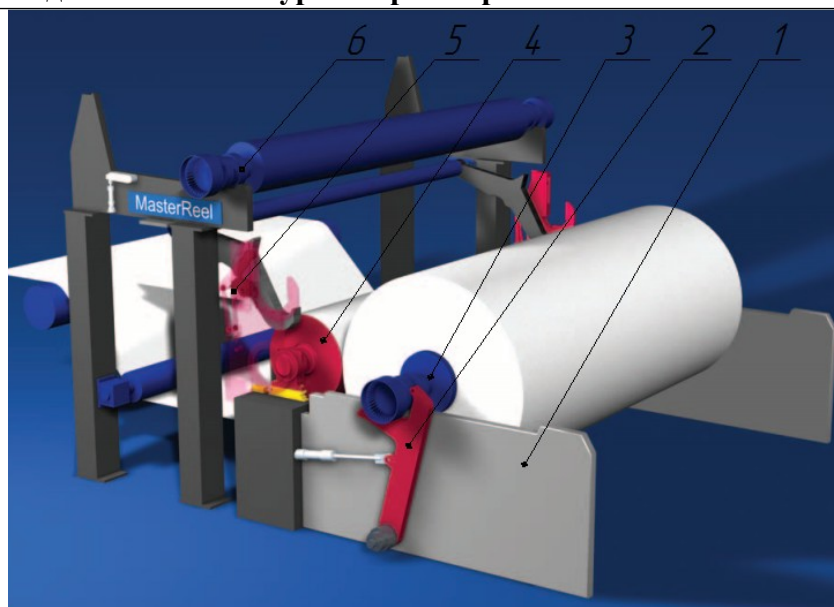
Основні переваги такої конструкції накату полягають у: простоті обслуговування, можливості повністю автоматизованої експлуатації, регулюванні щільності намотування рулону.



1-станина; 2 – несучий вал з канатним шківом; 3- посадочний механізм несучого валу; 4 – система охолодження несучого вала; 5- захват тамбурних валів; 6 – притискні ричаги; 7 – шабер; 8 – амортизатор намотаного рулону з гальмом; 9 – розгін тамбурів; 10 – закладка тамбурів; 11 – захисні кожухи;

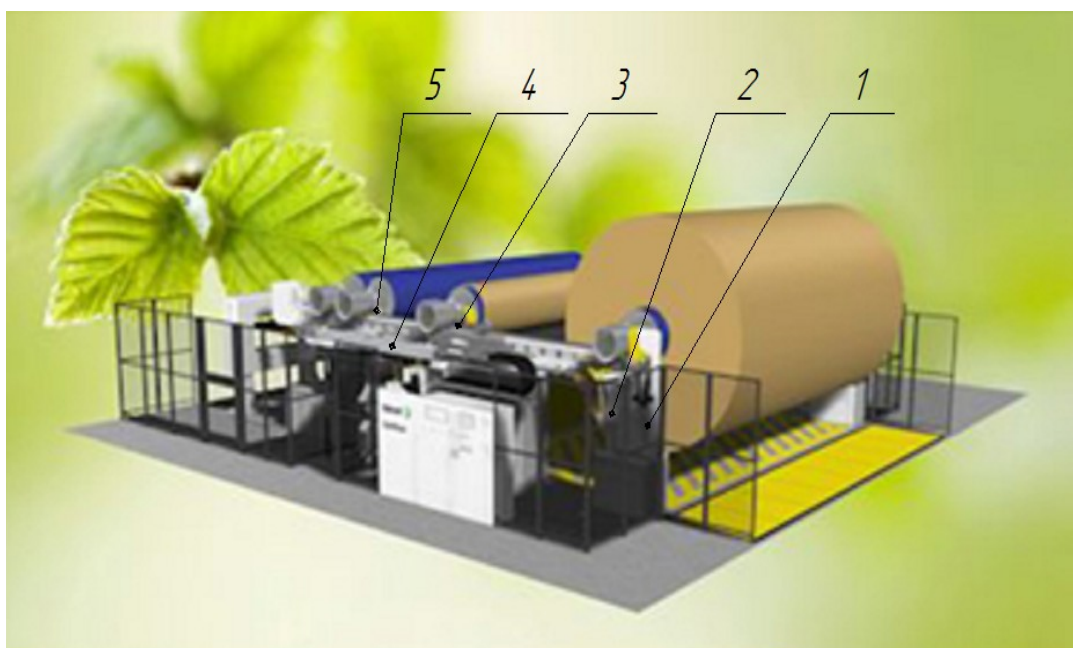
Рисунок 1 – Накат типу Pore

MasterReel [3] – дуже економічне рішення для намотування всіх сортів картону і паперу. Підходить для намотування рулонів діаметром до 3,8 м зі швидкістю до 1800 м/хв. Вертикальний хід полотна дозволяє зменшити лінійні навантаження від натягу картонного полотна.



1 – станина; 2 – робочий ричаг; 3 – намотуваний рулон; 4 – циліндр накату;
5 – ричаг подачі тамбурних валів; 6 – тамбурний вал.

Рисунок 2 – Накат типу Master Reel



1 – станина; 2 – амортизатор ; 3 – несучий вал; 4 – напрямні;
5 - тамбурні вали.

Рисунок 3 – Накат типу OptiReel Linear

OptiReel Linear [4] – принципово нова конструкція накату, що відрізняється від раніше запропонованих рішень тим, що замість масивних ричагів, використовуються напрямні по яких рухаються тамбурні вали. Вона дозволяє зменшити загальну висоту накату , а також забезпечити

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
безперервну подачу тамбурних валів з мінімальними витратати енергії та часу.

Запропонована конструкція проста в обслуговуванні, менш металоємна та більш дешева у виготовленні. Проведений аналіз вказує на те, що на теперішній час основними тенденціями в розробці конструкцій накатів є їх спрощення, збільшення швидкості та щільності намотування, збільшення рулону який намотується

Перелік посилань:

1. Чичаев В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. Том 2: бумагоделательные машины. Издательство "Лесная промышленность". – 1981
2. <https://www.papcel.ru/produkty/papir/cardboards/paper-machine/machinery-and-equipment/reel/reel-navijec/> від 15.10.2019 р.
3. <http://voith.com/corp-en/papermaking/masterreel-.html> від 15.10.2019
4. <https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/reeling/linear-reeling/> від 15.10.2019 р.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО ПРЕСУ

КАРТОНОРІВНОЇ МАШИНИ

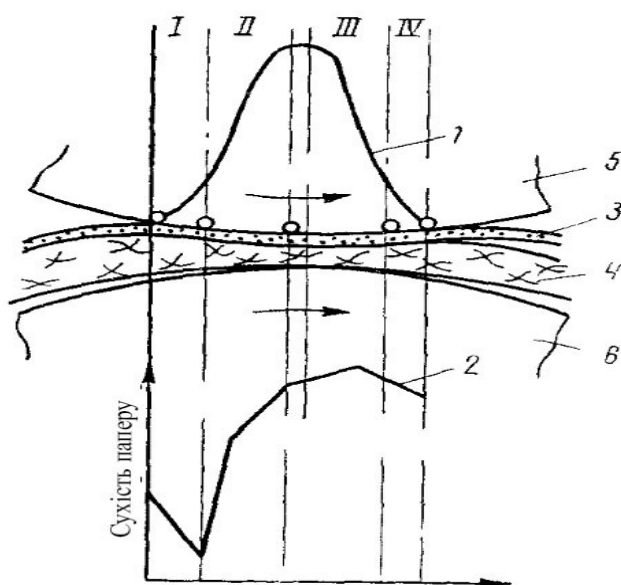
магістрант Котенко Д.В., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Виробництво картону та паперу є дуже енергозатратним процесом. За витратами енергії дані виробництва стоять на другому місці після металургійної промисловості в усьому світі. Саме тому будь-яка модернізація, яка націлена на зменшення енергозатрат є актуальною. Важливо знати, що збільшення кінцевої сухості на пресовій частині в один відсоток призводить до економії п'яти відсотків теплової енергії на сушильній частині.

Пресування – це процес видалення вологи з картонного полотна. В захваті пресу, відбувається деформація капілярів з водою в картонному полотні, після чого починається процес фільтрації. Відпресована вода фільтрується крізь картонне полотно, потім через сукно і в кінцевому результаті відводиться з жолобків нижнього пресового валу.



- 1 – загальний тиск ; 2 – сухість паперу ; 3 – папір ;
- 4 – сукно ;
- 5 – верхній вал ;
- 6 – нижній вал ; I , II , III , IV – фази зневоднення

Рисунок 1 – Розподілення тиску і сухості картону по ширині захвату

Дана робота присвячена модернізації трьохвального пресу з метою збільшення сухості після пресування, шляхом значного збільшення тиску в захваті валів. Модернізація полягає в заміні двох жолобчастих пресових валів існуючої конструкції, на вали з гідропідтримкою оболонки.

Нова конструкція дозволяє збільшити лінійний тиск в захватах валів, що в свою чергу призводить до збільшення кінцевої сухості після проходження трьохвального пресу.

Також, встановленні вали з гідропідтримкою оболонки мають значно менші діаметри, ніж замінені жолобчасті, що зменшує металоємність конструкції і і також є дуже важливим фактором в модернізації, так як ще одним недоліком картоноробного та папероробного виробництва є витрати металу.

Ще одною перевагою валів з гідропідтримкою оболонки є рівномірне розподілення тиску по всій довжині захвату пресу, порівняно з застарілими жолобчатими, що значно покращує якісні показники картону.

Отже, модернізація пресової частини, покращить кінцеву сухість паперу після пресування, що призведе до значної економії теплової енергії, а також зменшення металоємності конструкції – це дві з основних проблем, які є актуальними.

Перелік посилань:

1. ВНИИБ - Технология целлюлозно-бумажного производства. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона. — СПб.: Политехника, 2005.— 423 с.: ил.

2. Інтернет – ресурс: <http://mash-xxl.info/info/600271/> від 16.10.2019 р.

УДК 676.056.712

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ХОЛОДИЛЬНИХ ЦИЛІНДРІВ

КАРТОНОРОБНИХ МАШИН

магістрант Кошурніков М.Ю., к.т.н., доц. Семінський О.О.

Національний технічний університет України

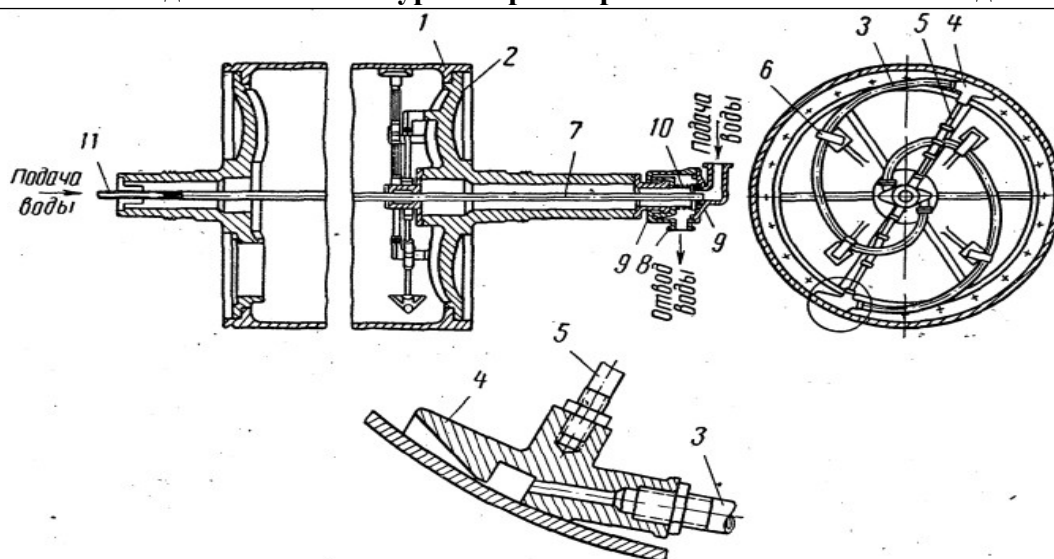
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Картон – це екологічно чистий матеріал, який широко використовуюється у побуті та виробництві. В основному, його виготовляють з деревинної сировини, макулатури або їх композицій. При виробництві картону важливу роль відіграє його охолодження. Цей процес дозволяє знизити температуру картонного полотна з 90...70^{°C} до 55...50^{°C} з одночасним підвищенням його пластичності шляхом його часткового зволоження на 1,5..2,5% після сушильної частини, що суттєво покращує каландрування та знижує ймовірність обриву полотна. Для охолодження картону використовуються один або два холодильних циліндра, які встановлені після сушильної частини. Картоноробні машини мають нижчу швидкість ніж бумагоробні, що дозволяє використовувати холодильні циліндри із статичними та роторними сифонами [1].

Конструкція типового холодильного циліндра для охолодження картону наведена на рисунку 1 [2].

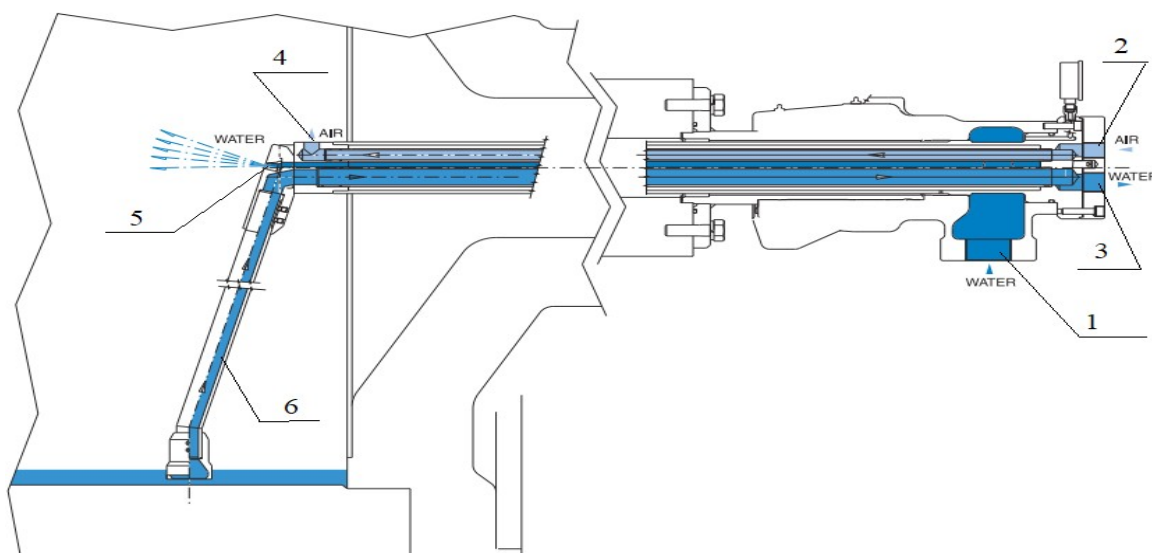
Принцип дії цієї конструкції полягає у тому, що картоне полотно з сушильної частини надходить на зовнішню поверхню холодильного циліндра, який обертається, вода подається в трубу 7, а повітря в трубу 11 під тиском в 30..50 кПа. За допомогою відцентрової сили холодоагент рівномірно розподіляється по внутрішній поверхні циліндра, а потім відводиться з внутрішньої поверхні циліндра за допомогою сифона 3.

Для підвищення ефективності та інтенсифікації процесу охолодження розробляються нові конструкції сифонів, більш сучасна конструкція наведена на рисунку 2 [3].



1 – оболонка; 2 – кришка привідної сторони; 3 – сифон; 4 – накінецьник сифону; 5 – стрижень для кріплення сифону; 6 – кріплення сифонної трубки до кришки; 7 – перфорована труба для подачі води; 8 – корпус сальника; 9 – графітове кільце; 10 – пружина; 11 – труба для подачі повітря

Рисунок 1 – Схема конструкції холодильного циліндра [2]



1 – подача води у трубопровід; 2 – подача повітря у трубопровід; 3 – вивід води; 4 – подача повітря у циліндр; 5 – водяний сприск; 6 – сифон

Рисунок 2 – Схема сифону холодильного циліндра [3]

Конструкція та принцип дії сучасного сифона холодильного циліндра відрізняється наявністю головки водяного сприску 5 та отвіру подачі повітря 4. Повітряно-водяна суміш потрапляє у циліндр та під дією відцентрової сили

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
прибивається до периферії оболонки. Вода відводиться з циліндра сифоном 6 по трубопроводу.

Запропоновані універсальні конструкції циліндрів для картоноробних та папероробних машин, які можуть працювати як сушильні або як холодильні. В залежності від налаштування в трубопровід подається повітряно-водяна суміш або пара. Схеми таких циліндрів наведені рисунку 3 [3].

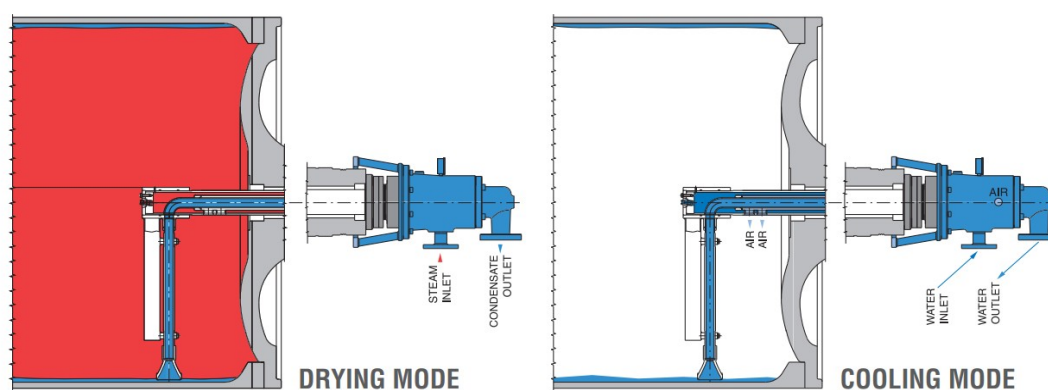


Рисунок 3 – Схема універсального сифону [3]

Застосування сучасних сифонів в холодильних циліндрах дозволяє зробити конструкцію більш універсальною, інтенсифікувати процес охолодження полотна, збільшити площу теплообміну, зменшити витрати холодоагенту та температуру картонного полотна на виході.

Перелік посилань:

1. В.А. Чичаев, 1. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2 Бумагоделательные машины 1981. – 264 с.
2. И.Я. Эйшлин, Бумагоделательные и отделочные машины, изд. 3-е, испр и доп. Изд-во «Лесная промышленность», 1970.–624 с.
3. Deublin company, ROTATING JOINTS AND SIPHON SYSTEMS For The Paper Industry, 2013. – 16с.

УДК 676.056.71

МОДЕРНІЗАЦІЯ МАШИННОГО КАЛАНДРА

КАРТОНОРОбНОЇ МАШИНИ

магістрант Курмишев О.С., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Машинний каландр картоноробної машини встановлюється у кінці машини після сушильної частини, перед накатом. Машинний каландр призначений для покращення технічних характеристик паперового полотна та надання йому лоску та гладкості, а також надання рівномірної товщини по ширині полотна. Після процесу каландрування розривна довжина паперу збільшується, а число подвійних перегинів зменшується.

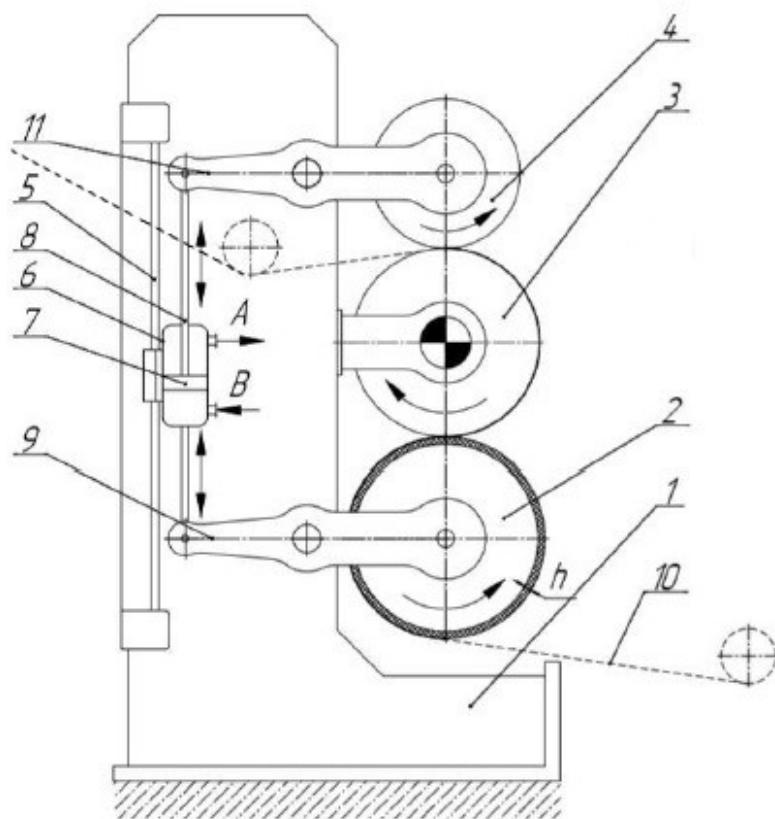
Головні чинники які впливають на процес каландрування це тиск між валами, тривалість каландрування, число захватів, температура валів та вологість оброблюваного картонного полотна.

