

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

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОБЛАДНАННЯ”**

22-23 квітня
Київ 2019

УДК 66
ББК 35.11я43
Р 43

Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції 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», 2018. – 129 с

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

"РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ"

Рекомендовано до друку
Радою молодих вчених
Інституту технічної
теплофізики
НАН України
Протокол № 2
від 16 квітня 2019 р.

Рекомендовано до друку
Кафедрою машин та апаратів
хімічних
і нафтопереробних виробництв
Протокол № 12
від 17 квітня 2019 р.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Киричок П.О.** д.т.н., проф., проректор Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» з науково-педагогічної роботи, голова програмного комітету конференції
- Корнієнко Я. М.** д.т.н., професор, зав. кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського, заступник голови програмного комітету конференції
- Снєжкін Ю. Ф.** д.т.н., директор Інституту технічної теплофізики НАН України
- Ільєнко Б. К.** к.т.н., Вчений секретар Інституту Газу НАН України
- Шматок О. І.** к.т.н., голова Ради молодих вчених Інституту технічної теплофізики НАН України
- Корінчук Д. М.** к.т.н., 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»

УДК 621.21

ГІДРОДИНАМІКА НЕОДНОРІДНОГО ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ВИСОТАХ ШАРУ ЗЕРНИСТОГО МАТЕРІАЛУ

магістрант Денисенко В.Р., 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 систем дозволяє підвищити коефіцієнт використання теплоти до 50% і більше, що є особливо важливим при виробництві органо-мінеральних добрив[1]. З метою інтенсифікації дифузійно-контрольованих процесів у таких системах автором [2] розроблено спосіб взаємодії фаз та конструкцію ГРП, яка дозволяє реалізувати неоднорідне струменево-пульсаційне псевдозрідження в автоколивальному режимі без застосування зовнішніх механічних пристроїв.

У той же час, при реалізації процесу в промислових умовах важливо визначати вплив зміни висоти шару зернистого матеріалу на гідродинамічний режим псевдозрідження та його якісні показники.

Дослідження гідродинамічних особливостей проводились при значеннях початкової висоти шару зернистого матеріалу $H_{0(1)}=0,32$ м, $H_{0(2)}=0,37$ м та $H_{0(3)}=0,42$ м з еквівалентним діаметром частинок $d_e=2,5$ мм на експериментальній установці із розмірами камери гранулятора $A \times B \times H=0,3 \times 0,11 \times 1,5$ м, оснащеної ГРП щілинного типу ($\phi=4,9\%$) [3], застосовуючи фото-відео аналіз.

При висоті шару $H_0=0,32$ м індекс динамічної якості гідродинаміки $i_y=1,0$ із значеннями функції втрат якості $L_d \leq 0,1$ із частотою пульсацій $f=1,95$ Гц ($\tau_{щ}=1/f=0,5175$) досягається при приведеній швидкості газу $w_{r(пр)}=1,34$ м/с, швидкості в щілинах ГРП $w_{щ}=29,3$ м/с та при числі псевдозрідження $K_w=1,71$.

При збільшенні висоти нерухомого шару до $H_{0(+15\%)}=0,37$ м відбувається пропорційне збільшення часу циклу $\tau_{щ}=0,552$ с ($f=1,81$ Гц) та діаметру газової бульбашки d_b , зі збереженням індексу динамічної якості гідродинаміки $i_y=1,0$. При наступному збільшенні $H_{0(+31\%)}=0,42$ м, індекс динамічної якості гідродинаміки зменшився до $i_y=0,88$, що не відповідає умовам відсутності зон оплавлення ($i_y \leq 1,0$).

Узагальнення експериментальних досліджень наведено у вигляді залежностей частоти пульсацій та функції втрат якості гідродинаміки $f=f(H_0)$, рисунок 1, та $L_d=f(H_0)$, рисунок 2.

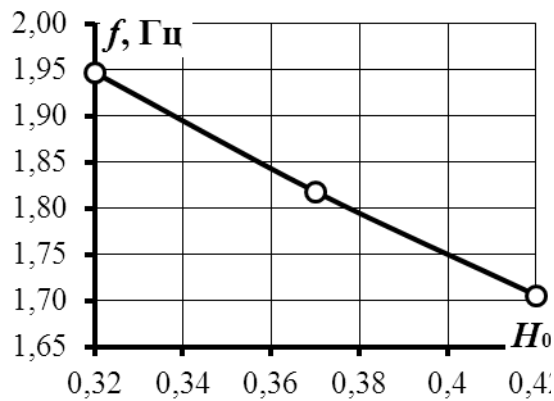


Рисунок 1 – Залежність частоти пульсацій шару зернистого матеріалу від висоти нерухомого шару $f=f(H_0)$ при $d_e=2,5$ мм, $w_{щ}=29,3$ м/с; $K_w=1,71$