На відміну від суперкаландрів, машинні каландри складаються з невеликого числа валів, зазвичай до чотирьох. Вали розташовані у вигляді вертикальної батареї. Їх кількість варіюється в залежності від необхідного лінійного тиску та виду оброблюваного картону [1]. Основними недоліками сучасних конструкцій машинних каландрів є великі габарити, значна металоємність, великі затрати енергії на системи притискання, складність в обслуговуванні та експлуатації.

Машинний каландр працює наступним чином: полотно подається на верхній притискний вал та огинаючи його потрапляє у верхній захват з привідним валом, після чого огинаючи цей привідний вал потрапляє у нижній захват з нижнім валом. В другому захваті полотно ущільнюється і вигладжується за рахунок проковзування валів захвату. Виглажування полотна відбувається завдяки проковзування валів, що виникає внаслідок збільшення площадки деформації пружного полімерного покриття нижнього

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" валу [2]. Необхідний лінійний тиск в захватах валів забезпечується гідравлічним механізмом притискання.

З метою покращення процесу каландрування пропонується модернізувати машинний каландр, шляхом заміни верхнього притискного вала на вал з гідро підтримкою, що надасть можливість збільшити лінійний тиск у захваті валів (рисунок 1).



1 – Станина; 2 – Обгумований вал; 3 – привідний середній вал; 4 – вал з гідропідтримкою; 5 – направляюча рейка; 6 – гідроциліндр механізму притискання; 7 – поршень; 8 – шток; 9, 11 – важелі; 10 – полотно.

Рисунок 1 – Схема конструкції машинного каландру

Перелік посилань:

1. Марчевський В.М. Обладнання лісового комплексу. Дослідження процесів устаткування целюлозно-паперових виробництв / В.М. Марчевський, О.О. Семінський, В.В. Петров. – К.: НТУУ «КПІ», 2011.

2. В.А. Чичаев, 1. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2 Бумагоделательные машины 1981. – 264 с.

РОЗРОБКА ФОРМУЮЧОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРІЗНОЇ МАШИНИ

магістрант Матохнюк М.Б., к.т.н., ст. викл. Новохат О.А.

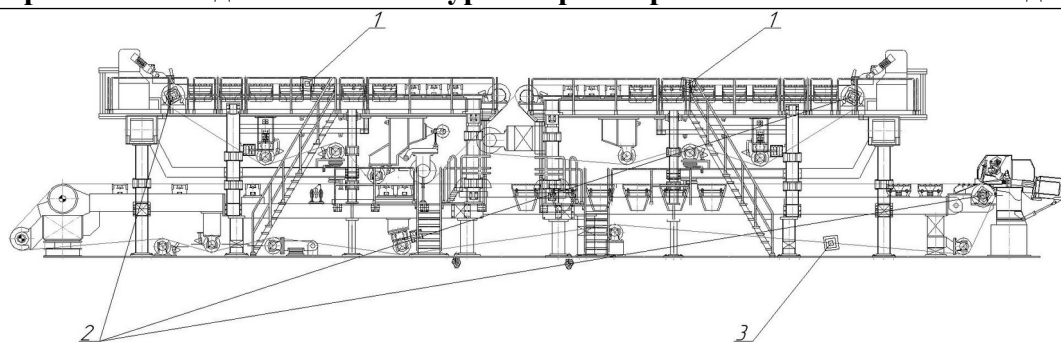
**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Існують різноманітні конструкції формуючих частин картонорізної машини (КРМ). Раніше була поширена формуюча частина з вакуум-формерами. Проте їх продуктивність обмежує загальну продуктивність КРМ. Плоскосіткова формуюча частина іншого типу поширена і нині, особливо серед країн колишнього СНД. Проте за високої маси квадратного метру виробляемого картону габарити по довжині та металоємність цього типу формуючої частини є надто великими. Існують також багатоярусні плоскосіткові частини, що дозволяють досягнути більш високих питомих продуктивностей.

Для виробництва багат шарових видів картону широке застосування знайшли КРМ, обладнані різними комбінаціями сіткових столів і сіткових циліндрів. На принципі роботи плоскої сітки запропонований ряд нових конструкцій багатосіткових формуючих пристроїв [1].

Такі агрегати включають дві або більше звичайних плоских сіток. Вони дозволяють отримувати багат шарове картонне полотно шириною до 6 м в діапазоні маси квадратного метру від 120 до 350-400 г/м² за швидкості 100-200 м/хв. Застосування декількох сіткових столів дає можливість збільшити об'ємну масу картону, зменшити деформацію і анізотропію, підвищити рівномірність розподілу маси по ширині полотна.

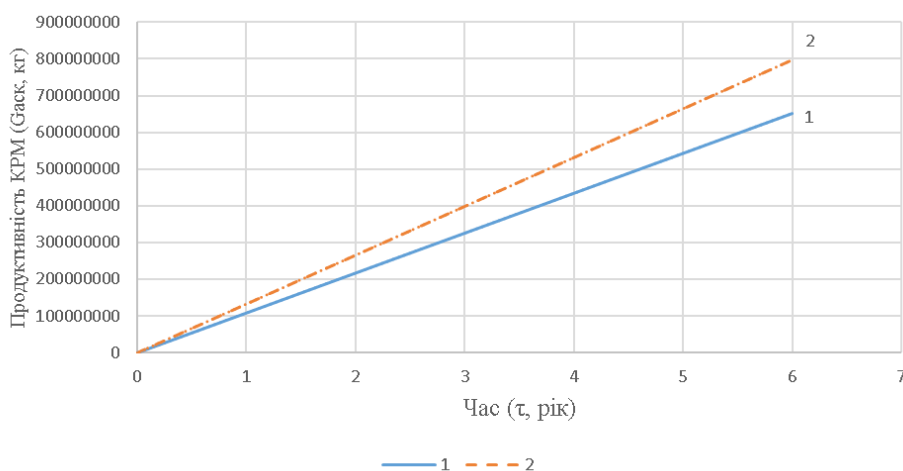
Для збільшення питомої продуктивності картонорізної машини розроблено формуючу частину плоскосіткового типу з додатковим верхнім розміщенням двох плоскосіткових столів на базі існуючої конструкції київського картонно-паперового комбінату (рис. 1) [2].



1 - формуюча сітка; 2 - грудний вал; 3 - сукно;

Рис. 1. – Формуючу частину плососіткового типу з додатковим верхнім розміщенням двох плососіткових столів

Для розробленої конструкції визначено теоретичну продуктивність та порівняно обсяг виготовленого картону до та після модернізації (рис. 2).



1 – до модернізації; 2 – після модернізації

Рис. 2. – Графік залежності продуктивності КРМ по абсолютно сухому картону ($G_{аск}$, кг) від часу (τ , рік)

Отже, збільшення загальної продуктивності КРМ без демонтажу існуючої конструкції можливе шляхом встановленню додаткових плососіткових столів.

Перелік посилань:

1. Эйдлин И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины / Эйдлин И.Я. – М.: Лесная промышленность 1970.- 624 с.
2. <https://www.papir.kiev.ua/> від 02.10.2019 р.

ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ МАСОНАПУСКНИХ ПРИСТРОЇВ КАРТОНОРОБНИХ МАШИН

магістрант Міліціян О.А., к.т.н.. ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

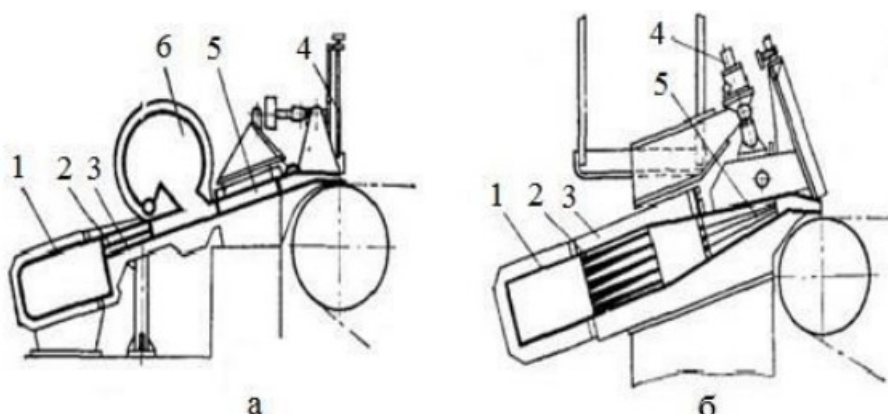
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

В епоху зростання електронної комерції картон та пакувальний папір набувають все більшого значення. Серед видів пакувального паперу - всі види гофрокартону, звичайний коричневий пакувальний папір, верхні шари гіпсокартону. Ці види паперу виконують дуже важливу функцію – захист від пошкоджень під час транспортування та зберігання.

В світі попит на пакувальний папір та картон постійно збільшується. На сьогодні ці види паперу займають більше 50% від виробництва в усьому світі. Одним з лідерів галузі в нашій країні є Обухівський ККПК. [1]

В цей же час, перед виробниками стоїть завдання постійно пристосовувати свою продукцію до сучасних тенденцій дизайну, екології та вимог якості та продуктивності.

З точки зору виробництва картон, в першу чергу, відрізняється від паперу масою метра квадратного та призначенням. Також відмінністю може бути товщина, кількість шарів, сировина та процесами обробки, зокрема нанесення покриття або каландрування.



а – фірми «Валмет»; б – фірми «Белойт»; 1 – розподільчий колектор;
2 – розподільча система; 3 – корпус ящика; 4 – механізми регулювання щілини; 5 – турбулізуючі елементи; 6 – повітряна подушка;

Рисунок 1 – Напірні ящики

На сьогодні відомо багато конструкцій формуючих пристроїв, кожна з яких має свої переваги та недоліки. Для виробництва картону найбільшого розповсюдження набули напірні ящики турбулентного типу, в яких розподіл суспензії по ширині машини забезпечується розподільниками потоку в вигляді системи трубок або перфорованої плити.

З метою зменшення площі, яку займає формуюча частина, а також задля спрощення отримання властивостей багатошарового картону можна використовувати Гідроформери. Гідроформер являє собою один похилий напірний ящик, споряджений декількома системами подачі суспензії. Вони складаються з колектора та блока турбулентності. [2]

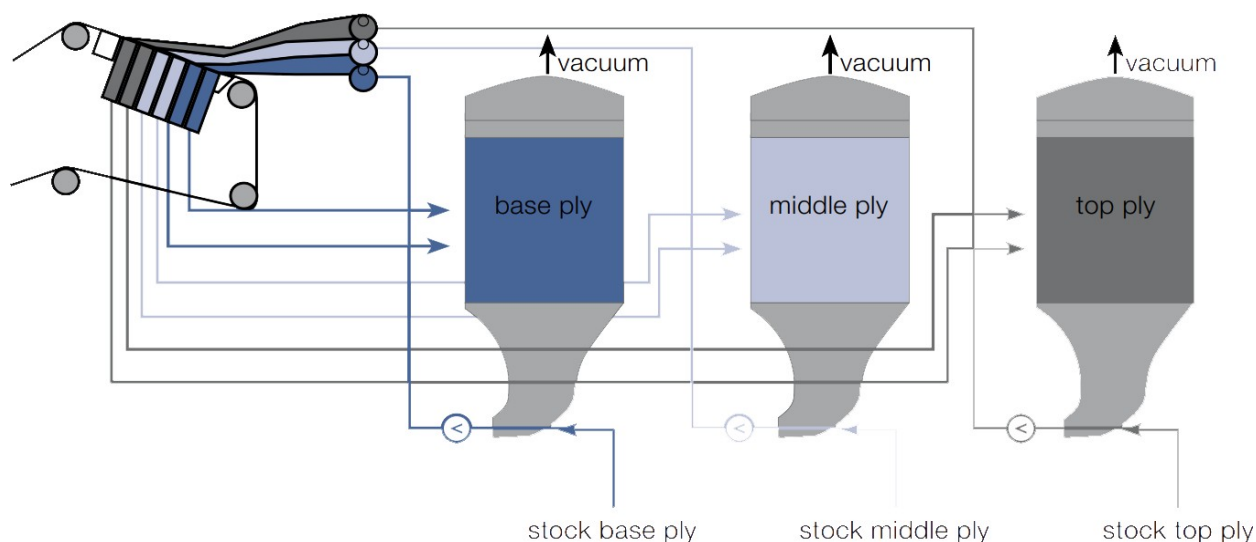


Рисунок 2 Гідроформер

Тому за рахунок різних можливостей перемішування волокон в окремі шари, використання формуючих пристроїв такого типу дозволить краще контролювати характеристики готової продукції. Також це дозволить зменшити розміри формуючої частини.

Перелік посилань:

1. <https://www.papir.kiev.ua/> від 16.10.2019 р.
2. <http://voith.com/> від 16.10.2019 р.

УДК 626.026

**МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОЇ ЧАСТИНИ
КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ**

магістрант Нечипоренко Р.А., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

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

На сучасному етапі пакувальна індустрія розвивається прискореними темпами, тому пакувальні матеріали відіграють значну роль в промисловості. В Україні використовують близько 40% картонно - паперової упаковки.[1] Попит на упаковку в промисловості, особливо, на виробництвах харчової промисловості – який являється основним споживачем гофротари, та і в інших галузях швидко зростає і цілком не задовольняється.

Збільшення об'ємів виробництва упаковочного картону обмежується продуктивністю сушильної частини КРМ, тому інтенсифікація процесу сушіння є актуальною проблемою.

Сушильна частина картоноробної машини складається з сушильних циліндрів, що нагрівають паром, які зазвичай розташовані в два ряди в шахматному порядку. Загальна кількість циліндрів залежить від таких факторів як температура поверхні сушильних циліндрів, вологість теплоносія. Паперове полотно послідовно огинає поверхню сушильних циліндрів і проходить від верхнього ряду до нижнього. При цьому на ділянках контакту з циліндрами полотно притискається сушильним сукном до робочої поверхні циліндрів. Сукно зволожено паром висушується на сукносушильних циліндрах.

Для інтенсифікації сушіння паперового полотна замість сукна застосуємо полімерну сітку, яка забезпечить краще зневоднення паперового полотна, а також дає можливість не ставити сукносушильні циліндри. Застосувати подачу теплоносія через сопла обдуву.

Також застосуємо ковпаки конвективного сушіння, які дадуть додатковий тепловий потік, що приведе до зменшення кількості сушильних

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
циліндрів в сушильній частині. Покращуємо вентиляцію за рахунок тепла відпрацьованого повітря соплового обдуву, що ліквідує конденсацію пари на сінках ковпака взимку в результаті додаткового об'єму повітря.[2]

Висновок запропоновані методи інтенсифікації процесу сушіння дозволять збільшити продуктивність сушильної частини та зменшити її металоємність.

Перелік посилань:

1. Требования к упаковочным материалам /Тара и упаковка. Учебник// Э.Г.Розанцева. - М. МГУПБ, 1999.
2. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В двух томах. Т2. Бумагоделательные машины/ В.А. Чичаев, М.Л. Глезин, В.А. Екимова и др. Лесная промышленность, 1981, ст.141.

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАШМАЧНОГО ПРЕСУ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Башмачні преси використовують в якості кінцевих пресів пресової частини папероробних та картоноробних машин. Від їх ефективності залежить сухість картону на вході в сушильну частину КРМ [1]. Чим більша сухість картону після башмачного пресу тим менше витрачається теплової енергії сушильною частиною КРМ. Приблизне збільшення сухості після башмачного преса на 1% дозволяє зменшити витрати теплоти сушильною частиною на 5%. Тому модернізація башмачного пресу рисунок 1 з метою збільшення кінцевої сухості актуальна і має економічне значення тому, що економиться топливо і зменшуються викиди вуглекислого газу в довкілля.

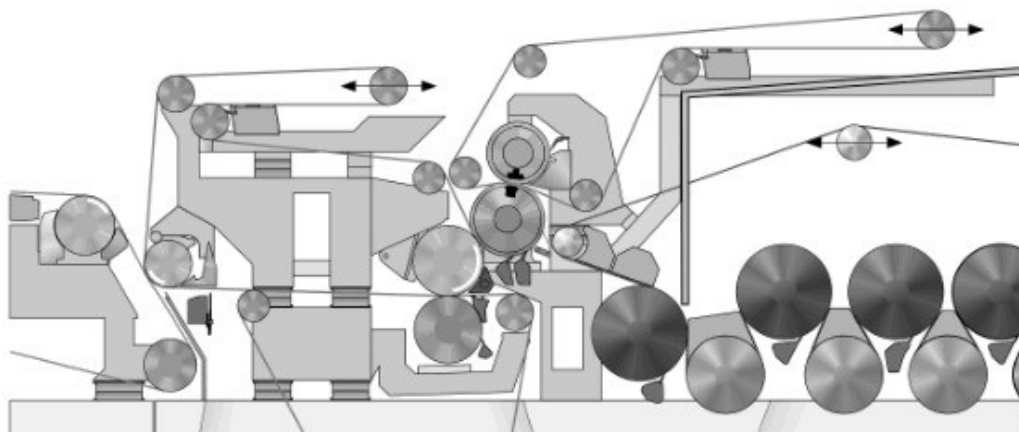
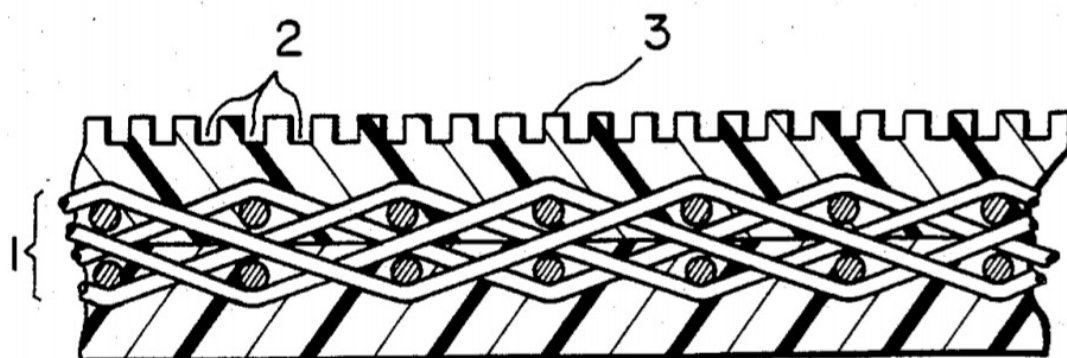


Рисунок 1 – Прес-секція OptiPress Center фірми Valmet.

В захваті башмачного пресу, що створюється зовнішньою поверхнею вала і башмаком, який притискає до поверхні вала картонне полотно на пресовому сукні, що розташоване на безкінечній стрічці, виготовленій із зносостійкого поліуретану армованого кевларовими нитками рисунок 2 [2]. Стрічка транспортує пресове сукно і розташований на сукні картон по поверхні башмака силою тертя привідного вала.



1 – корд; 2 – жолобки; 3 – поліуретанове покриття ;

Рисунок 2 – Стрічка башмачного преса, вид в поперечному перерізі.

Під дією тиску, що створює башмак, сукно і картонне полотно, деформується, при цьому вода з деформованих комірок картону фільтрується в сукно, а через сукно в жолоби стрічки.

Швидкість фільтрації лімітується гідравлічним опором сукна і жолобків стрічки, що мають малу ширину 0,5 мм і не можуть самоочищатись, забиваються волокнами в результаті чого зростає гідравлічний опір фільтрації, зменшується її швидкість і відповідно зменшується сухість відпресованого картонного полотна.

В процесі модернізації планується використати стрічку з глухими отворами, які при роботі самоочищаються стисненим в них повітрям і відцентровою силою [3].

Перелік посилань:

1. Valmet, OptiPress Center:
<https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/pressing/optipress-center/>
2. United States Patent CPC Class: D21F 3/0227; Current International Class: D21F 3/02. Shoe press belt 4,559,258
3. Коновалов А.Б., Смирнов В.А. Пресовые части бумаго-картоноделательных машин: Учебное пособие / ГОУВПО СПбГТУРП. СПб., 2006. 91 С.: Ил.50. - ISBN 5-230-14391-6.

УДК 676.056.714

МОДЕРНІЗАЦІЯ МАШИННОГО КАЛАНДРУ

магістрант Сапіга Є.А., к.т.н., проф. Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Сучасне виробництво вимагає високої гладкості поверхні картону і паперу. На папері і картоні з низькою гладкістю поверхні не можна отримати чітких зображень тексту та малюнків .

Виглажування поверхні картону і паперу здійснюється на машинних каландрах і суперкаландрах. В процесі каландрування відбувається пружна і пластична деформація паперового полотна в результаті його стискання полірованою поверхнею металевих валів [1].

Інтенсифікувати процес виглажування можна збільшуючи лінійний тиск в захваті валів та проковзування металевих валів по поверхні паперу , а також збільшенням пластичності волокон паперового полотна . Вказані вище фактори інтенсифікації процесу каландрування впроваджені в проекті:

1. Встановлення верхнього валу з гідропідтримкою оболонки. Це дозволить збільшити лінійний тиск без прогину оболонки.

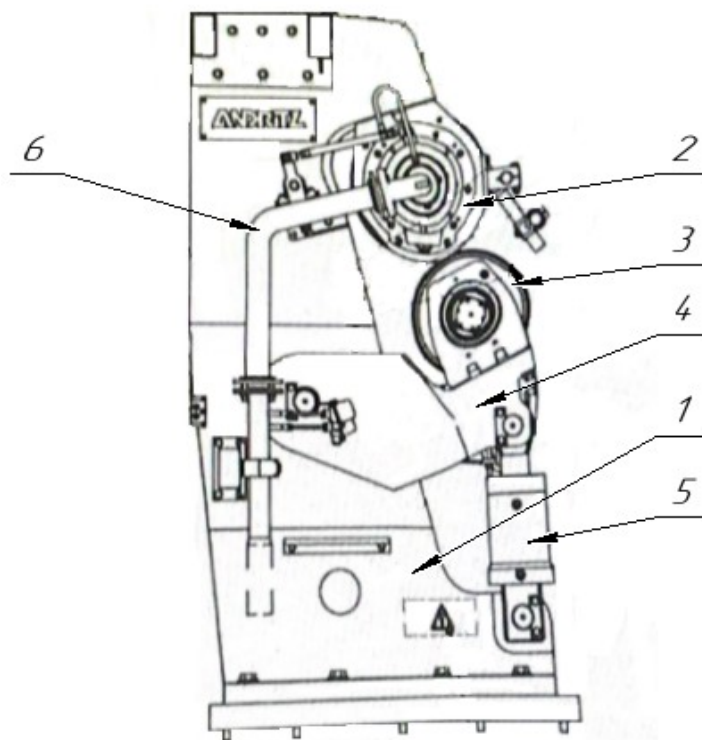
2. Покриття нижнього валу шаром гуми. Завдяки цьому буде відбуватись проковзування верхнього валу по поверхні картону , а це в свою чергу збільшить гладкість полотна.

3. Нагрівання верхнього валу за допомогою пари , або подачі гарячого мастила.

В результаті збільшення тиску в захваті валів пружне облицювання валу зазнає пружних деформацій, що викликає проковзування поверхні гарячого валу по поверхні картону, зануреного в деформаційну впадину облицюваного вала . Проковзування забезпечує значне збільшення гладкості поверхні картону. Окрім гладкості, каландрування збільшує густину картону і рівномірність його товщини.

В модернізованому каландрі будуть реалізовані вказані методи інтенсифікації процесу каландрування. Нагрівання верхнього валу

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" відбувається за рахунок подачі гарячого мастила [2]. Конструкція модернізованого каландру показана на рисунку 1.



1 – станини; 2 – вал верхній стаціонарний; 3 – вал нижній з гідропідтримкою оболонки; 4 – важіль притискного валу; 5 – гідроциліндр;
6 – маслопровід

Рисунок 1 – Каландр машинний

Перелік посилань:

1 Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т.2. Бумагоделательные машины/В.А. Чичаев, М.Л. Глезин, В.А.Екимова и др.- М.: Лесная пром.-сть, 1981.-264 с.

2. Andritz.com/group-en від 15.10.2019 р.

УДК 676.056.42

КОНТАКТНЕ СУШІННЯ ПАКУВАЛЬНОГО КАРТОНУ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Перші зразки картону, наповненого цеолітом, що створює в пакуванні захисну атмосферу і подовжує терміни зберігання продуктів, схвально прийняли пакувальники [1].

Робота з розробки нового картону відмічена дипломом № 1 і золотою медаллю XIII Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції з проблем пакувальної індустрії.

Наповнений цеолітом картон є ідеальним екологічно чистим матеріалом для пакувань. Він виготовляється зі стерилізованих волокон деревини. Пакування з такого картону після використання швидко розкладається, не засмічуючи довкілля.

Але поряд з перевагами цей картон має деякі недоліки. За його формування мікрочастинки цеоліту, що мають густину значно більшу ніж волокна деревини, вимиваються з полотна картону з відфільтрованою водою [2]. Крім того, за масового виробництва такого картону на сучасних картоноробних машинах процес сушіння картонного полотна буде здійснюватися на сушильних циліндрах контактним (кондуктивним) способом.

Тому в роботі ставляться такі основні задачі:

1. Створити новий спосіб формування картону з оптимальним наповненням картонного полотна цеолітом за мінімальних втратах наповнювача;
2. Виготовити зразки нового картону і дослідити на них кінетичні закономірності процесу кондуктивного сушіння експериментально і теоретично.

В якості основи математичної моделі процесу кондуктивного сушіння прийнято рівняння кондуктивного тепло- і масообміну [3]

$$\lambda_e(\nabla t)_{cp} + c\rho_0 R_v \frac{dt}{d\tau} + rj + \alpha(t_n - t_c) = 0 \quad (1)$$

де $\lambda_e(t, P)$ – еквівалентний коефіцієнт теплопровідності, Вт/м · К;

∇t – температурний градієнт всередині картону на межі з нагрітою поверхнею сушильного циліндру, К/м;

c_e – теплоємність картону еквівалентна, Дж/кг · К;

R_v – відношення об'єму до площі поверхні картону, м³/м²;

ρ_0 – густина картону, кг/м³;

dt – приріст температури, К;

t_n – температура гріючої поверхні, К;

t_c – температура середовища, К;

τ – час, с;

r – питома теплота випаровування, Дж/кг;

j – питомий потік вологи, кг/ м² · с;

α – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні картону в навколишнє середовище, Вт/м² · К.

Планується доповнити встановлене рівняння тепло-масообміну рівняннями кінетики сушіння і експериментальними параметрами до повної математичної моделі та перевірити її на адекватність.

Перелік посилань:

1. Телестакова В.В. Процес сушіння картону з мінеральними наповнювачами / В.В. Телестакова, В.М. Марчевський // XIII Всеукраїнська студентська науково-практична конференція з проблем пакувальної індустрії: матеріали конф. – Київ, 2018. – С. 8 – 10.
2. Марчевський В.М. Картон з новим мінеральним наповнювачем / В.М. Марчевський, В.В. Телестакова // Молодий вчений. – 2018. – Вип. № 2 (54) – С. 25 – 27.

УДК 676.026.54

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ

КАРТОННОГО ПОЛОТНА

магістрант Холод І.І., асистент Гробовенко Я.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Ефективність процесу охолодження картону залежить від температурного режиму холодоагенту, конструкції холодильного циліндру та шорсткості його зовнішньої циліндричної поверхні.

За допомогою програми автоматизованого проектування і моделювання SolidWorks 2019 та модулю Flow Simulation проведено моделювання теплообміну елементарної частинки картонного полотна dF (рисунок 1).

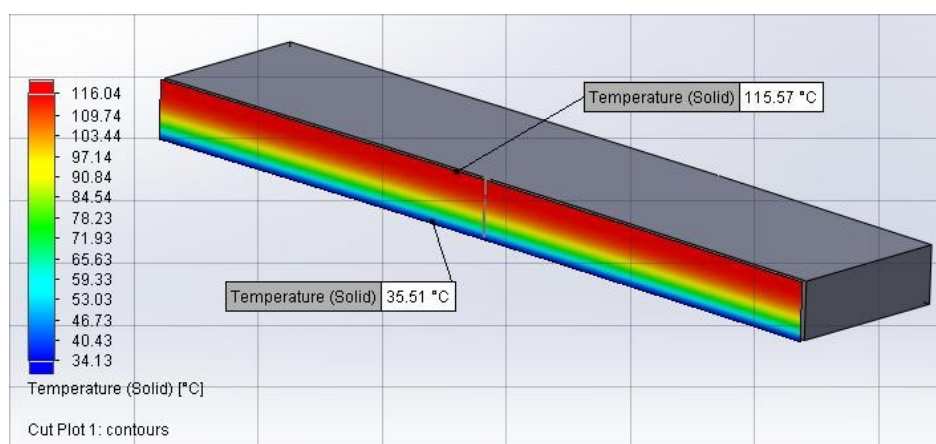


Рисунок 1 – Епюра розподілу температури полотна по його товщині

Для розрахунку були використані наступні початкові параметри: матеріал – картон; тип задачі – зовнішня; межові умови для сторони картонного полотна, що контактує із поверхнею холодильного циліндру встановлені, як «Real Wall» із температурою 283 К; межові умови для сторони полотна, що контактує із навколишнім середовищем, встановлені, як «Outer Wall» із температурою 313 К (приймаємо, що температура навколишнього середовища в зоні охолодження – 40 °С); початкові умови: фізичний час становить 0,21 с (1); шорсткість стінок – 10 мкм; тиск – атмосферний; температура картонного полотна – 393 К; температура поверхні холодильного циліндру – 283 К; товщина картонного полотна – 1 мм.

Як видно із рисунку 1, температура змінюється від максимального значення в зоні поверхні, яка контактує із повітрям і становить 116,04 °С до мінімальної температури картону, що становить 34,13 °С в зоні контакту із поверхнею холодильного циліндру.

Розподіл температури полотна T , К по його товщині δ , мм залежно від часу охолодження зображено на рисунку 2.

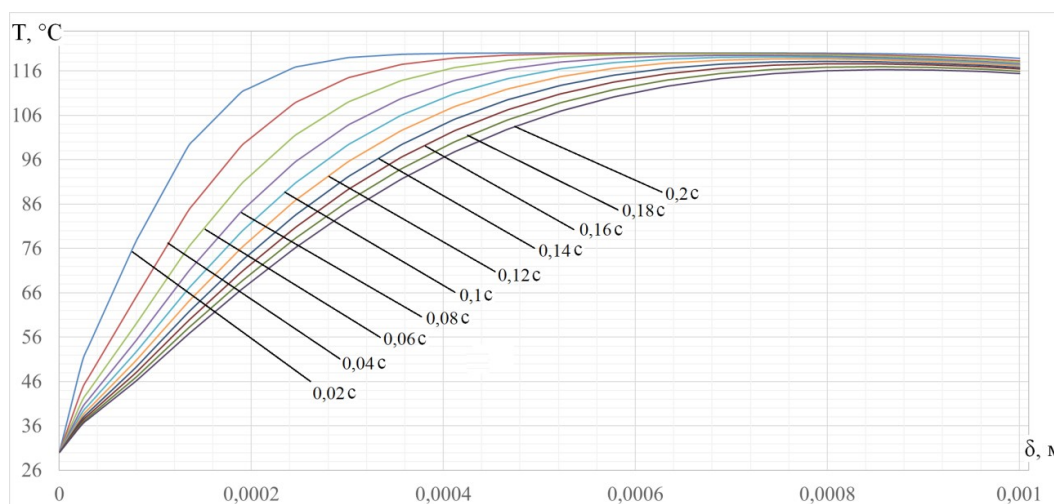


Рисунок 2 – Залежність зміни температури полотна картону по його товщині від часу охолодження

Запропонована модель імітаційного моделювання процесу охолодження картонного полотна, що дозволяють зменшити енергозатрати на проведення процесу. Крім того визначено поле розподілу температури по товщині картонного полотна та знайдено середню його температуру, що дорівнює 75,1 °С.

Спрямування подальших досліджень полягає у практичному впровадженні результатів роботи, створенні математичної моделі процесу охолодження та перевірці її адекватності експериментальним шляхом.

Перелік посилань:

1. Чичаєв А.А. «Обладнання целюлозно-паперового виробництва» в двох томах. Том 2 «Папероробні машини» / Чичаєв А.А. – М.: Лісова Промисловість, 1981. – 264 с.
2. Новиков Н.Е. Прессование бумажного полотна. / Новиков Н.Е. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 240 с.

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ПРЕСІВ З РОЗШИРЕНОЮ ЗОНОЮ ПРЕСУВАННЯ

магістрант Чусовлянкін О.С., к.т.н., доц. Семінський О.О.

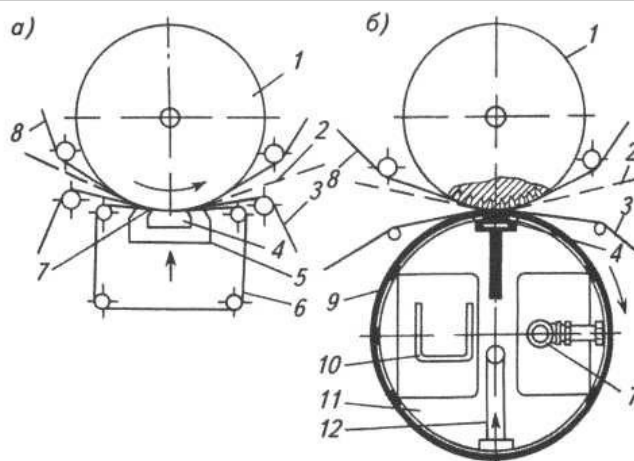
**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Преси з розширеною зоною пресування набули поширення у сучасних конструкціях паперо- та картоноробних машини. Це зумовлено тим, що у «звичайних» пресів з діаметром валів до 0,8...0,9 м, які працюють за лінійного тиску до 120 кН/м, ширина зони пресування зазвичай не перевищує 50 мм, а час перебування полотна у пресовому захваті становить не більше 10...15 мс.

Розширену зону пресування (до 100 мм) можна створити, застосовуючи пресові вали діаметром 1500...2000 мм з поліуретановим покриттям, розраховані на лінійний тиск пресування 200...350 кН/м за пресування між двома сукнами. Однак, такі вали вимагають багато місця і тому їх не завжди можна використовувати при реконструкції машин. Крім того, підвищення лінійного тиску, за такого варіанту компоновання пресу вимагає застосування важких багатошарових сукон з основою, що мало стискається, а також щоб один з валів пресу був з регульованим прогином для забезпечення рівномірного профілю вологості по ширині машини.

Значно більш ефективною за описану виявляється конструкція пресу з подовженою зоною пресування. Одна з перших таких конструкцій запропонована фірмою «Beloit» (США) (рис. 1, а). Цей прес складається з верхнього приводного вала з регульованим прогином і нижнього башмака, що притискається до верхнього валу з утворенням пресового захвату шириною до 250мм [1].

Аналогічний підхід запропонований фірмою «Voith» (ФРН) у конструкції пресу Flexonip (рис. 1, б), особливість якого полягає в тому, що один з валів замінено на нерухому балку, навколо якої обертається еластична пресова сорочка діаметром до 1,5 м.



1 – верхній вал; 2 – полотно 3 – нижня сукно; 4 – башмак; 5 – камера;
6 – стрічка; 7 – подача мастила; 8 – верхнє сукно; 9 – пресова сорочка;
10 – масловідстійник; 11 – несуча балка; 12 – сифон.

Рисунок 1. – Схеми пресів з розширеною зоною пресування:

а) фірми «Beloit»; б) фірми «Voith»

Однією з найважливіших розробок фірми «Voith» є пресова частина Tandem NipcoFlex що складається з двох пресів з розширеною зоною пресування [2]. Ця конструкція дозволяє видалити велику кількість води при низькому тиску пресування, що виключає небезпеку роздавлювання вологого полотна і зберігає його пухкість, а також забезпечує високу гладкість полотна навіть за високих швидкостей машини.

Використання пресів з розширеною зоною пресування дозволяє збільшити продуктивність паперо- та картоноробних машин, але потенціал розвитку таких конструкцій залишається не вичерпаним, що відкриває перспективи для їх подальшого вдосконалення.

Перелік посилань:

1. Коновалов А.Б., Смирнов В.А. Прессы с удлиненной зоной прессования [Текст]: Учебное пособие “Прессовые части бумаго- и картоноделательных машин” (2006 г. Санкт-Петербург) / Санкт-Петербургский государственный технологический университет растительных полимеров, 2006. – 42 с.

2. Tandem NipcoFlex [Електронний ресурс] – Voith GmbH & Co – Режим доступу: <http://voith.com/corp-en/papermaking/tandem-nipcoflex.html>

КОМПОНУВАННЯ ПРЕСІВ ПАПЕРО ТА КАРТОНОРІБНИХ МАШИН

**магістрант Чусовлянкін О.С., к.т.н., доц. Семінський О.О.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Пресова частина паперо- або картоноробної машини призначена для подальшого механічного зневоднення полотна після формуючої частини. У процесі пресування паперове полотно проходить через один або декілька пресових захватів, утворених парами пресових валів, ущільнюється і віддає більшу частину води, що утримується волокнами на їх поверхні та у міжволоконних проміжках.

У «класичному» варіанті пресова частина складається з 2...3 двовальних пресів. При проходженні пресу полотно стискається між парою валів, що утворюють пресовий захват. При цьому однією стороною полотно лежить на сукні, а іншою – контактує з пресовим валом. Внаслідок цього одна сторона паперу згладжується, а інша – ні. Для згладжування другої сторони полотна часто встановлюють зворотний прес, в якому сторона паперу, що стикалася в попередньому пресі з сукном, контактує з гладким валом зворотного преса.

На зневоднення паперу в пресах впливає багато факторів, але найбільше значення з них мають властивості волокнистої маси, швидкість машини і тиск пресування. Недоліком таких пресів є масивна конструкція.

Великого поширення набули універсальні преси, що відрізняються компактною конструкцією, наприклад, тривальний Комбі-прес. У цьому пресі перший вал – відсмоктуючий з двома камерами широкою і вузькою. Другий вал гранітний, третій – жолобчастий. Перший і третій вали – приводні і притискаються до другого валу, не контактуючи між собою. Перевагами цього преса є: зменшення обривності полотна за рахунок відсутності ділянок безопорного проходження, підвищення гладкості полотна, легкість видалення браку. За необхідності, в пресову частину може

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
бути доданий окремий прес. В якості такого використовується прес з валами великого діаметру.

Недоліки такого Комбі-пресу полягають у значній масі валів, що вимагає додаткових витрат на створення потужних стійких фундаментів, ускладненні транспортування і зміни валів. Крім того, за великих швидкостей руху полотна виникає небезпека обривів внаслідок зростання його натягу під дією відцентрових сил [1].

Більш ефективними, у порівнянні з розглянутими конструкціями пресів, є преси башмачного типу, у яких пресовий захват утворюється парами пресового валу і притискного елемента (башмака) вогнутого еквідістантно поверхні валу і розташованого уздовж його твірної. Сукна рухаються як по поверхні пресового валу, так і по поверхні башмака, а полотно проходить між сукнами. Така конструкція пресу відрізняється компактністю і дозволяє збільшити площу контакту паперового полотна у захваті та тиск пресування, що позитивно впливає на ефективність видалення вологи.

Порівняльний аналіз конструкцій дозволяє зробити висновок про доцільність рекомендації використання пресів башмачного типу при модернізації паперо- та картоноробних машин, що знаходяться в експлуатації, а також при проектуванні нових машин.

Перелік посилань:

1. ТЕХНОЛОГИЯ БУМАГИ : Учебное пособие / [С.Н. Иванов, В.Б. Борзунов, Н.Г. Никольский и др.] ; - [3-е изд.] : ОАО «Московская типография №2», 2006. – 424с..

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ

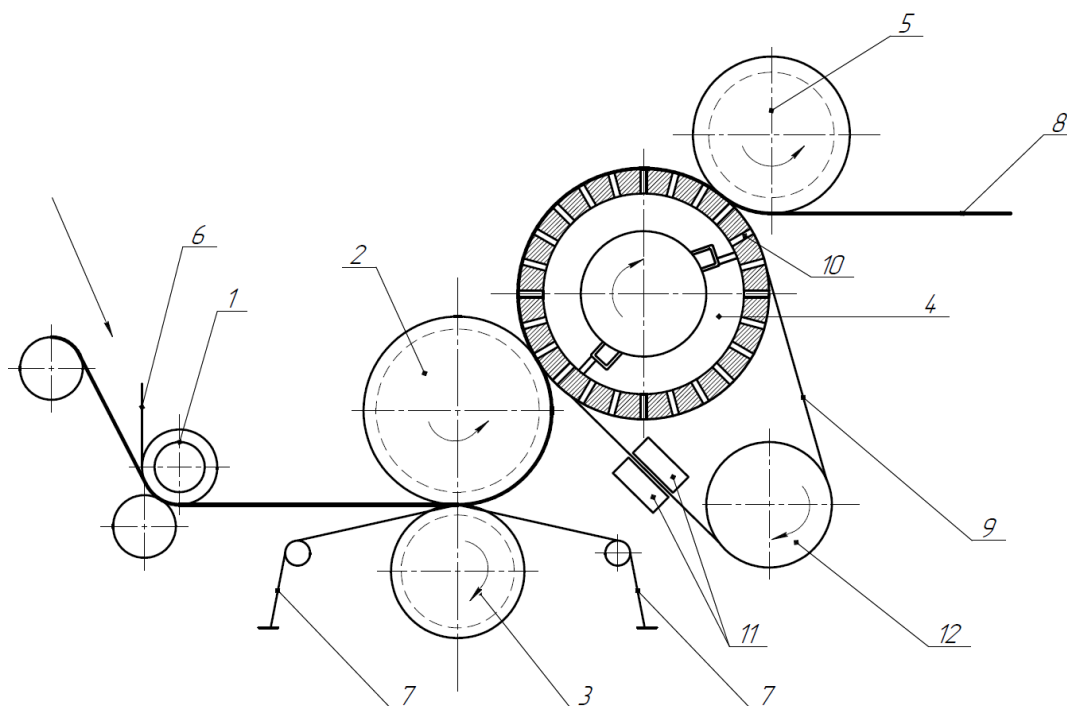
магістрант Яновський Д.І., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Встановлено, що для збільшення інтенсивності пресування доцільно використовувати відсмоктувальні вали.[1] Проте очікується, що поєднання всмоктувальної дії та термічного впливу на вологу дозволить ще в більшій мірі збільшити ступінь зневоднення. Адже завдяки цьому зросте різниця тисків всередині полотна та назовні, а в'язкість вологи в ньому зменшиться. Це збільшить текучість рідини та рушійну силу зневоднення в цілому. Технічно це можна реалізувати, якщо паперове або картонне полотно надходитиме до відсмоктувального валу підігрітим.