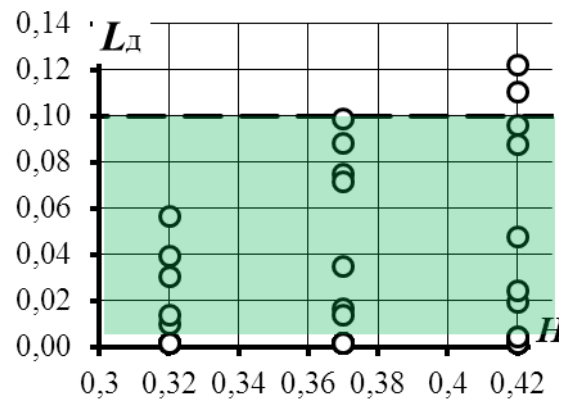


Рисунок 2 – Залежність функції втрат якості від висоти нерухомого шару – $L_d=f(H_0)$ при $d_e=2,5$ мм; $w_{щ}=29,3$ м/с; $K_w=1,71$

За результатами проведених досліджень встановлено, що збільшення висоти шару зернистого матеріалу H_0 спричиняє зменшення частоти пульсацій в шару f та збільшення розміру газової бульбашки d_b в допустимих межах ($d_b \leq 0,33V_{ap}$). Підтверджено, що струменево-пульсаційне псевдозрідження в автоколивальному режимі без втрати динамічної якості гідродинаміки забезпечується при збільшенні початкової висоти нерухомого шару H_0 на 15%. Подальше збільшення H_0 призводить до зменшення параметра $i_y=0.88$, що суттєво збільшується ризик утворення застійних (малорухомих) зон на робочих поверхнях ГРП та оплавлення матеріалу. Для усунення цього недоліку необхідно забезпечувати відповідне збільшення швидкості газу в щілинах ГРП.

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 109509 U Україна, МПК B01J 8/44. Газорозподільний пристрій апарата псевдозрідженого шару / Турко С.О., Корнієнко Я. М., Гайдай С. С., Мартинюк О. В., Любека А. М. // Опубл. 25.08.2016 - Бюл. № 16.

УДК 661

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЛОВЛЮВАННЯ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК З УТВОРЕННЯМ ПЛІВКИ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

З зростанням обсягу промислового виробництва виникають проблеми викидів композитних забруднень, які вміщують тверді частинки і воду. Під час виробництва в грануляторі генерується велика кількість твердих, дрібнодисперсних частинок та парів води. Утворюється суспензія (рис. 1.), концентрація якої має бути визначена в певних межах. Для вловлювання цих викидів було запропоновано осаджувати високодисперсні тверді частинки та пари води у модернізованому циклоні [1], витрати води в якому менші.

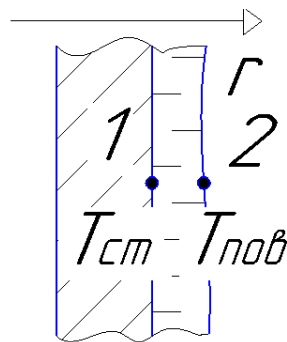


Рисунок - 1. Плівка в циклоні

Для конденсації парів води з поверхні апарату необхідно відвести залишкову енергію, цей процес описується наступним рівнянням:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = a \cdot \left(\frac{\partial^2 \Theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial r} \right)$$

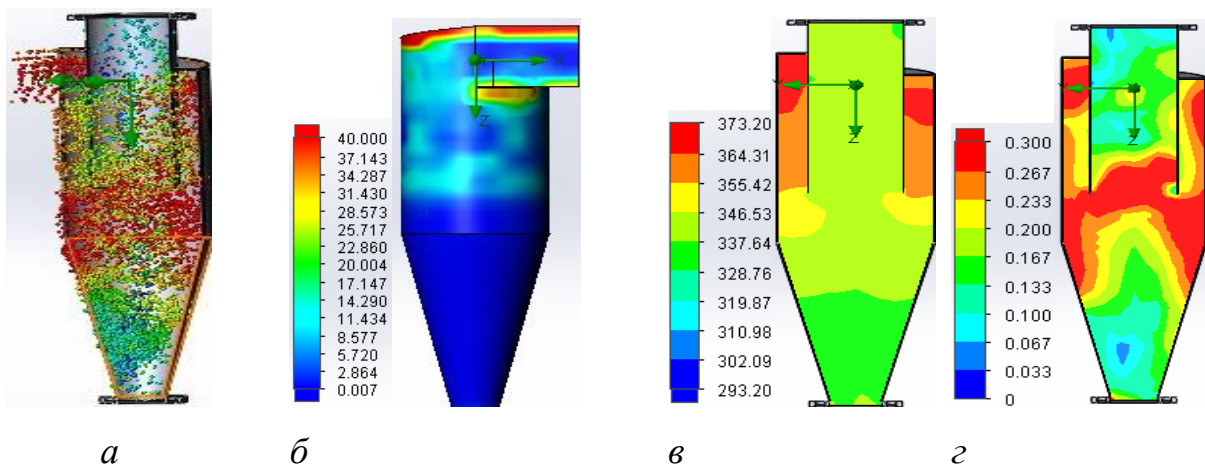
де $a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$ - коефіцієнт теплопровідності.