Розроблена пресова частина [2], в якій поєднано всмоктувальну дію та термічний вплив на полотно (Рис. 1).



1 - пересмоктуючий вал, 2,3,5 – пресовий вал , 4 – центральний вал; 6,7 – сукно, 8 – картонне полотно; 9 – безкінечна стрічка; 10 – перфорація центрального валу; 11 – інфрачервоні випромінювачі; 12 – сукноведучий вал

Рисунок 1 – Пресова частина

Пресова частина складається з двох пресів – однозахватного та двозахватного. В якості центрального валу двозахватного пресу використано відсмоктуючий вал, який огинається безкінечною металевою стрічкою. Остання має дрібночарункову структуру, має високу теплопровідність та низьку адгезію щодо паперового або картонного полотна. Перед огинанням центрального валу стрічка нагрівається від дії інфрачервоних випромінювачів.

Пресова частина працює наступним чином. Паперове або картонне полотно за допомогою пересмоктуючого валу по сукну передається в пресовий захват першого (однозахватного) пресу. Далі полотно потрапляє по чергово в два наступні пресові захвати наступного пресу (двозахватного). При огинанні центрального валу полотно притискається сукном до нагрітої поверхні безкінечної стрічки. При цьому на вологе полотно діє сила вакууму від центрального відсмоктувального валу та присутній термічний вплив. Крім того дрібночарункова структура безкінечної стрічки частково перекриває отвори відсмоктувального вала, розбиваючи потік повітря з вологою на малі потоки, що зменшує рівень шуму.

Розроблена конструкція прогнозовано дозволить збільшити інтенсивність зневоднення паперового або картонного полотна та зменшить загальний рівень створюваного шуму.

Перелік посилань:

1. Яновський Д.І., Новохат О.А. Застосування відсмоктувального гауч-вала [Текст]: XVI Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (22-23 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 129 с..
2. Заявка на деклараційний патент України на корисну модель u201905178 від 16 травня 2019 року.

СЕКЦІЯ 5

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

ЗМЕНШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ВТРАТ ВОЛОКНА У ВИРОБНИЦТВІ КАРТОНУ ДЛЯ ПЛОСКИХ ШАРІВ ГОФРОКАРТОНУ

магістрант Артеменко М.П., магістрант Вольвах В.В., проф. Барбаш В. А.

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

Важливе місце в економіці сучасного виробництва займає асортимент паперу і картону, які виробляються для пакування різних продовольчих товарів, а також для виготовлення предметів культурно-побутового призначення. Серед картонно-паперової продукції важливе значення для економіки і культури сучасного суспільства має картон макулатурний для плоских шарів гофрокартону, який призначений для виробництва упаковки товарів. У порівнянні з іншими матеріалами для пакування картон макулатурний має ряд таких переваг, як: відносно дешевизну і доступність вихідної сировини, можливість отримання матеріалу з раніше заданими фізико-механічними та іншими споживчими властивостями [1].

Картонна тара легко утилізується і до 80% повторно використовується у вигляді макулатури, що має велике значення для ресурсозбереження і зниження собівартості продукції. Тому першочергове завдання модернізації технологічного потоку з виробництва картону для плоских шарів гофрокартону полягає в удосконаленні існуючого та упровадженні в експлуатацію нового обладнання.

З метою зменшення кількості втрат волокна після гідророзбивача пропонується встановити додатково періодичний сепаратор типу PSN 30 компанії PAPCEL (рис. 1). Дані сепаратори відносяться до категорії вторинних гідророзбивачів закритого типу. Вони призначені для очищення працюючих в безперервному режимі гідророзбивачів макулатури від таких небажаних домішок як: фольга, фрагменти пластмаси, деревини, тощо.

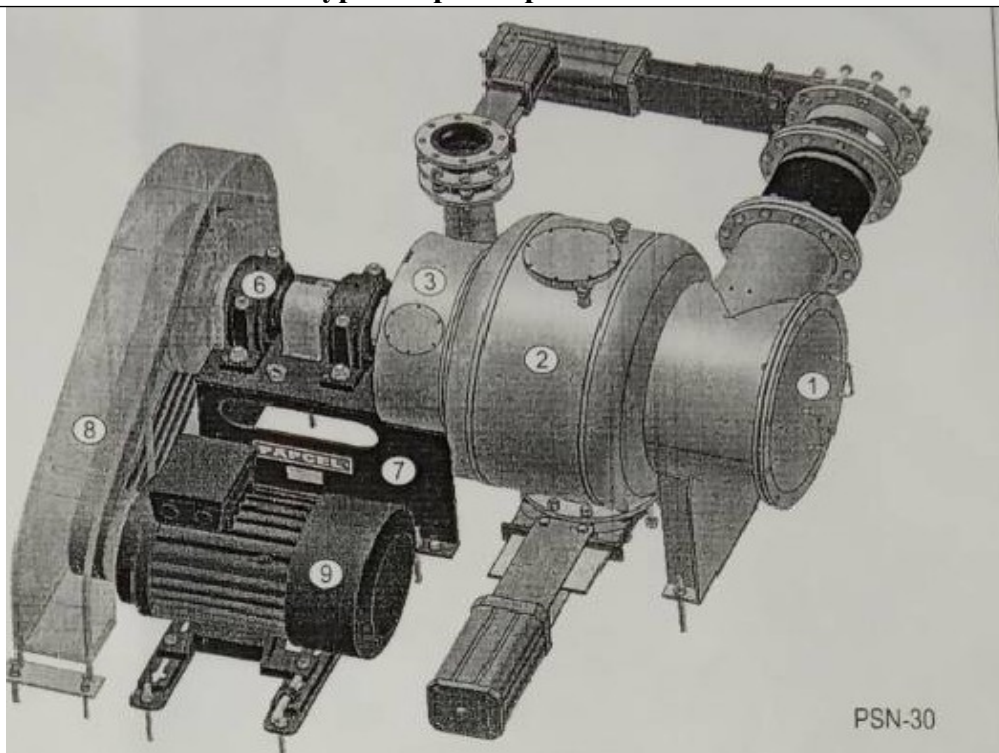


Рис.1 - Складові сепаратору типу PSN 30: вхід робочої камери (1), машина одиниця (2), вихідна камера (3), сортувальне сито (4), ротор (5), підшипниковий вузол (6), станина (7), ремінний привід з кожухом (8), електродвигун (9)

Експлуатація сепаратора може здійснюватися, як в безперервному, так і в періодичному режимі, виходячи з виду матеріалу і ступеня забруднення макулатури. Під час роботи відбувається остаточний розпуск та промивка матеріалів, що важко розщеплюються, з метою мінімізації втрат волокна. Основними перевагами сепаратору є: можливість застосування для різних типів ГРВ; висока ефективність очищення і велика надійність у процесі експлуатації; просте обслуговування; чисті відходи, які відходять з системи практично без волокна; автоматичний керований робочий цикл [2].

Перелік посилань:

1. Примаков С.П., Барбаш В.А. Технологія паперу і картону: Навчальний посібник для вузів. Видання друге, перероблене і доповнене – Київ: ЕКМО, 2008.- 425.
2. Каталог компанії PARCEL. Видання відділу маркетингу АТ PARCEL 2011.- 88 с.

ВИКОРИСТАННЯ ОБЛАГОРОДЖЕНОЇ МАКУЛАТУРИ

У ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРУ

магістрант Бондарчук Д.М., к.т.н, доц. Дейкун І.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вторинне волокно (макулатура) є одним з основних джерел целюлозовмісної сировини для виробництва паперу і картону. Використання макулатури забезпечує економію деревини, утилізацію використаних целюлозно-паперових виробів, а також скорочення витрат енергії на виробництво.

На сьогодні співвідношення між первинними і вторинними волокнистими напівфабрикатами, які використовуються у виробництві картонно-паперової продукції складає приблизно 50:50 [1].

Традиційно більша частина макулатури переробляється в картон для тари та пакувань. Для цього як сировину використовують так звані «коричневі» марки макулатури. Високоякісні «білі» марки мають вищу ступінь білості, містять, як правило, значну кількість вибіленої целюлози, а отже можуть бути використані для виробництва такого паперу як газетний, писальний, друкарський, санітарно-побутового призначення [2]. Але на шляху широкого використання макулатури для виробництва картонно-паперової продукції існує ряд проблем.

Серед них найбільш важливими є нижчі паперотворні властивості макулатурних волокон [3], які знижуються по мірі числа циклів її переробки. Наукові дослідження і практика використання макулатури показує, що після 5-7 циклів її переробки вторинні волокна стають непридатними для виробництва паперу. Тому задача поліпшення паперотворних властивостей і збереження їх в процесах циклічної переробки є актуальною.

Для покращення якості макулатурної маси застосовують процеси її облагородження, які окрім покращення ступеня очищення макулатурної маси, надають їй білості, що дає можливість використовувати її для

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
виробництва тих видів паперу, де вона не могла бути використана раніше – газетний, книжковий, журнальний та санітарно-гігієнічний.

Процес переробки (облагороджування) макулатури – це сукупність технологічних операцій для надання вторинним волокнам певних властивостей, за максимального видалення небажаних складових макулатурної маси: забруднень і домішок органічного та неорганічного характеру.

Облагороження макулатури сприяє відновленню паперотворних властивостей вторинних волокон до початкових, по-перше, проведенням гідро-термообробки, що дозволяє поліпшити якість паперу з макулатури і збільшити «тривалість життя» вторинних волокон, по-друге, видаленням з макулатури частинки друкарської фарби методом флотації, і по-третє, за необхідності, додатковим вибілюванням макулатурної маси шляхом обробки її різними реагентами [2].

Отже, облагороження макулатури на сьогодні є найважливішою стадією її переробки, від якої залежить якість целюлозно-паперових волокон і можливість їх використання в складі високоякісної паперової продукції.

Перелік посилань:

1. Дулькин, Д.А. Ресурсы и качество макулатуры для производства бумаги и картона / Д.А. Дулькин, А.Н. Панов, И.Н. Ковернинский, В.А. Спиридонов // Целлюлоза. Бумага. Картон. - 2006. - № 5. - С. 28–37.

2. Технология целлюлозно-бумажного производства в 3-х т., Т. 1: Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 3. Производство полуфабрикатов. — СПб. ЛТА, 2005. – 315 с.

3. Кожевников, С. Ю. Влияние циклов переработки макулатуры на длину волокон и качество бумаги и картона. / С. Ю. Кожевников, И.Н. Ковернинский, А.В. Канарский. // Вестник технологического университета. - 2016. - Т.19. - №5. - с.81-85.

РЕКОНСТРУКЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПОТОКУ З ВИРОБНИЦТВА КАРТОНУ ТАРНОГО

магістрант Бортнік О.А.¹, к.х.н., ст. викл. Галиш В.В.^{1,2}

¹ – Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

² – Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України

Таропакувальний картон, який призначений для фасування та пакування товарів, у порівнянні з іншими матеріалами для упаковки, має ряд переваг, серед яких доступність вихідної сировини, відносна дешевизна та легкість утилізації, що має велике економічне та екологічне значення. У зв'язку зі зростанням потреб населення в картонно-паперовій продукції, на діючих комбінатах виникає необхідність в модернізації діючих технологічних ліній. На сьогоднішній день основною сировиною, що використовується на вітчизняних підприємствах є макулатура різних марок, що дозволяє не тільки розширити сировинну базу, а й зберегти первинні волокнисті напівфабрикати. Стратегічна програма розвитку целюлозно-паперової галузі передбачає збільшення частки використання вторинної сировини до кінця 2020 р. Реконструкція існуючих виробництв може проводитись з метою покращення якості продукції, що випускається, зменшення її собівартості, нарощування виробничих потужностей.

Волокниста маса з макулатури є багатокомпонентною системою, яка характеризується високою полідисперсністю та неоднорідністю за фракційним та композиційним складом, тому важливо, щоб в процесі її розмалювання відбувалося фібрилювання, а не вкорочення волока. Пропонується замінити дискові млини МД – 24 на більш ефективні, зокрема для потоку середнього шару, рафінер DD 6000, ступінь розмелювання в якому змінюється за рахунок регулювання зазору між обертовими і нерухомими дисками.

Швидкість за приводом картоноробної машини марки К-27, яка оснащена вакуум-формуєчими пристроями, не перевищує 300 м/хв. Процес

формування та зневоднення полотна відбувається при надходженні маси в камеру напускного пристрою під дією її напору, а також вакууму, що створюється на у відсмоктувальному ящику, що знаходиться усередині циліндра. Річна продуктивність такої машини для картону тарного марки КТ-150 складає близько 55 тис. т/рік при обрізній ширині полотна 4,2 м. При заміні вакуум-формуєчих пристроїв на плососітковий формуєчий пристрій можна підвищити швидкість машини до 400 м/хв і тим самим збільшити продуктивність вдвічі і навіть більше.

Важливим етапом виробництва паперу та картону є пресування, тобто зневоднення полотна, яке відбувається при проходженні його між валами пресів, тиск у яких по ходу машини зростає. Даний процес спрямований на підвищення сухості полотна, його ущільнення, в результаті чого покращуються поверхневі властивості, знижується пористість, підвищується міцність. Пресова частина машини зазвичай складається з декількох пресів різного типу, кількість яких залежить від виду продукції, що виробляється.

Модернізація пресової частини карторобної машини, зокрема заміна двохвального пресу на прес з розширеною зоною пресування, дозволить підвищити сухість картонного полотна перед сушильною частиною. Використання такого пресу дозволяє проводити пресування між двома сукнами, що майже в два рази дозволить підвищити ефективність зневоднення. Такий прес працює з лінійним тиском до 1100 кН/м і дозволяє досягти сухості полотна 55 %. Оскільки ширина зони пресування залежить і від сукна, то в таких пресах доцільно використовувати дво- або тришарові сукна масою 1,4 – 1,7 кг/м², що дозволяє накопичувати великий об'єм води ти уникнути маркування полотна.

Запропоновані зміни дозволять зменшити витрати електроенергії на розмелювання, прискорити зневоднення картонного полотна на сітці, покращити показники міцності готової продукції та зменшити її собівартість.

УДК 676.12.05

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ ФОРМУЮЧИХ СІТОК
ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ НА ВИСОКИХ ШВИДКОСТЯХ**

магістрант Вольвах В.В., магістрант Артеменко М.П., проф. Барбаш В.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут» ім. Ігоря Сікорського

Світові тенденції збільшення чисельності населення і прискорення процесу урбанізації потребують збільшення обсягів споживання товарів широкого споживання, зокрема випуску картонно-паперової продукції. Рівень споживання паперу і картону на душу населення є одним із індикаторів стану розвитку суспільства кожної держави. Середнесвітове значення цього показника становить 60 кг, у Європі – 250 кг/особу, у Північній Америці – 227 кг/особу, а в Україні за результатами 2019 року – лише 32 кг/особу, з яких тільки 20.5 кг паперу і картону на душу населення виробляється підприємствами вітчизняної целюлозно-паперової промисловості, а решта імпортується [1]. Україні для забезпечення сталого соціально-економічного розвитку та задоволення основних потреб населення у комунікації потрібно збільшувати обсяги власного виробництва паперу і картону. Для цього на підприємствах галузі проводять реконструкції і модернізації існуючих технологічних потоків. Підвищення їх продуктивності відбувається, зокрема за рахунок підняття швидкості папероробних машин (ПРМ). Робота ПРМ на високих швидкостях становить суттєвий ризик для формуючих сіток, сушильних та пресових сукон. Тому для покращення роботи ПРМ пропонується замінити мембранні правки на пневматичні поршневі регулятори.

Пневматичні поршневі регулятори марки JUD (рис. 1) - це модульні конструкції, що включають в себе направляючий елемент для передачі вертикального та горизонтального навантаження за допомогою силового блоку - пневматичного циліндра.



Рис. 1 - Пневматичний поршневий регулятор марки JUD [2]

Поршневі регулятори випускаються у вигляді моделей з різними розмірами, виготовлених зі стандартної низьковуглецевої сталі (чавуну) або нержавіючої сталі V4A/316L. Їх можна встановити з виделкою підшипника або підтримують пластинами для опорного підшипника. Механічний блок зворотного зв'язку забезпечує бездоганну і точне регулювання ходу навіть для сукон і сіток, які працюють на високій швидкості.

До переваг поршневого регулятор відносяться: модульна конструкція; легке технічне обслуговування; компактна закрита конструкція; механічна система зворотного зв'язку для забезпечення точного регулювання ходу сукна. Поршневий регулятор має механізм плавного ходу з вбудованим пристроєм ручного регулювання, який працює у робочому діапазоні до 150 °C. Пристрій регулювання має ролики плавного ходу для забезпечення точного контролю переміщення з низьким споживанням повітря. Циліндр може бути легко замінений без демонтажу сукно- сітководущого валика.

Дані пристрої забезпечують безперебійну роботу та характеризуються довготривалим терміном роботи папероробним та картоноробним машинам.

Перелік посилань.

1. Барбаш В.А. Інноваційні технології рослинного ресурсозбереження: Навчальний посібник. – Київ: Каравела, 2016. – 288 с.

2. <https://www.ibs-ppg.com/product-categories/fabric-guides-tensioners>

СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ

магістрант Гарбарчук С.М.¹, к.х.н., ст. викл. Галиш В.В.^{1,2}

¹ – **Національний технічний університет України**

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

² – **Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України**

Вивести новий продукт на ринок не завжди легко, а утримати пальму першості ще складніше, оскільки високі вимоги до якості товарів та послуг змушують виробників постійно вдосконалювати процеси виробництва та технічного контролю. Споживач готовий платити лише за якісний товар і лише за ті характеристики, які його влаштовують.

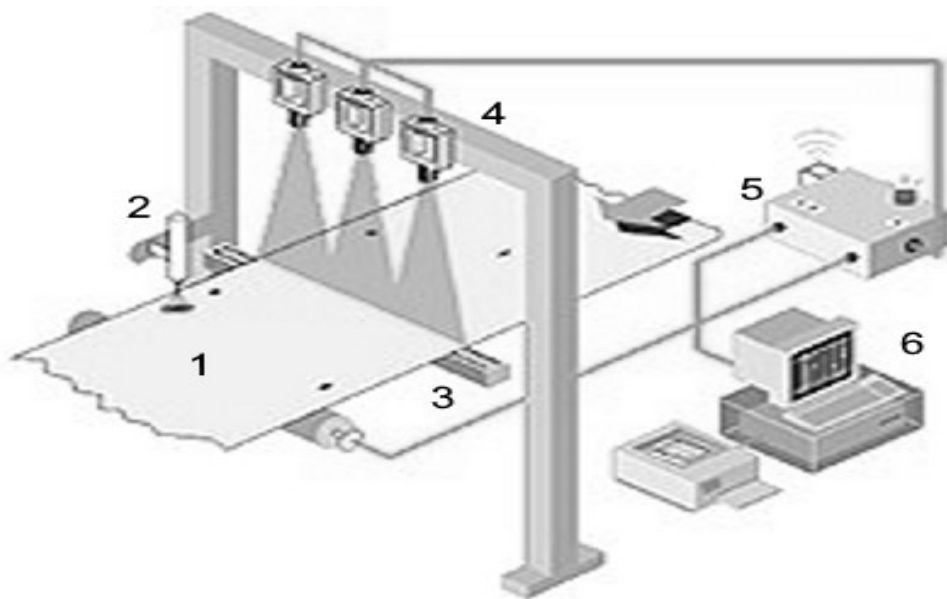
Зазвичай процес контролю якості паперу проводиться безпосередньо працівниками підприємства, котрі здатні виявити лише 40-60 % дефектів при візуальному огляді швидко-рухомого полотна паперу. Протягом робочого дня продуктивність і уважність працівників знижується. Розробка та впровадження автоматизованих процесів контролю якості готової продукції є актуальним завданням галузевих підприємств, оскільки це дає можливість підвищити ефективність виробництва завдяки зниженню частки випуску продукції з дефектами та зменшити невиробничі витрати.

На даний час створено безліч автоматизованих систем контролю якості – систем технічного зору з можливістю обробки як 2-Д зображень, так і 3-Д зображень. На відміну від працівника, сучасні системи контролю дозволяють забезпечити виявлення дефектів виробництва різних видів паперу та картону від 85 до 95 %. Ширина зору автоматичної системи сягає 4 м, при цьому швидкість сканування може сягати 300 м/хв.

Принцип роботи системи технічного зору полягає у фіксації дефектів полотна паперу, що проходить через сканер (рис. 1). Система складається з лінійки камер, які приймають зображення та передають його в станцію

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

обробки даних. Виявлені дефекти виводяться на монітор оператора, з записом в історію виготовлення рулону паперу чи пачки картону. Також при виявленні дефекту система здатна маркувати фарбою або стікером місце дефекту, що дозволяє точно відслідковувати дефекти, та корегувати їх при перемотування рулонів паперу. Система здатна фіксувати такі види дефектів: дірки наскрізні та сліпі; ущільнення; дефекти кольору; надриви кромek полотна. Завдяки чому обслуговуючий персонал може вчасно виявити причини дефектів і усунути на ранніх стадіях.



- 1 – полотно; 2 - маркувальний пристрій; 3 - джерело підсвітки скануючої зони; 4 - камери сканування полотна; 5 -промислова сигналізація;
6 – станція обробки даних

Рисунок 1 – Система технічного зору:

Окупність системи технічного зору визначається маржинальною складовою кожного окремо взятого продукту. Також існує непряма економічна вигода, що полягає в збільшенні якості продукту та зменшенні кількості повернень.

Отже, з врахуванням усього вищезазначеного можна зробити висновок про доцільність облаштування паперо- та картоноробних машин системами технічного зору.

**РЕКОНСТРУКЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПОТОКУ
З ВИРОБНИЦТВА КАРТОНУ ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНОГО**

магістрант Костюченко В.А.¹, к.х.н., ст. викл. Галиш В.В.^{1,2}

¹ – Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

² – Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України

Целюлозно-паперові підприємства виробляють картонно-паперову продукцію різних видів, яка умовно поділяється на масову, немасову і спеціальну. Близько 80 % від усього обсягу виробництва припадає на масова продукцію, до якої належить папір санітарно-гігієнічного призначення, газетний, писальний, для друку, основа для гофрування, картон для гладких шарів гофрованого картону та ін. До немасових видів продукції відносяться: папір сигаретний, цигарковий, для афіш, квітков, креслярський, картографічний та ін. До спеціальних видів продукції відносяться електроізоляційний, термостійкий і хімічно стійкий папір і ін. Картон електроізоляційний – матеріал, який характеризується діелектричними властивостями і використовується в машино- та приладобудуванні. Виробництво таких матеріалів передбачає використання високоякісних волокнистих напівфабрикатів, а саме сульфатної невібіленої целюлози, а також деіонізованої води аби виключити можливість порушення електроізоляційного шару в кінцевій продукції. До показників якості, які нормуються для картону електроізоляційного марки ЕЗП-0,15 належать маса 1 м² яка має становити 150-165 г, товщина 0,14-0,17 мм, щільність не менше 1,0 г/см³, границі міцності при розтягуванні у машинному напрямку 85 МПа та у поперечному напрямку 30 МПа, границі міцності після згину у машинному та поперечному напрямках 70 МПа та 25 МПа відповідно, електрична міцність 8,0 кВ/мм, масова частка золи не більше 1,0% та вологість не більше 10%. Зазначені показники забезпечуються композицією

картону, умовами підготовки целюлозної маси, відливу та формування полотна, його пресування та сушіння.

Виробництво паперу та картону є складним, багатостадійним процесом, який споживає велику кількість волокнистих напівфабрикатів та води, а також характеризується великою витратою теплової та електричної енергії і продукує утворення великої кількості виробничих відходів і стічних вод, що має негативний вплив на навколишнє середовище.

Метою реконструкції діючої технологічної лінії є зменшення енергозатрат на виробництво одиниці готової продукції.

Під час виробництва електроізоляційного картону формування полотна відбувається на плоскітковому формуючому пристрої. Додаткове встановлення верхньої дотичної сітки з вакуумною системою відсмоктування води дозволить зневоднити сформоване полотно в більшій мірі, в результаті чого сухість полотна зросте з 18 % до 22 %. Основними перевагами двостороннього зневоднення є: одержання паперу та картону з рівномірним просвітом, більш симетричною структурою, високу рівномірність паперового полотна по довжині та ширині, однорідні характеристики обох сторін полотна.

Покращити структурні характеристики паперового полотна можна також шляхом встановлення сортуючого барабану після системи вихрових очисників для очищення маси від пучків волокон перед її подачею на картоноробну машину, що дозволить поліпшити структурно-механічні властивості картону електроізоляційного.

З метою мінімізації використання енергоносіїв пропонується реконструювати вакуумну систему зневоднення полотна на папероробній машині, а саме замінити один з трьох насосів на 75 кВт на один 37-ми кВт-ний для заощадження електроенергії без втрат необхідного вакууму.

Впровадження запропонованих змін у виробництві картону електроізоляційного дозволить значно скоротити витрати електроенергії на виробництво готової продукції, що матиме позитивний вплив на її собівартість.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ФОРМУЮЧОЇ ЧАСТИНИ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ З ВИРОБНИЦТВА ТІСЬЮ

магістрант Кріт М.А., к.т.н., доц.Мовчанюк О.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Аналіз світового ринку картонно-паперової продукції свідчить про стійку тенденцію до зростання попиту на санітарно-гігієнічні вироби (рис.1) [1].

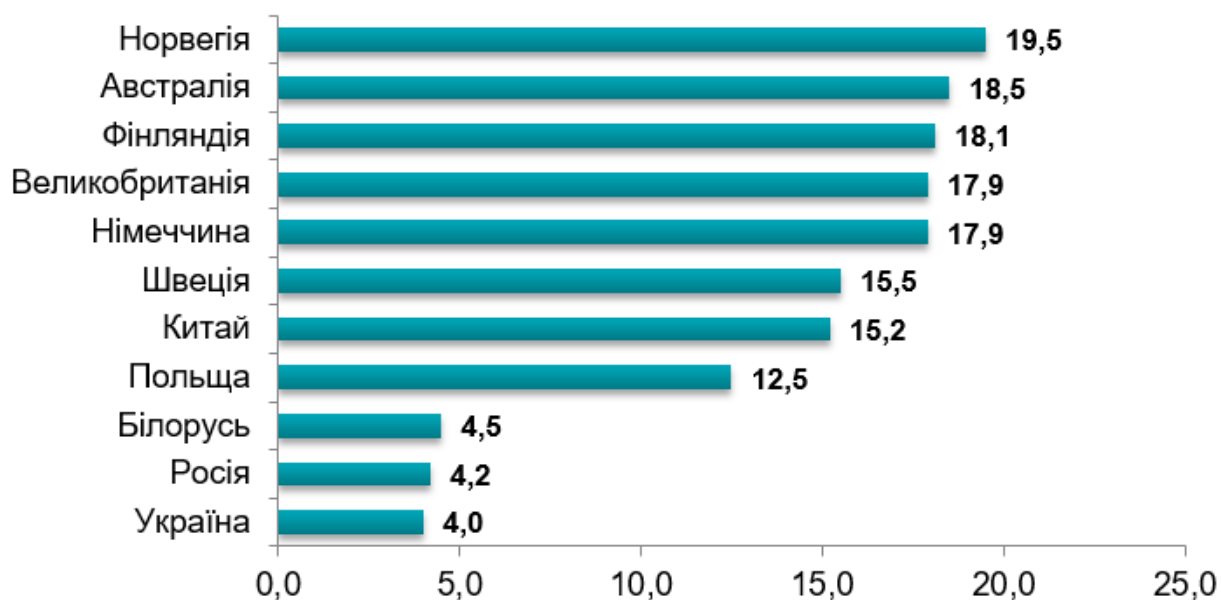


Рис. 1 – Обсяги споживання санітарно-гігієнічних виробів в деяких країнах світу, кг на рік на людину

Так в Китаї споживання санітарно-гігієнічного паперу щорічно зростає приблизно на 6% на рік, а за останні п'ять років загальне зростання споживання продуктів цієї групи склало 10,6% [2].

І незважаючи на те, що обсяги споживання цієї продукції в Україні на порядок нижче, ніж у розвинутих країнах світу, загальна світова тенденція зростання попиту на санітарно-гігієнічну продукцію зберігається.

За даними Державної служби статистики України, вітчизняні підприємства паперової промисловості не задовольняють існуючий попит,

тому санітарно-гігієнічні вироби частково імпортуються.

Одним з ключових чинників, що значно впливає на продуктивність технологічного потоку, є швидкість папероробної машини. Тому метою проекту було збільшення швидкості машини за рахунок модернізації її формуючої частини. Рішенням стало використання технології Crescent former, особливістю якої є спрощення ходу формуючої сітки шляхом заміни внутрішньої сітки на сукно. Компанія PAPCEL пропонує власну концепцію крешн формера з гідравлічним напірним ящиком [3]. Перевагами такої технології є: можливість виробництва паперу з низькою масою метра квадратного (від 12 г/м²); висока робоча швидкість (до 1500 м/хв); високоякісне формування паперового волокна; низькі виробничі витрати; компактний дизайн. Зневоднення маси відбувається на формуючому валу зі спеціальним покриттям, між формуючою сіткою і сукном під впливом відцентрових сил.

Гідравлічний напірний ящик [3] дозволяє виробляти двошаровий папір. Форсунка оснащена пластинами для забезпечення ідеального розподілу потоку. Напірний ящик відрізняється одиничним виконанням турбулентної труби, що гарантує оптимальне формування волокна, стабільний і безперервний потік маси, низькі енерговитрати, хороший розподіл волокна в напрямку Z для підвищення об'ємної ваги кінцевого продукту; нескладний технічний догляд — всі ці чинники можна віднести до основних особливостей в конструкції напірного ящика, що впливають на продуктивність.

Перелік посилань:

1. <https://pro-consulting.ua/ua/pressroom/samaya-nuzhnaya-bumaga-po-itogam-issledovaniya-rynka-sanitarno-gigienicheskij-bumazhnyh-izdelij-v-ukraine>. від 10.10.2019 р.

2. <https://www.andritz.com/resource/blob/281136/fdba1cbda99eda1631db62b370564f9a/andritz-spectrum37-ru-screen-data.pdf> . від 10.10.2019 р.

3. <https://www.papcel.ru/produkty/tissue/crescent-former/>. від 10.10.2019 р.

УДК 676.2

**ПАПІР ДЛЯ ГОФРУВАННЯ З ЦЕЛЮЛОЗИ,
ОДЕРЖАНОЇ ЗІ СТЕБЕЛ КУКУРУДЗИ**

магістрант Лисенко Г.І., к.т.н, доц. Дейкун І.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

На сьогодні тара з гофрокартону є однією з найбільш розповсюджених завдяки легкості, здатності витримувати навантаження та можливості повторного перероблення і використання. Застосування гофрокартону у виробництві таропакувальних виробів дозволяє зберігати товарний вигляд продукції при транспортуванні і зберіганні, а також захистити її від механічних пошкоджень і забруднень [1].

Захисні властивості гофрокартону такі як теплоізоляційні, водовідштовхувальні, амортизаційні, в значній мірі визначаються якістю флютингу - паперу для гофрування. Чим вище якість флютингу, тим більша легкість і міцність буде у гофрокартону і виготовленої з нього упаковки [2].

Підвищення якості паперу для гофрування, який виробляється переважно з макулатури, є актуальною задачею.

Мета роботи - дослідження властивостей лабораторних зразків паперу для гофрування з використанням в композиції макулатури та напівфабрикату із стебел кукурудзи, одержаного нейтрально-сульфітним способом делігніфікації.

Зразки паперу для гофрування виготовляли масу 125 г/м^2 з використанням у композиції целюлози із стебел кукурудзи та макулатури без проклеювання.

Зразки паперу мали масу 125 г/м^2 , щільність $0,47\text{-}0,50 \text{ г/см}^3$ та товщину $215\text{-}230 \text{ мкм}$.

Результати досліджень наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Фізико-механічні показники паперу для гофрування

№ п/п	Показник	Композиція паперу,% (макулатура:целюлоза)				
		100% макулатура	75:25	50:50	25:75	100% целюлоза
1	Розривна довжина, м	3910	4470	5990	6340	7030
2	Опір продавлюванню, кПа	226	279	385	430	535
3	Опір торцевому стисненню гофрованого зразка паперу, не менше, кН/м	0,78	0,86	0,88	0,88	0,9
4	Вбирність паперу площею 1 м ² при однобічному змочуванні за 30 с, г/м ²	140	152	159	169	174

Як показали результати досліджень, додавання до композиції паперу волокнистого напівфабрикату із стебел кукурудзи призводить до покращення якості паперу для гофрування.

Перелік посилань

1. Южанинова, Л. А. Особенности технологии бумаги-основы для гофрирования из макулатуры и требования к ее потребительским свойствам [Монография] / Л. А. Южанинова, В. И. Комаров, Д. А. Дулькин, В. А. Спиридонов – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007 -103с.

2. Гурьев, А.В. Связь упругих характеристик компонентов гофрированного картона с его потребительскими свойствами / А.В. Гурьев, В.И. Комаров // Целлюлоза. Бумага. Картон. 1997. - № 9-10. - С. 22 - 24.

**ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ
ПЛОСКОСІТКОВИХ КАРТОНОРІБНИХ МАШИН**

магістрант Оксєоненко Є.А, к.т.н., доц. Черьопкіна Р.І.

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

Вступ. Картоноробні машини для виготовлення різних видів продукції в залежності від її виду та маси 1 м^2 поділяють на круглосіткові та плоскосіткові. Формування картонного полотна на круглосіткових циліндрах відбувається із зануренням формних циліндрів у ванну з масою або на вакуум-формних циліндрах.

Картоноробні машини з використанням плоскої сіткової частини складаються з одного або декількох плоских сіткових столів. При цьому плоскосіткові столи, в залежності від конструкції, мають верхні двосіткові формувальні пристрої [1].

Одним з ключових чинників, що значно впливає на продуктивність технологічного потоку, є швидкість картоноробної машини. Тому **метою** роботи є підвищення швидкості машини за рахунок модернізації її формуючої частини.

Виклад основного матеріалу. До основних недоліків формуючих пристроїв круглосіткового типу відносяться: невисока робоча швидкість машини; значні коливання маси 1 м^2 полотна за шириною; висока анізотропія показників міцності картону в поздовжньому і поперечному напрямках.

До недоліків традиційних круглосіткових машин відносять явище відривання елементарного шару полотна від поверхні циліндра під дією відцентрових сил, а також збільшення змиву шару волокон, що осідає в результаті підвищення сили тертя об поверхню рідини, яка знаходиться у ванні. Рівномірність формування на циліндрових машинах в цілому гірша, ніж на плоскосіткових та комбінованих, що погіршує його споживчі якості.

В даний час досвід експлуатації різних за конструкцією КРМ показує переваги формування всіх шарів картону масового призначення на плоских сітках або на комбінованих формувальних машинах. Схему формуючої

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
частини сучасної багатосіткової КРМ для виробництва картону показано на рис 1.

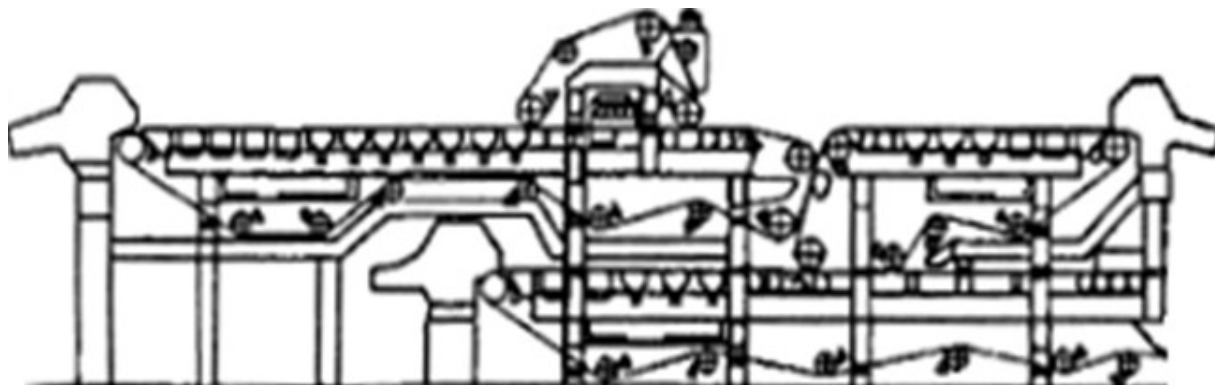


Рисунок 1 – Схема багатосіткової формуючої частини для виробництва тришарового картону

На таких картоноробних машинах за швидкості 600 м/хв і більше за її оптимальної ширини 4–7 м з трьома плоскими сітковими столами (за кількістю технологічних шарів) виготовляють картони масою 1 м² від 200 до 1200 г.

Для підвищення ступеня зневоднення середнього шару пропонується використання верхнього формуючого пристрою.

Крім того, машини трьохсіткового формування мають підвищену продуктивність і дозволяють працювати за більш високої концентрації вихідної маси, а це сприяє зниженню витрат свіжої води та зменшенню габаритних розмірів формуючих пристроїв, а також знижує вимої волокна. До переваг плососіткових формуючих пристроїв також можна віднести кращу рівномірність розподілення маси в поперечному та поздовжньому напрямку, що позитивно впливає на фізико-механічні готового картону.

Перелік посилань:

1. Машини для производства бумаги и картона. И. Д. Кугушев, О.А. Терентьев, В.С. Куров. – Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2017. – 646 с.

2. Примаков С.Ф., Барбаш В.А., Шутько А.П. Технология бумаги и картона: Учебное пособие для вузов. – М.: Экология, 1996. – 1996 с.

УДК 676.01

ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКА ВИДОВЖЕННЯ ПАПЕРУ

магістрант Оксьоненко Є.А., к.т.н., доц. Черьопкіна Р.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вступ. Межа міцності паперу під час розриву і пов'язані з ним властивості є основними і для виробників паперу і для поліграфістів. Цей показник має велике значення під час процесу друкування на папері, коли він протягується через листову друкарську машину, а також, коли паперове полотно рухається на рулонних машинах [1].

В процесі виготовлення електроізоляційних видів паперу намагаються отримати папір з найвищим показником відносного видовження, оскільки це впливає на стійкість паперу для ізолювання, та для згинання кабелів [2].

Метою роботи є дослідження впливу ступеня млива та витрат крохмального клею на показник видовження паперу наближеного до електроізоляційного.

Виклад основного матеріалу. Для досліджень використовували целюлозу марок ЕКБ хвойну сульфатну невибілену електроізоляційну та "Vallvik" (Швеція).

Целюлозу обраних марок розмелювали в лабораторних умовах до 30, 45, 60, 75°ШР. На листовідливному апараті виготовлено лабораторні зразки паперу масою 60 г/м² без проклеювання та з проклеюванням крохмальним клеєм, з витратами клею 2, 6, 8, 10 кг/т.

Результати дослідження впливу ступеня млива на відносне видовження наведено на рис. 1

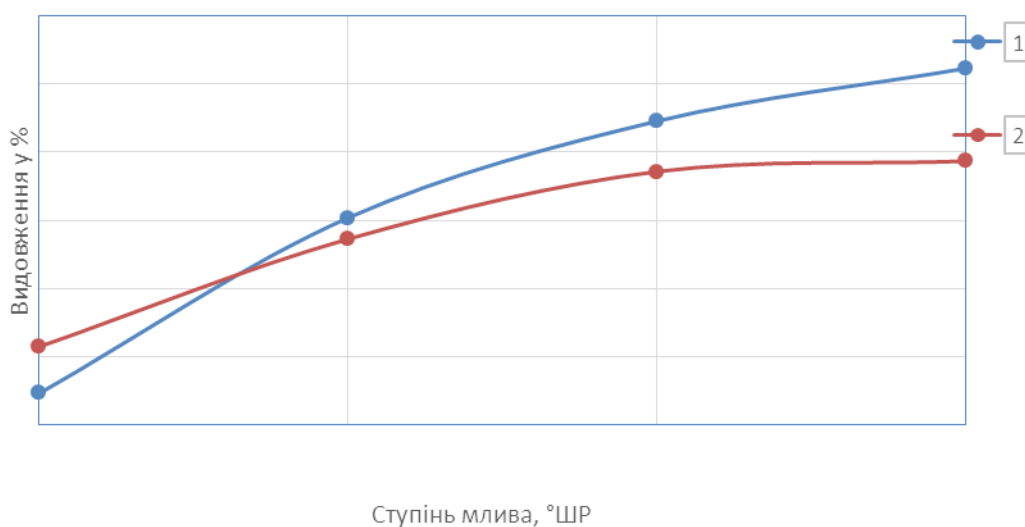


Рисунок 1 – Вплив ступеня млива на показник видовження для целюлози ЕКБ (1) та целюлози "Vallvik" (2)

Із даних графіка (рис. 1), видно, що найбільш суттєвий вплив на показник видовження спостерігається за ступеня млива в проміжку від 30 до 60 °ШР, а саме від 3,0% до 4,3% для целюлози ЕКБ, що становить 43% приросту, та від 2,7% до 4,7% для целюлози "Vallvik", що становить 74% приросту.

Результати дослідження впливу крохмального проклеювання для целюлози "Vallvik" наведено на рис. 2

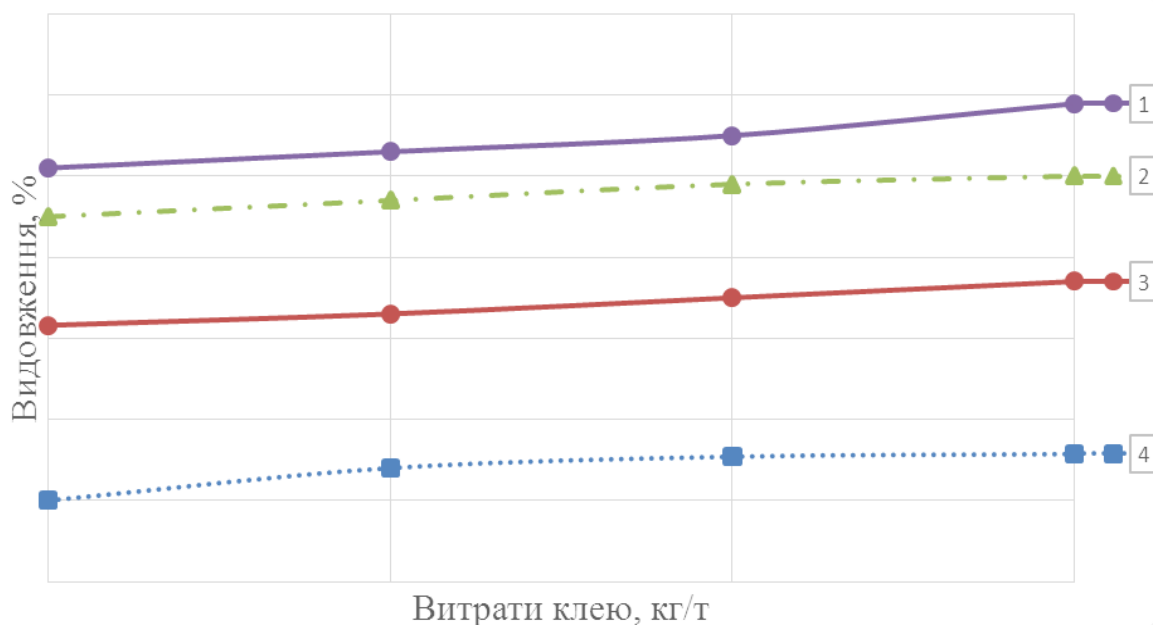


Рисунок 2 – Вплив крохмального проклеювання на показник відносного видовження для целюлози Vallvik за різного ступеня млива:

1 – 75 °ШР; 2 – 60°ШР; 3 – 45°ШР; 4 – 30°ШР

Як видно з наведеної залежності, вплив крохмального проклеювання з витратами 2, 6, 8 та 10 кг/т має значний вплив на досліджуваний показник у випадку, коли використовується маса зі ступенем млива, який більше 30°ШР. Цю закономірність можна пояснити тим, що у краще фібрильованих волокнах утворюється більша питома поверхня для майбутніх зв'язків і крохмальний клей, що має подібну до целюлози структуру осідає та закріплюється на ній. Утворення водневих зв'язків на отриманій поверхні призводить до більш зімкнутої та міцної структури паперу, що виражається у покращенні показників міцності, а отже і ступеня відносного видовження паперу.

Перелік посилань:

1. Фляте Д.М. Свойства бумаги. Изд.2-е, испр. и доп. М.: Лесная промышленность, 1976. – 648.
2. Кабельная бумага - Силовые кабели [Електронний ресурс] // Электрические сети. 2008. URL: <http://leg.co.ua/arhiv/podstancii/silovye-kabeli-32.html>.

ДЕАЕРАЦІЙНИЙ НАСОС

магістранти Рудзей Ф.П., Муравська Г.А., Солонінко О.М.,

Андріянець Р.М., к.т.н., ас. Остапенко А.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Флотація є складним фізико-хімічним процесом, що полягає у створенні комплексу «частинка-бульбашка» повітря або газу, спливання цього комплексу і видаленні пінного шару [1]. Флотація - спосіб очищення води, заснований на видаленні забруднень за допомогою повітряних бульбашок. Спливаючи, вони захоплюють частинки домішок, і виносять їх на поверхню води, утворюючи там плівку або пінний шар (флотошлам), який потім знімається спеціальними пінозбірними механізмами [2].

У традиційних системах флотошлам прямує з флотаційної установки в спеціальні пінозбірники. Перед ними встановлений механічний піногасник, який руйнує піну, і флотошлам надходить в пінозбірник вже з меншим вмістом повітря. У пінозбірнику суспензія перемішується, щоб полегшити видалення повітря. Вільний підйом повітря знижує газовий вміст суспензії до тих пір, поки піна не стане рідкою, і її знову можна буде перекачувати насосом. Оскільки деаераційні баки розміщуються під флотаційною установкою, для забезпечення необхідного перепаду висот для транспортування флотошлама і баки відкриті зверху, тому надлишковий шлам нерідко переливається [3]. Насос DFP 4000 забезпечує більш ефективну деаерацію флотошламу, ніж традиційні системи.

Насос DFP 4000 перекачує флотошлам, і одночасно видаляє з нього повітря. Це компактний пристрій повністю замінює піногасник, пінозбірник, мішалку і насос традиційних систем деаерації. Це означає істотне зниження інвестиційних витрат на установку, мішалки, трубопроводи, насоси, а також економію місця. Флотошлам надходить в насос DFP 4000 зверху і піддається

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
попередній деаерації за допомогою механічного піногасника. У нижній частині насоса DFP 4000 створюється швидке обертання, при цьому відцентрові сили забезпечують подальшу деаерацію [3]. Утворюється суспензія з низьким вмістом повітря і необхідним тиском, для подальшого подавання флотошлама на наступні ступені технологічного процесу. Видалене повітря спрямовується в бічні отвори відведення через спеціальну повітряну камеру, так що він не перешкоджає надходженню флотошламу у верхню частину насоса.

Ефективність деаерації: при проходженні через насос вміст повітря в масі флотошлама знижується з 80 % до 8 % (в середньому). Традиційні системи деаерації забезпечують зниження газового вмісту приблизно до 12 %. [4].

Перелік посилань:

1. Гомеля М.Д., Калабіна Л.В., Хохотова О. П. Вибір оптимальних умов електрофлотаційної очистки нафтовмісних стічних вод // Экотехнологии и ресурсосбережение. — 2000. — №5. — С. 44-46
2. Оптимізація роботи біологічних очисних споруд картонно-паперового комбінату / М.Д. Гомеля, Т.В. Крисенко, О.С. Коваль // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. — 2008. — № 5. — С. 66-71
3. <http://voith.com>. від 10.10.2019 р.
4. Al-Shamrani A., James A., Xiao H., Destabilization of oil-water emulsions and separation by dissolved air flotation / A. Al-Shamrani, A. James // Water Research. — 2002. Vol. 36. № 6. — P. 36.

УДК 676.056

**ВИКОРИСТАННЯ ВІБРАЦІЇ СІТКОВОГО СТОЛУ ПРМ
З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА**

магістранти Пазерська В.Ю., Саєнко Р.В., Селіванова С.О.,
доц.,к.т.н. Плосконос В.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою даної роботи є дослідження ролі тряски сіткового столу папероробної машини та вивчення особливостей її впливу на комплекс фізико-механічних показників паперового полотна в процесі його формування.

Як відомо [1], в потоці розбавленої волокнистої маси перед напірним ящиком папероробної машини волокна майже неорієнтовані і розміщуються в будь-якому напрямку. Разом з тим, в процесі проходження маси через напускну щілину напірного ящика завдяки прискореному руху виникає повздовжня орієнтація волокон у напрямку потоку маси. Цей процес підсилюється, якщо є різниця між швидкістю сітки папероробної машини і швидкістю осідання волокон.

В подальшому, в процесі проходження паперового полотна через пресову та сушильну частини машини орієнтація волокон, набута під час відливання на сітці, підсилюється під впливом пресових валів і розтяжки паперового полотна.

Орієнтація волокон є головною причиною виникнення неоднорідності властивостей паперу в повздовжньому та поперечному напрямках [2]. Так, наприклад, розривна довжина, опір зламу та здатність поглинати вологу паперовим полотном завжди вища в повздовжньому напрямку, а розтяжність і деформація – в поперечному. Але, в більшості випадків бажано мати папір з більш однорідними фізико-механічними властивостями в обох напрямках.

Тому велике значення має фактор регулювання розміщення волокон в паперовому полотні. В певних межах цього можливо досягти завдяки використанню тряски сітки папероробної машини [2].

Завдання тряски полягає у створенні коливальних рухів сітки папероробної машини, які здійснюються в площині сіткового столу в напрямку, перпендикулярному руху сітки, і передачі їх волокнистій суспензії. Друге, не менш важливе, значення тряски складається в запобіганні утворення пластівців і диспергування волокон в суспензії під час відливання паперового полотна. Для отримання однорідного за структурою паперу, що характеризується рівним, безхмарним просвітом, необхідно, щоб волокна в процесі осадження на сітці не збиралися в пластівці. Саме цьому сприяють коливальні рухи суспензії паперової маси, які передаються від сітки за рахунок в'язкісного тертя.

Тряска сітки здійснюється відповідним механізмом, який поєднує тягу з реєстровими балками сіткового столу. Залежно від типу машини частоту трясиння можна регулювати в межах від 100 до 500 і більше коливань на хвилину; амплітуда коливань змінюється в межах від 0 до 15 мм.

За типом і характером коливання, що передаються сітці, вирізняють наступні системи трясок, а саме: з однією зоною тряски сіткового столу; з двома зонами тряски сіткового столу; тряска одного грудного вала; тряска грудного вала і одного реєстрового валика (тряска Мак-Донела) та інші, більш складніші комбіновані системи трясок.

Найбільш поширена, особливо на машинах старого типу, тряска з однією зоною, за якої коливальні рухи від механізму тряски передаються реєстровим балкам всього або частині реєстрового столу разом з грудним валом. Максимальна амплітуда коливань сітки, в цьому випадку, знаходиться в зоні грудного вала, а мінімальна – в зоні відсмоктувальних ящиків.

У разі використання тряски з двома зонами реєстрові балки сіткового столу розрізають на дві частини і кожна з них отримує самостійну тряску. В цьому випадку є можливість змінювати режим тряски сітки в більш широких межах. Можна надати сітці затухаючих коливань, як у випадку тряски з однією зоною, або паралельних коливань в першій частині і затухаючих - в другій частині столу і, нарешті, коливань з максимальною амплітудою в середині сіткового столу. Ця система тряски досконаліша і застосовується на сучасних машинах з виробництва паперу.

В системі Мак-Донела коливальні рухи, окрім грудного вала, отримує ще один з валиків у другій половині сіткового столу. Подібна система тряски застосовується на швидкохідних машинах і може забезпечити до 1000 коливань сітки в хвилину.

У практиці режим тряски сітки на машинах з виробництва паперу вибирають, користуючись таким правилом, а саме: за садкого помелу маси - швидка тряска, за жирного - повільна; за використання коротковолокнистої маси - мала амплітуда тряски, при довговолокнистої - велика.

В даний час застосовують, головним чином, ексцентрикові пристрої для тряски (рідше вібраційні). У випадку швидкохідних машин використовують швидкохідні механізми для тряски, що приводяться в рух стисненим повітрям або засновані на принципі використання електромагнітних явищ.

Таким чином, аналіз явища тряски сітки та різних пристроїв для цього дають можливість зрозуміти сутність процесів, що відбуваються та підібрати оптимальні режими тряски для виготовлення певного виду паперу із заданими фізико-механічними властивостями.

Використана література

1. Шитов Ф. А. Технология бумаги и картона: Учебник для средних проф.-техн. училищ. - Высш.школа - 1998. - 376 с.
2. Иванов С.Н. Технология бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 2006. – 696 с.

ВИСОКОЧАСТОТНА ТРЯСКА ЗБЕРЕЖЕ РЕСУРСИ

магістранти Сасенко Р.В., Пазерська В.Ю., Селіванова С.О., Рудзей Ф.П.,
к.т.н., доц. Плосконос В.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В процесі формування паперового полотна на сітці папероробної машини орієнтація волокон в потоці маси має визначальний вплив на однорідність властивостей паперу в поздовжньому і поперечному напрямках. Визначальну роль в цьому процесі може бути відведена можливості регулюванню цілеспрямованого розташування волокон в паперовому полотні, яке формується після виливання маси на сітку папероробної машини [1]. У певних межах цього можливо досягти завдяки трясці сітки папероробної машини.

Так, наприклад, поєднання легкого грудного вала CarboForm і сіткотряски DuoShake (рис. 1) вже неодноразово доводило свою ефективність. І завжди з очевидним успіхом: така комбінація дозволяє скоротити споживання ресурсів і заощадити технологічні матеріали [2]. Крім того, якість паперу помітно поліпшується.

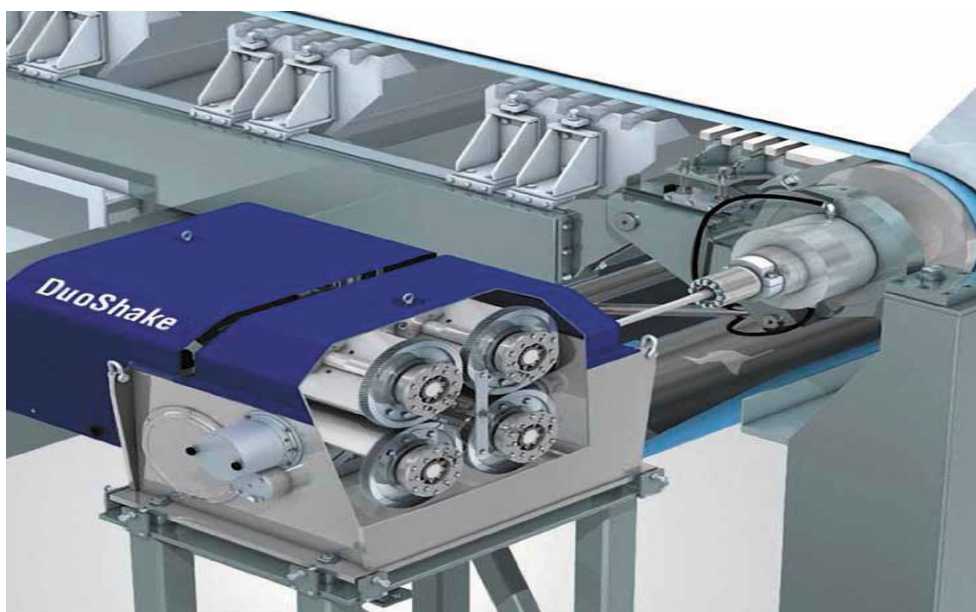


Рисунок 1 – Схема сіткотряски DuoShake

Принцип дії сіткотряски DuoShake дозволяє генерувати частоти, яких не можуть досягти традиційні сіткотряски. Тим самим досягається рівномірний

розподіл волокон навіть на самих високошвидкісних машинах. Крім того, поліпшується формування полотна, і знижується анізотропія міцності на розрив, що особливо важливо для хорошої геометричної стабільності паперу. Інші переваги стають очевидними в процесі переробки паперу, його крейдування, просочення та друку.

Три різних типи сіткотрясок DuoShake дозволяють підібрати ідеальний компонент для кожної папероробної машини: від невеликих машин з низькою швидкістю до 9-метрових машин зі швидкістю 1200 м /хв.

Легка конструкція вала CarboForm з композитного матеріалу на основі вуглецевих волокон була спеціально розроблена для високочастотної тряски. При цьому вирішальну роль відіграє висока геометрична точність форми вала. Вал CarboForm, за ваги близько 40% від ваги аналогічного сталевого вала, дозволяє досягати більш високих показників в процесі тряски і, тим самим, забезпечує більш високі фізико-механічні показники в процесі формування паперового полотна.

Поряд з поліпшенням якісних показників паперу, таких як формування, анізотропія міцності на розрив, міцність на розтягнення, показник поглинання енергії розриву і поперечне розширення, існує можливість економії волокна і допоміжних технологічних матеріалів. Наприклад, комбінація сіткотряски DuoShake і грудного вала CarboForm дозволяє скоротити норми споживання волокна, зменшити ступінь млива та витрата крохмалю без шкоди для якісних показників. Крім того, існує можливість збільшення швидкості папероробної машини. Особливо якісні результати досягаються у виробництві таких видів картону, наприклад, як картон для плоских шарів гофрокартону, а також паперу для гофрування. В цілому, зниження норм витрат волокна і допоміжних технологічних матеріалів прискорює окупність інвестицій та економить ресурси.

Перелік посилань:

1. Иванов С.Н. Технология бумаги. – М.: Лесн. пром-сть, 2006. – 696 с.
2. Офіційний сайт компанії «ФойтПейпер» <http://voith.com>.

ВДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМИ ПІДГОТОВКИ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ

магістранти Стечак І.А., Сокол К.А., к.т.н., доц. Трембус І.В.

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

Виробництво паперу і картону є досить складним та багатостадійним процесом. Воно потребує великої кількості різних видів волокнистих напівфабрикатів і різноманітних допоміжних речовин. Картонно-паперове виробництво пов'язане також зі значними витратами теплової та електричної енергії, свіжої води та інших ресурсів, супроводжується утворенням виробничих відходів та стічних вод, що шкідливо впливають на навколишнє середовище. У наш час з розвитком целюлозно-паперової промисловості виріс інтерес до використання вторинної сировини, макулатури. Особливо це актуально для України, що пов'язано не тільки з нестачею волокнистої сировини, зростанням цін на целюлозу, але і з здешевленням продукції за рахунок зниження енерго- та працезатрат.

Використання макулатури у виробництві паперу для гофрування дозволяє не тільки розширити сировинну базу, зберегти високоякісні первинні волокнисті напівфабрикати, але і вивести вторинну сировину з сфери виробництва у формі, яка не являє небезпеку для забруднення навколишнього середовища.

У макулатурній масі, особливо в процесі перероблення змішаної макулатури, міститься велика кількість дрібних волокон, які зазнали значної деструкції під час попереднього оброблення. Наявність такого волокна призводить до підвищення вимог, уповільнює зневоднення паперової маси, погіршує показники міцності готової продукції. Тому, найбільш раціональною схемою підготовки макулатурної маси є така, коли в процесі її сортування здійснюється фракціонування волокна і в подальшому

Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
розмелюванню піддається лише довговолокниста фракція. Тому фахівцями галузі пропонується використання фракціонатора типу TamScreen TS10 (рис. 1) [1].

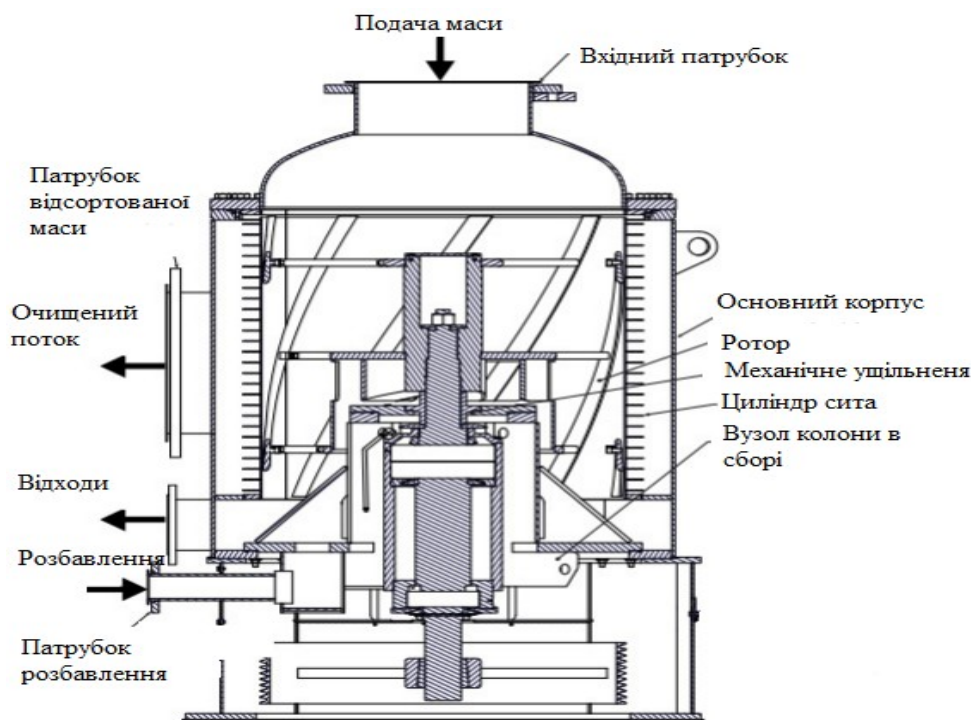


Рисунок 1 – Фракціонатор типу TamScreen TS10.

Фракціонування здійснюється на напірних щілинних сортувалках в два ступені: перша ступінь - сортувалка TamScreen TS12 і другий ступінь - сортувалка TamScreen TS10 зі щілинними отворами 0,2 мм.

Відсортоване волокно першого ступеня фракціонування являє собою коротку фракцію, а відходи другого ступеня - довгу фракцію. Далі підготовка кожної фракції здійснюється за своєю окремою схемою. Очищена маса з двох ступенів фракціонування формує коротку фракцію. Відходи сортування другого ступеня формують довгу фракцію.

Застосування двоступеневої системи фракціонування дозволить селективно переробляти довго- і коротковолокнисту фракції і тим самим підвищити якість паперу для гофрування та зменшити енергозатрати.

Перелік посилань:

1. Сайт компанії «Фойт Пейпер» <http://voith.com>.

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ
ОЧИЩЕННЯ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ**

магістрант Сокол К.А., к.т.н., доц.Трембус І.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Сьогодні значна частина паперової продукції виготовляється з вторинної сировини (макулатури), це пов'язано з відсутністю власної сировинної бази та дозволяє здешевити процес виробництва. З кожним роком якість вторинної сировини знижується, за рахунок її багаторазового використання, з'являються нові види домішок. Це перешкоджає отриманню якісної та конкурентоспроможної продукції. Перед виготовленням паперової продукції, макулатуру піддають ретельному очищенню. Зокрема для видалення частинок друкарської фарби із вторинної сировини використовують процес флотації.

При флотації через суспензію волокнистого матеріалу пропускається повітря, за рахунок чого барвники, клеї та різне покриття, що, зазвичай, є гідрофобними речовинами, захоплюються бульбашками повітря і підіймаються вгору, після чого видаляються. Цей процес дозволяє покращити яскравість та оптичний зовнішній вигляд продукту.

Всесвітньо відома компанія "VOITH" виготовляє спеціальні флотаційні установки для видалення друкарської фарби з макулатури. Однією з таких установок є Deinking EcoCell (рис. 1). Така установка ефективно видаляє частинки типографської фарби, а також забруднюючі часточки розміром до 500 мкм з вторинної сировини. Діючи таким чином, досягається видалення дріб'язку та наповнювачів, що сприяє зниженню енергоспоживання та зменшенню витрат свіжої води. Завдяки самоочисній системі установки, вона не потребує технічного обслуговування.

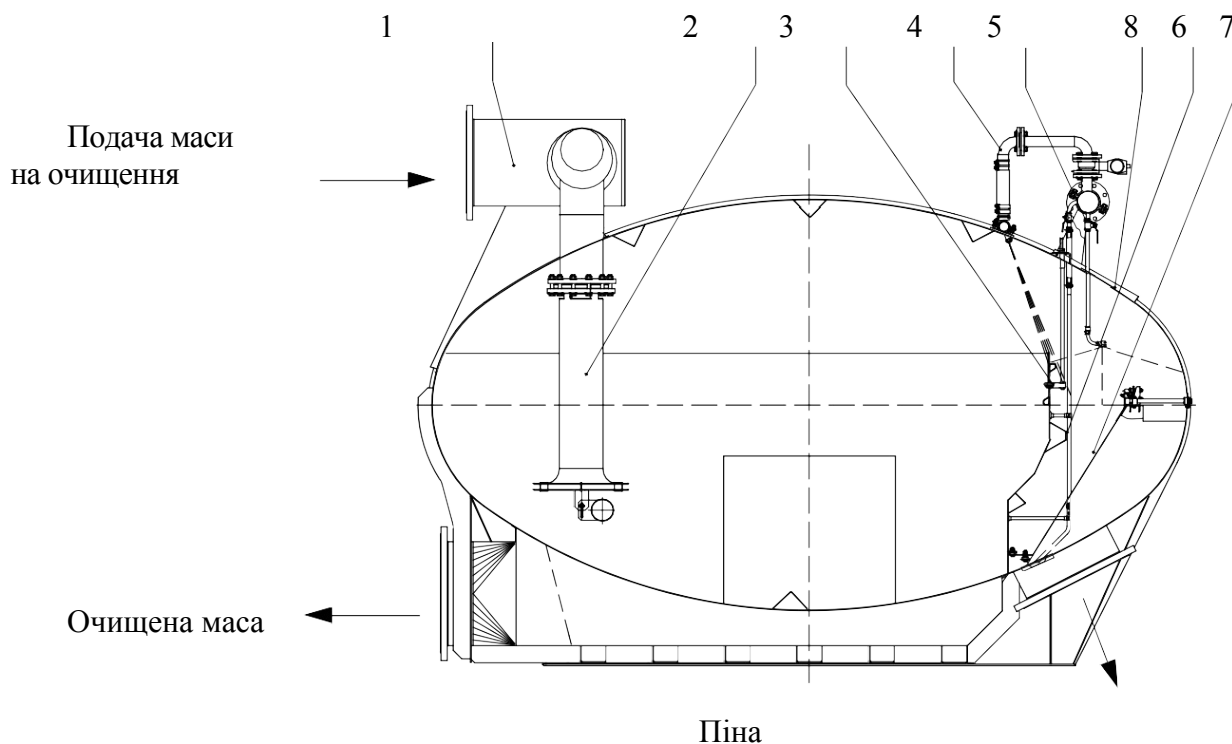


Рисунок 1 – Флотаційна установка Deinking EcoCell фірми «Voith»:

- 1 – розподільний трубопровод; 2 – дифузор; 3 – рівень переливу;
4 - пристрій для очищення; 5 – спорски; 6 - пристрій для промивання (датчик); 7 - рівень переливу піни; 8 – оглядовий люк.

Через окрему оптимізацію секцій двоступенева структура системи з первинною та вторинною флотацією здійснює видалення забруднюючих речовин з мінімальними втратами волокна. Флотаційну установку Deinking EcoCell рекомендується використовувати для підготовки сировини при виготовленні санітарно-гігієнічних видів паперу [1].

Використання цієї флотаційної установки при виробництві паперу санітарно-гігієнічного призначення дозволить покращити його фізико-механічні властивості, при цьому не відбувається забивання пресових сукон та збільшується продуктивність машини.

Перелік посилань:

1. Сайт компанії «Фойт Пейпер» <http://voith.com>.

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВОГО ПРОКЛЕЮВАННЯ ПАПЕРУ

магистри Солонінко О.М, Муравська Г.А, доц., к.т.н. Черьопкіна Р.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського

Вступ. Більшість видів паперу і картону повинні мати певний рівень вбирності води або поглинання вологи з повітря. У виробництві такого паперу передбачено процес проклеювання, що являє собою використання хімічних добавок шляхом введення їх в паперову масу або нанесення їх на поверхню паперу. За допомогою поверхневого проклеювання можна значно знизити деформацію паперу, надати йому міцності і вологоміцності, підвищити показники водонепроникності.

З точки зору економії хімікатів і захисту навколишнього середовища завжди краще проводити поверхневе проклеювання, але для цього потрібне додаткове обладнання.

Виклад основного матеріалу. Проведено дослідження з метою визначення залежності ефективності використання стирол-акрилатного полімерного клею FennoSize SC-180 від рівня рН крохмального розчину для поверхневого проклеювання паперу та визначення оптимальних витрат клею FennoSize SC-180 та коагулянта Полвак-40. Для даного дослідження використано методику визначення поверхневої вбирності за $K_{обб30}$ та обрано зразки паперу двох марок: папір для гофрування макулатурний масою 125 г/м² (ПМП-125), папір для гофрування макулатурний масою 100 г/м² (ПМП-100) [1]. Було проаналізовано зміну значення поверхневого поглинання води при односторонньому змочуванні паперу (за $K_{обб30}$) протягом 7 днів. За цей період спостерігали за різницею дозрівання агентів для проклеювання, тобто, за зміною значення поверхневої вбирності за $K_{обб30}$. Отримані значення наведено на рис. 1 та 2.

В ході підтримання значення рН на рівні 3,8-4 розчину для проклеювання витрати полімерного клею FennoSize SC-180 будуть становити 0,25 кг/т, (дана витрата визначається, як мінімальна для підтримання показника поверхневої вбирності за $K_{обб30}$ на оптимальному рівні 40-70 г/м², при нормі 30-70 г/м²), за одночасної витрати Полвак-40 – 3 кг/т (для підтримання значення рН на рівні 3,8-4).

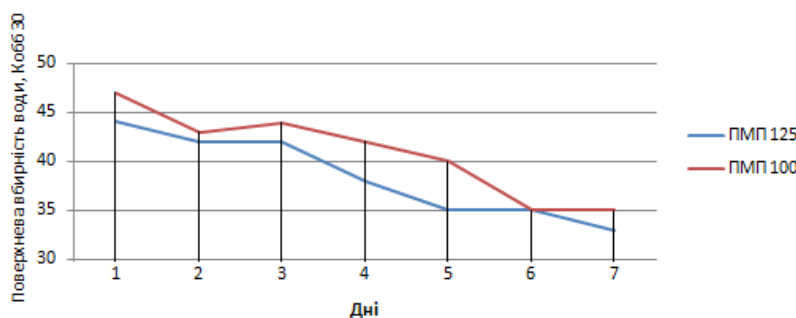


Рисунок 1. – Зміна поверхневої вбирності паперу за рН 3,8-4 за сім днів експерименту В разі підтримання значення рН розчину для проклеювання на

рівні більше 4 витрати клею FennoSize SC-180 становлять 0,25 кг/т, (дана

витрата визначається, як мінімальна для підтримання показника поверхневої вбирності за Кобб₃₀ на оптимальному рівні 40-70 г/м², за норми 30-70 г/м²), за одночасної витрати Полвак-40 – 2,6 кг/т (для підтримання значення рН на рівні >4).

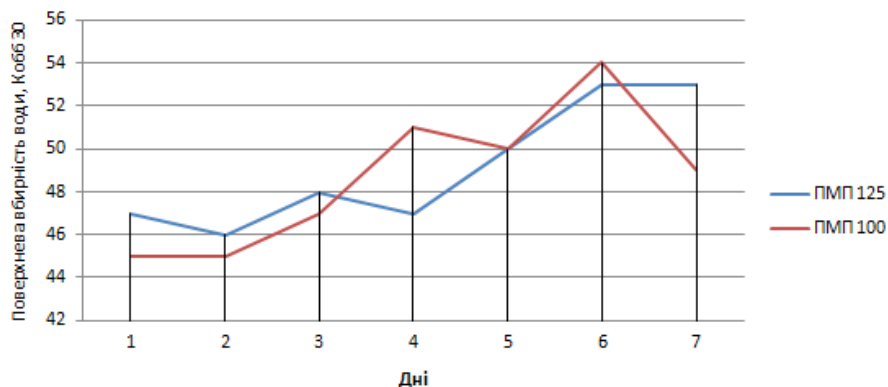


Рисунок 2. – Зміна поверхневої вбирності паперу за рН більше 4 за сім днів експерименту

Як видно із даних рис.1, що за встановлених витрат клею на поверхневе проклеювання до 0,25 кг/т та підтриманні значення рН розчину для проклеювання на рівні 3,8-4 показник Кобб₃₀ знижується на 25 % для ПМП-125, та на 26% для ПМП-100.

При підтриманні значення рН розчину для проклеювання на рівні >4 (рис.2), показник Кобба збільшується на 12 % для ПМП-125, та на 8 % для ПМП-100.

Висновок. Виготовлення паперу згідно із запропонованими технологічними параметрами: витрати полімерного клею FennoSizeSC-180 становлять 0,25 кг/т, витрати Полвак-40 – 3 кг/т (для підтримання значення рН на рівні 3,8-4) дозволяє стабілізувати подальше дозрівання агентів для проклеювання, внаслідок чого, спостерігається стабільне зменшення показника вбирності протягом 7-ми днів. У випадку з підтриманням значення рН розчину для проклеювання на рівні > 4 спостерігається нестабільність даного показника, що призводить до зростання показника вбирності на 12 % для ПМП-125, та на 8% для ПМП-100, що є негативним та небажаним результатом для промислового виробництва.

Перелік посилань:

1. ГОСТ 12605-97 Бумага и картон. Метод определения поверхностной впитываемости воды при одностороннім смачивании (метод Кобба). Джерело: https://znaytovar.ru/gost/2/GOST_1260597_Bumaga_i_karton_M.html

ЗАСТОСУВАННЯ ПРОСОЧУВАННЯ ДЛЯ ОДНОРІЧНИХ РОСЛИН

магистри Татарова К. О., Шевченко А. А., к.т.н., доц. Черьопкіна Р.І

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського

З недеревної сировини під дією хімічних реагентів за певних температурних умов та механічної дії отримують напівфабрикати різного виходу, якості та призначення. В кожному конкретному випадку вибір способу та режиму обробки вимагає обґрунтування в залежності від особливостей морфологічної будови та хімічного складу сировини.

Відомо, що лужні розчини достатньо швидко проникають вглиб сировини та поглинаються, в першу чергу, паренхимними клітинами, які в однорічних складають до 50%. За однакових умов вони швидше проварюються в порівнянні із луб'яними волокнами і тому втрачаються вже під час варіння. Попереднє просочування січки сприяє видаленню великої кількості повітря, її рівномірному просочуванню, що призводить до однорідності проварювання та покращення якості отриманих з неї напівфабрикатів [1,2].

Для переробки обгорток качанів кукурудзи обрано натронно-содовий спосіб, що не містить сірковмісних сполук, а гідроксид натрію найбільш повно сприяє розчиненню кремнієвої кислоти, яка має негативний вплив на показники міцності напівфабрикатів [1].

Мета роботи полягає у дослідженні впливу просочування січки із обгорток качанів кукурудзи на отримання волокнистих напівфабрикатів та їх фізико-механічні показники.

Результати. Січку обробляли розчином з витратами активного лугу 14% в од. Na_2O від маси абс. сух. сировини без просочування та з просочуванням 15 хв з підйомом температури від 80°C до 100°C. Варіння січки за кінцевої температури становило 15 та 30 хв. Отримані результати наведено в табл...

З аналізу даних табл.. видно, що попереднє просочування сировини призводить до зниження виходу, як за тривалості варіння 15 хв, так і за варіння 30 хв до 4%. Це пояснюється розчиненням низькомолекулярних фракцій сировини – уронових кислот, пентозанів, частково лігніну, зольних компонентів. Отримані напівфабрикати можна характеризувати як напівцелюлозу.

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

Таблиця – Умови варіння та вихід волокнистих напівфабрикатів

Витрати активного луку, % од. Na ₂ O від маси а.с.с.	Підйом температури, хв	Тривалість варіння за кінцевої температури, хв	Вихід напівфабрикату, %
14	0	15	82,5
14	0	30	80,9
14	15	15	78,6
14	15	30	77,1

Дослідження фізико-механічних показників напівцелюлози є однією з основних характеристик подальшого її застосування. За однакової тривалості варіння на кінцевій температурі попереднє просочування січки призводить до підвищення показників розривної довжини на 27 – 30%, які знаходяться в межах 2400 – 3900 м, що в основному пояснюється зменшенням вмісту залишкового лігніну у напівфабрикатах, яке сприяє гнучкості волокон. На показник опору роздиранню вплив просочування майже не прослідковується, оскільки цей показник в більшій мірі залежить від середньої довжини волокна, яка є достатньо малою, що характерно для однорічних. Щодо показника опору продавлюванню, то спостерігається підвищення в межах 4 – 6% для діапазону значень 62 – 72 кПа, що частково пояснюється впливом малої довжини волокон та високою лігніфікацією напівцелюлози.

Висновок. В результаті лужної обробки обгортки кукурудзи отримано напівцелюлозу. Попереднє просочування січки сприяє підвищенню показника розривної довжини. Підвищення показників опору продавлюванню та роздиранню можна досягти за рахунок поглиблення делігніфікації, яке досягається технологічними параметрами варіння сировини.

Перелік посилань:

1. Технологія целюлозно-бумажного виробництва: в 3-х томах. Т.1. Сырье и производство полуфабрикатов . Ч. 2. Производство полуфабрикатов. – Санкт-Петербург: Политехника, 2003. – 633 с.
2. Лендзел П., Морвай Ш., Химия и технология целлюлозного производства /пер. с нем. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 544 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПАПЕРУ
магвстр Хмельков В. В., к.т.н., доц. Черьопкіна Р. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського

Папір-основа для паспортів виготовляється із композиції волокон різного походження. Якість водяного знаку досягається скороченням довжини волокон, з яких відливається папір, що йде в розріз із забезпеченням його максимальної механічної міцності, яка можлива за помітно більшої довжини волокон. Компенсація негативного впливу значного ступеня розробки волокна і гарантія високоякісного та довговічного паперу можлива лише із додаванням в папір хімічних речовин, тобто проведення проклеювання. Це процес, в ході якого в масу або на поверхню паперу вводяться речовини, що сприяють склеюванню рослинних волокон та їх гідрофобізації. В результаті проклеювання досягають підвищення міцності готового паперу і він набуває властивостей фарбо- і водонепроникності, що неодмінно є однією із найважливіших вимог до паперу для паспортів. Тому проклеювання, як один з важливих технологічних процесів виробництва даного виду паперу набуває особливого, визначального значення.

Для того, щоб папір в документі якомога довше не зношувався та його можна швидко ідентифікувати пропонується використовувати для поверхневого оброблення на етапі виготовлення паперу водну поліуретанову дисперсію. Основним компонентом якої є поліуретани – гетероланцюгові полімери. Поверхневу обробку паперу проводять двома способами: або в клеїльній ванні, або у клеїльних пресах. Спосіб проклеювання в клеїльній ванні застосовують тільки для спеціальних видів паперу, в тому числі для документів. Нанесення розчинів на поверхню паперу проводять за допомогою пристроїв типу «сайз-прес» (рис. 1а), які складаються з двох циліндрів – пресів, за допомогою яких наноситься на обидві поверхні листа рідина, що розбризкується соплами, або просочувальної ванни (рис. 1б).

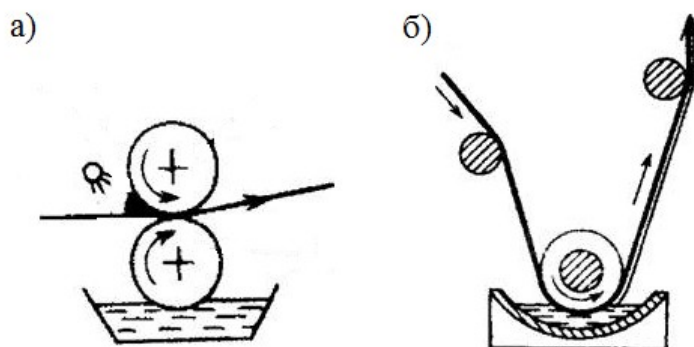


Рисунок 1 – Пристрої для нанесення клеїлих розчинів на поверхню паперу

Температура у ванні підтримується постійною – 40–50°C. Сушать папір нагрітими до 75–85°C сушильними циліндрами та з використанням аерофонтанного сушіння за температури 75–110°C [1].

Цей спосіб має численні переваги, оскільки нема потреби застосовувати етап покриття поза папероробною машиною. В даному випадку проклеювання забезпечує повне проникнення зв'язуючої речовини у волокнисту структуру паперу. Як наслідок – аркуш паперу захищений одночасно і зсередини та ззовні, що збільшує його довговічність.

Використання для поверхневого проклеювання водної поліуретанової дисперсії є надзвичайно ефективним, оскільки у макромолекулі поліуретанів містяться прості та складноєфірні функціональні групи, карбід-амідні групи, які збільшують діапазон міцності кінцевого продукту. Проклеювання паперу дозволяє досягати захисної плівки з ефектом бар'єру – дуже стійкої до хімічного та механічного впливу. В результаті папір залишається еластичним і стійким до згинань та змінань. Захисна плівка закриває пори паперу і створює фізичний бар'єр, який затримує забруднення із навколишнього середовища, насамперед поту та шкірного сала, які потрапляють на поверхню паперу із рук під час користування документом [1].

Перелік посилань:

1. Иванов С.Н. Технология бумаги. Изд. 3-е. Школа бумаги, 2006. – 696с.

ОТРИМАННЯ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ ЛУШПИННЯ

магистри Туцька С. А., Шевченко Д. В., Шевченко А.А.,
к.т.н., доц. Черьопкіна Р.І.

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

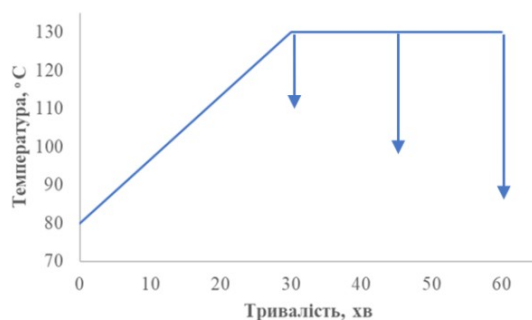
Останнім часом Україна входить до трійки основних експортерів соняшникової олії. Для виробництва олії використовується близько 60 – 70 % сировини, а залишок у вигляді лушпиння складає близько 35 %. Ці відходи мають застосування у виробництві кормів для годування худоби, як біопаливо та в целюлозо-паперовій промисловості, виходячи із їх хімічного складу [1].

Оскільки у всьому світі, як і в Україні, прослідковується тенденція до стрімкого розвитку целюлозно-паперової промисловості, тому забезпечення її сировиною є основною стратегічною задачею. Задля збереження лісових масивів пропонується використовувати в якості сировини для отримання волокнистих напівфабрикатів відходи лушпиння соняшника, що, в свою чергу, покращує комплексне споживання сільськогосподарських культур [1].

Для переробки недеревної сировини запропоновано натронне та натронно-содове варіння, що відноситься до екологічно чистих способів делігніфікації.

Мета роботи полягає у дослідженні впливу тривалості варіння лушпиння лужними методами з отриманням волокнистих напівфабрикатів.

Результати. Обробку лушпиння проводили варильними розчинами з витратами активного луку 10% в од. Na_2O від маси абс. сух. сировини за температурними режимами, які наведено на рисунку 1.



В лабораторних умовах проведено варіння лушпиння двома способами, виготовлено зразки відливок з отриманих напівфабрикатів та визначено їх показники міцності.

Рисунок 1 – Режими варіння

Результати виходу, вмісту лігніну та фізико-механічні показники отриманих напівфабрикатів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Якісні показники напівфабрикатів із лушпиння соняшнику

Спосіб варіння/тривалість варіння за кінцевої температури	Вихід, %	Залишковий вміст лігніну, %	Розривна довжина, м	Опір роздиранню, мН	Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п.
Натронний/ 15 хв	70	26,5	950	100	1
Натронний/30 хв	61	25,2	1110	170	1
Натронно-содовий/ 15 хв	71	27,2	650	95	1
Натронно-содовий/ 30 хв	56	26,0	1060	140	1-

З аналізу даних табл. видно, що варіння лушпиння натронним способом характеризується нижчим виходом в порівнянні із натронно-содовим приблизно на 14 %. Зі збільшенням тривалості варіння від 15 хв до 30 хв вихід зменшується на 12 %, це пояснюється тим, що сировина краще просочується натронним розчином, в результаті відбувається розчинення крохмалю, пектинів, барвників та низькомолекулярних фракцій целюлози. Виходячи із виходу напівфабрикату, який знаходиться в межах 56 – 71 % можна охарактеризувати його, як напівцелюлоза. Але, слід зазначити, що за даних умов практично не відбувається делігніфікації сировини, що негативно впливає на міцність напівфабрикатів [1].

Значення розривної довжини практично є мінімальними, що підтверджує наявність великої кількості лігніну у напівфабрикатах, який перешкоджає утворенню водневих зв'язків. Щодо підвищених значень опору роздиранню в межах 95 –170мН, то необхідно сказати про вплив на цей показник середньої довжини волокон. За рахунок коротких і довгих волокон утворюється їх переплетення з отриманням щільного листа.

Висновок. В результаті обробки лушпиння лужними способами отримано напівцелюлозу. Для покращення делігніфікації пропонується удосконалити режими варіння з урахуванням особливостей хімічного складу лушпиння, наприклад, збільшити тривалість варіння.

Перелік посилань:

1. Zemnukhova L A., Kovekhova A.V. Sunflower husk integrated processing prospects. *Advanced Materials Research* (781 – 784) . – 2013.– P. 752 –755.

ЛУЖНЕ ВАРІННЯ ВІДХОДІВ КУКУРУДЗИ

маг. Шевченко Д.В., маг. Туцька С.А., доц., к.т.н. Черьопкіна Р.І

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського

Відомо, що деревина є основною сировиною для целюлозно-паперової промисловості. Темпи споживання продукції галузі зростають і ефективність підприємств визначаються економікою сировинної бази. Запаси і природній приріст деревини нині не можуть забезпечити потреби виробництва волокнистих напівфабрикатів, тому назріла необхідність приділити достатню увагу місцевим видам недеревної сировини [1].

Наприклад, обгортки качанів кукурудзи можна обробляти лужними способами та отримувати з них волокністі напівфабрикати з високими показниками міцності. Така сировина може замінити деревину у виробництві гофрокартону [1,2].

В роботі запропоновано використання натронного та натронно-содового способів обробки обгортки качанів. Дані методи не містять сірковмісних сполук, а NaOH найкраще розчиняє всі мінеральні речовини, які мають негативний вплив на показники якості волокнистих напівфабрикатів [2].

Мета роботи полягає у порівнянні показників якості волокнистих напівфабрикатів, отриманих різними способами обробки із обгортки кукурудзи.

Результати. Січку обробляли лужними розчинами з витратами активного луку 10 % в од. Na₂O від маси абс. сух. сировини за режимом натронного (NaOH) та натронно-содового варіння (NaOH:Na₂CO₃=70:30). Обробку проводили з тривалістю 30 хв з підйомом температури від 80 °С до 130 °С. Варіння січки за кінцевої температури становило 15 та 30 хв в обох випадках. Отримані напівфабрикати піддавали розмелюванню та виготовляли лабораторні зразки відливок. Отримані результати показників якості наведено в табл..

Як видно з даних табл., вихід напівфабрикатів за однакових режимів обробки січки вищий за натронно-содового варіння. Проте делігніфікація

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

проходить краще за натронного варіння. Також, зі збільшенням тривалості обробки на 15 хв. вихід закономірно зменшується, як і вміст залишкового лігніну. Отримані напівфабрикати можна охарактеризувати як целюлозу високого виходу.

Таблиця – Показники якості волокнистих напівфабрикатів

Спосіб варіння	Тривалість варіння за кінцевої температури, хв.	Вихід напівфабрикату, %	Вміст залишкового лігніну, %	Розривна довжина, м	Опір роздиранню, мН	Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п.
Натронний	15 хв	51,6	9,0	2800	340	40
	30 хв	42,2	4,5	3420	430	365
Натронно-содовий	15 хв	62,0	9,3	2220	480	9
	30 хв	60,0	5,8	3220	530	15

Дослідження фізико-механічних показників целюлози високого виходу є однією з основних характеристик її подальшого використання. В результаті проведеного дослідження показано, що зі збільшенням тривалості варіння механічні показники покращуються, що пояснюється зниженням вмісту залишкового лігніну у продуктах варіння, яке сприяє підвищенню гнучкості волокон. Показники розривної довжини та міцності на злом є кращими у випадку отримання целюлози високого виходу натронним способом обробки січки, що частково можна пояснити глибшою делігніфікацією та більшою пластичністю волокон. Показники опору роздиранню для натронно-содового варіння дещо вищі, що пояснюється впливом середньої довжини волокна.

Висновок. В результаті лужних способів обробки обгорток кукурудзи отримано целюлозу високого виходу. Підвищення її механічних показників знаходиться в прямій залежності від ступеня делігніфікації сировини.

Перелык посилань:

1. Environmentally friendly cellulosic fibers from corn stalks. Environmental Engineering and Management Journal. A.M. Checă, V.M. Tofănică, A.C. Puițel, R. Nicu, D. Gavrilescu. 17 (7). July 2018. – P. 1765 – 1771,.

2. Татарова К.О., Черьопкіна Р.І. Нові джерела сировини. Збірник тез доповідей XVI Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсозберігаючі технології та обладнання" (22-23.04.2019 р. м Київ) – С. 112–113.

СЕКЦІЯ 1

«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»	5
ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ГРП НА ЯКІСТЬ ГІДРОДИНАМІКИ ПРИ НЕОДНОРІДНОМУ ПСЕВДОЗРІДЖЕННІ Шевченко Я.М., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С.	6
ЛАБОРАТОРНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ПЕРЛІТУ Войтюк В.О., Марчевський В.М.	10
ІЗОТЕРМІЧНА МАСОВА КРИСТАЛІЗАЦІЯ В ПРОЦЕСІ ГРАНУЛОУТВОРЕННЯ ТВЕРДИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ Гоцький Я. Г., Яцюк І. О., Степанюк А. Р.	12
ПРОЦЕС СУШІННЯ ПЕРЛІТУ Грицюк Г.І., Новохат О.А.	14
МОДЕРНІЗАЦІЯ ВІДСТІЙНОЇ ЦЕНТРИФУГИ Гришин О.Ю., Двойнос Я.Г.	16
ПРОЦЕС ТЕПЛООБМІНУ У РЕГЕНЕРАТИВНОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ Євзютін П.Ю., Італьянцев О.І., Двойнос Я.Г.	18
ПЛАСТИНЧАСТІЙ РЕКУПЕРАТОР ЗМІШАНОГО ТОКУ Італьянцев О.І., Євзютін П.Ю., Двойнос Я.Г.	20
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ В'ЯЗКОСТІ НЬЮТОНІВСЬКИХ РІДИН Коваль В.О., Андреев І.А.	22
ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПЛЕКСНОЇ ГАЗООЧИСТКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛУ Кичак. Р. В., Степанюк А. Р.	24
ДИСКОВИЙ РОЗПЛАВЛЮВАЧ-ГОМОГЕНІЗАТОР ПРИ КАСКАДНІЙ ЕКСТРУЗІЇ ПОЛІМЕРІВ Швед М.П., Новодворський В. В., Швед Д.М., Ковба А.М.	26
АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ» МЕРЕЖ Коник А.В., Демченко В.В.	28
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ РЕЖИМ РОБОТИ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ЗНЕВОДНЕННЯ ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ Король А.Ю., Двойнос Я.Г.	30
ВИМІРЮВАННЯ ВІБРОВ'ЯЗКОСТІ ФІБРОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ Крамар О.В., Андреев І.А.	32
ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АПАРАТУ З МІШАЛКОЮ Крестошина О.П., Двойнос Я.Г.	34
РОЗРОБЛЕННЯ АДСОРБЕРА І МЕМБРАННОГО АПАРАТА ДЛЯ	

МОДЕРНІЗАЦІЇ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД	
Кузнецова А.Д., Гулієнко С.В.	36
МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕМБРАННОГО МОДУЛЯ	
Кушнірук В.М., Гулієнко С.В.	38
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛОВОГО СПИРТУ	
Орел О.Ю., Андреев І.А.	40
МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ДЛЯ СУШІННЯ КОКСУ	
Нурадінов І.А., Степанюк А.Р.	42
МОДЕЛЮВАННЯ ВІДПАРНОЇ КОЛОНИ	
Пінчук А.Є., Степанюк А.Р.	44
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ВІДЦЕНТРОВОГО СЕПАРАТОРА	
Пінчук В.В., Двойнос Я.Г.	46
СЕПАРАТОР ГАЗО–РІДИННОЇ СУМІШІ	
Пінчук В.В., Двойнос Я.Г.	48
ОБґРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ КАЛІБРУВАННЯ ТРУБ З ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ	
Подиман Г.С., Двойнос Я.Г.	50
МОДЕРНІЗАЦІЯ ГІБРИДНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗНЕСОЛЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДЕСТИЛЯЦІЇ ТА ЗВОРОТНЬОГО ОСМОСУ	
Процюк О.О., Гулієнко С.В.	52
МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ТРУБ З ПОЛІЕТИЛЕНУ	
Рудницький Є.А., ст.викладач Двойнос Я.Г.	54
МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ЛИСТКІВ З ТЕРМОПЛАСТИЧНИХ ПОЛІМЕРІВ	
Рудницький Б.А., Двойнос Я.Г.	56
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕГЕНЕРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ МЕМБРАННИХ МОДУЛІВ	
Терещенко І.Ю., Гулієнко С.В.	58
УСТАНОВКА ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ФЕРМЕНТЕРА	
Тертус О.Г., Степанюк А.Р.	60
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МІШАЛКИ З ГНУЧКИМИ СПІРАЛЬНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ	
Тищенко К. В., Двойнос Я.Г.	62
МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ	
Ткачук М.В., Степанюк А.Р.	64
СУЧАСНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОВПАЧКОВИХ ТАРІЛОК МАСООБМІННИХ КОЛОН	
Чайківський К.В., Андреев І.А.	66
РОЗРОБЛЕННЯ МЕМБРАННОГО АПАРАТА ТА БАРАБАННОЇ	

СУШАРКИ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА НІТРАТУ АМОНІЮ	
Шахунов М.О., Гулієнко С.В.	68
ПРИНЦИПИ ВИРОБНИЦТВА ГРАНУЛЬОВАНИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	
Яцюк І.О., Гоцький Я.Г., Степанюк А. Р.	70
ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ПОВЕРХНЕВОГО НАТЯГУ ПЕРЛІТУ ТА ОЦІНКА ЇЇ ВПЛИВУ НА ПРОЦЕС СПУЧУВАННЯ ПЕРЛІТУ	
Цюпяшук А.М., Костогриз К.П., Роман С.М.	72
ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСІВ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ПЕРЕКАЧУВАННІ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ І МІЮЧИХ РОЗЧИНІВ	
Щепкін В.І., Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Коник А.В., Недбайло А.Є., Радченко Н.Л.	74
ORIGINAL TECHNOLOGY OF WATER PROCESSING IN HYDROPONIC SYSTEM	
Dubovkina I.	76
НОВІТНІ НАПРЯМИ ЗАСТОСУВАННЯ ОРТОТРОПНИХ ПЛИТ У ТРАНСПОРТНОМУ БУДІВНИЦТВІ	
Рубльов А.В.	78
ОТРИМАННЯ ВИСОКОРЕАКЦІЙНОГО ВАПНА У АПАРАТІ З ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ	
Жайворонок В.А., Костогриз К.П., Роман С.М., Хвастухін Ю.І.	79
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ З ЛУЖНОАКТИВОВАНОЇ КРЕМНЕЗЕМИСТОЇ СИРОВИНИ.	
Собченко В.В., Костогриз К.П., Хвастухін Ю.І., Собченко Г.О.	81
ТЕПЛОМАСООБМІН ПІД ЧАС СУШІННЯ ЧИПСІВ З ЯБЛУК	
Гусарова О.В., Шапар Р.О.	83
ДЕРИВАТОГРАФІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ	
Петрова Ж.О., Самойленко К.М., Слободянюк К.С., Вишневецький В.М., Новікова Ю.П.	86
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ОБРОБКИ СИРОВИНИ НА ВИХІД ТЕРМІЧНО ОБРОБЛЕНОГО ПАЛИВА	
Корінчук Д.М., Дахненко В.Л.	88
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СУШІННЯ ТОРФУ З ФАЗОЮ ЧАСТКОВОГО ТЕРМІЧНОГО РОЗКЛАДАННЯ	
Сорокова Н.М., Корінчук Д.М.	95
ГІДРОДИНАМІКА НЕОДНОРІДНОГО ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ	
Стеблецький І.М., Корнієнко Я. М.	97

МЕМБРАННИЙ АПАРАТ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КАРБОНАТУ КАЛІЮ	
Валько М.П., Гулієнко С.В.	100
ФОРСУНКИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЗА ПІНОУТВОРЕННЯМ	
Косенко В.В., Семінський О.О.	102
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ НАБРЯКАННЯ КРОХМАЛЮ	
Бишко М.А., Семінський О.О.	104
СЕКЦІЯ 2	
«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»	106
РОЗРОБКА ФОРМУЮЧОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Галайковський А.О., Новохат О.А.	107
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Гламазда Д. О., Марчевський В. М.	109
ВИБІР ТИПУ СУШИЛЬНИХ ГРУП КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Запорожець О.В., Новохат О.А.	111
НАКАТ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Коваленко С.П., Семінський О.О.	113
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО ПРЕСУ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Котенко Д.В., Марчевський В.М.	117
АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ХОЛОДИЛЬНИХ ЦИЛІНДРІВ КАРТОНОРОБНИХ МАШИН	
Кошурніков М.Ю., Семінський О.О.	119
МОДЕРНІЗАЦІЯ МАШИННОГО КАЛАНДРА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Курмишев О.С., Марчевський В.М.	122
РОЗРОБКА ФОРМУЮЧОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Матохнюк М.Б., Новохат О.А.	124
ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ МАСОНАПУСКНИХ ПРИСТРОЇВ КАРТОНОРОБНИХ МАШИН	
Міліціян О.А., Новохат О.А.	126
МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ	
Нечипоренко Р.А., Марчевський В.М.	128
МОДЕРНІЗАЦІЯ БАШМАЧНОГО ПРЕСУ	
Ніколаєв В. О., Марчевський В. М.	130
МОДЕРНІЗАЦІЯ МАШИННОГО КАЛАНДРУ	
Сапіга Є.А., Марчевський В.М.	132
КОНТАКТНЕ СУШІННЯ ПАКУВАЛЬНОГО КАРТОНУ	

Телестакова В.В., Марчевський В.М.	134
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ КАРТОННОГО ПОЛОТНА	
Холод І.І., Гробовенко Я.В.	136
ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ПРЕСІВ З РОЗШИРЕНОЮ ЗОНОЮ ПРЕСУВАННЯ	
Чусовлянкін О.С., Семінський О.О.	138
КОМПУНУВАННЯ ПРЕСІВ ПАПЕРО ТА КАРТОНОРІБНИХ МАШИН	
Чусовлянкін О.С., Семінський О.О.	140
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ	
Яновський Д.І., Новохат О.А.	142
СЕКЦІЯ 5	
«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»	144
ЗМЕНШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ВТРАТ ВОЛОКНА У ВИРОБНИЦТВІ КАРТОНУ ДЛЯ ПЛОСКИХ ШАРІВ ГОФРОКАРТОНУ	
Артеменко М.П., Вольвах В.В., Барбаш В. А.	145
ВИКОРИСТАННЯ ОБЛАГОРОДЖЕНОЇ МАКУЛАТУРИ У ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРУ	
Бондарчук Д.М., Дейкун І.М.	147
РЕКОНСТРУКЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПОТОКУ З ВИРОБНИЦТВА КАРТОНУ ТАРНОГО	
Бортнік О.А., Галиш В.В.	149
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ ФОРМУЮЧИХ СІТОК ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ НА ВИСОКИХ ШВИДКОСТЯХ	
Вольвах В.В., Артеменко М.П., Барбаш В.А.	151
СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ	
Гарбарчук С.М., Галиш В.В.	153
РЕКОНСТРУКЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПОТОКУ З ВИРОБНИЦТВА КАРТОНУ ЕЛЕКТРОІЗОЛЯЦІЙНОГО	
Костюченко В.А., Галиш В.В.	155
МОДЕРНІЗАЦІЯ ФОРМУЮЧОЇ ЧАСТИНИ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ З ВИРОБНИЦТВА ТІСЬЮ	
Кріт М.А., Мовчанюк О.М.	157
ПАПІР ДЛЯ ГОФРУВАННЯ З ЦЕЛЮЛОЗИ, ОДЕРЖАНОЇ ЗІ СТЕБЕЛ КУКУРУДЗИ	
Лисенко Г.І., Дейкун І.М.	159
ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ПЛОСКОСІТКОВИХ КАРТОНОРІБНИХ МАШИН	
Оксьоненко Є.А., Черьопкіна Р.І.	161
ПІДВИЩЕННЯ ПОКАЗНИКА ВИДОВЖЕННЯ ПАПЕРУ	

Оксьоненко Є.А., Черьопкіна Р.І.	163
ДЕАЕРАЦІЙНИЙ НАСОС	
Рудзей Ф.П., Муравська Г.А., Солонінко О.М., Андріянець Р.М., Остапенко А.А.	165
ВИКОРИСТАННЯ ТРЯСКИ СІТКОВОГО СТОЛУ ПРМ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА	
Пазерська В.Ю., Саєнко Р.В., Селіванова С.О., Плосконос В.Г.	167
ВИСОКОЧАСТОТНА ТРЯСКА ЗБЕРЕЖЕ РЕСУРСИ	
Саєнко Р.В., Пазерська В.Ю., Селіванова С.О., Рудзей Ф.П., Плосконос В.Г.	169
ВДОСКОНАЛЕННЯ СХЕМИ ПІДГОТОВКИ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ	
Стечак І.А., Сокол К.А., Трембус І.В.	171
ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ	
Сокол К.А., Трембус І.В.	173
ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВОГО ПРОКЛЕЮВАННЯ ПАПЕРУ	
Солонінко О.М., Муравська Г.А., Черьопкіна Р.І.	175
ЗАСТОСУВАННЯ ПРОСОЧУВАННЯ ДЛЯ ОДНОРІЧНИХ РОСЛИН	
Татарова К. О., Шевченко А. А., Черьопкіна Р.І	177
ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПАПЕРУ	
Хмельков В. В., Черьопкіна Р. І.	179
ОТРИМАННЯ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ ЛУШПИННЯ	
Туцька С. А., Шевченко Д. В., Шевченко А.А., Черьопкіна Р.І.	181
ЛУЖНЕ ВАРІННЯ ВІДХОДІВ КУКУРУДЗИ	
Шевченко Д.В., Туцька С.А., Черьопкіна Р.І	183

Рішення

XVII 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» схвалити.

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

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

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

5. Видати збірник праць конференції.

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

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

8. Організатори конференції висловлюють вдячність всім учасникам конференції.

Завідувач кафедру машин та апаратів
хімічних і нафтопереробних виробних
виробництва



Я.М.Корнієнко

Підписано до друку 18.11.2019 р. Формат 60x90 1/16.
Папір офсетний. Умовн. др. арк. 7,9.
Друк різнограф. Тираж 200 прим. Зам. № 2511/02.

Надруковано ФОП Гузік О.М.
Реєстраційний номер №2705814113
м. Київ, вул. Б. Гаврилишина, 16
Тел.: 338-16-61.