Початкові умови: $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $t_2 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$, $q = \text{const}$;

$$\text{Граничні умови: } \lambda_{cm} \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial r} = \lambda_{nl} \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial r}; \lambda_{nl} \cdot \frac{\partial \Theta}{\partial r} = \alpha \cdot (\Theta - \Theta_{nos}).$$

Для розв'язання рівняння треба знайти товщину плівки та критерій Кирпичова [2], а для цього необхідно визначити в'язкість суспензії [3], що утворюється.

Проведено симуляцію процесу вловлювання в циклоні у програмі SolidWorks рис. 2.



a

б

в

г

Рисунок - 2. Визначено: *a* –траєкторію потоку; *б* –коефіцієнт тепловіддачі; Вт/(м²К); *в* – температурний розподіл; К; *г* – розподіл швидкостей, м/с.

Висновок: результати моделювання дозволили уточнити алгоритм розрахунку циклонного апарату.

Перелік посилань:

1. Заявка u201807571 Циклон / В.В. Новодворський, А.Р. Степанюк; заявник В.В. Новодворський – № u201807571; заявл. 06.07.2018.
2. Маньковский О. Н. и др. Теплообменная аппаратура химических производств/О. Н. Маньковский, А. Р. Толчинский, М. В. Александров Под ред. П. Г. Гоманкова и М. И. Курочкиной.-Л.:Химия, 1976. 307 с.
3. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. – Л.: Химия, 1991. – 352 с., ил.

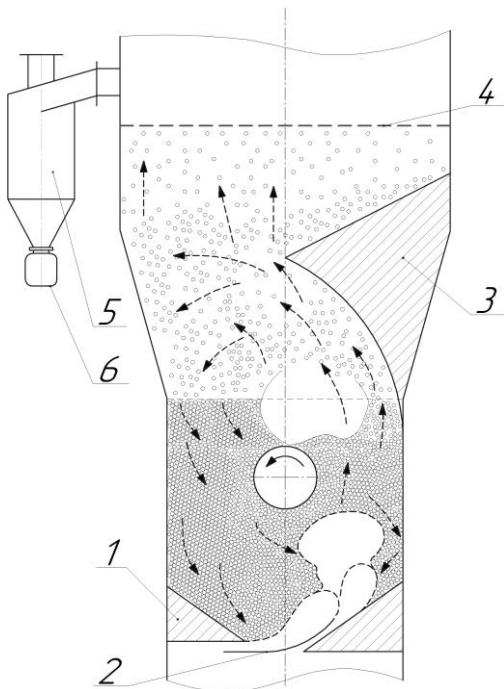
**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛАСТИЧНОЇ СІТКИ В КАМЕРІ
ГРАНУЛЯТОРА НА ІНЕРЦІЙНЕ ВИНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК
ПРИ НЕОДНОРІДНОМУ ПСЕВДОЗРІДЖЕННІ**

магістрант Шевченко Я.М., д.т.н., професор Корнієнко Я.М.,
к.т.н., асистент Гайдай С.С., магістрант Денисенко В.Р.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

За результатами попередніх досліджень [1] встановлено, що ефективний процес одержання гранульованих органо-мінеральних добрив із заданими властивостями при зневодненні рідких гетерогенних систем у апараті



1 – корпус гранулятора;
2 – ГРП; 3 – направляючий розподільник; 4 – еластична сітка;
5 – циклон; 6 – ємність для збору пилу

Рисунок 1 – Схема гранулятора із псевдозрідженим шаром

псевдозрідженим шаром (рис.1) забезпечується при неоднорідному струменево-пульсаційному псевдозрідженні в автоколивальному режимі. Однак вихід газової бульбашки з шару зернистого матеріалу супроводжується інерційним винесенням твердих частинок за межі камери гранулятора.

З метою запобігання винесення зернистого матеріалу з апарата авторами [2] запропоновано встановити еластичну сітку з розмірами комірок 2×2 мм, однак ефективність її застосування не підтверджено експериментально.

Тому, було досліджено вплив еластичної сітки на винесення твердих

частинок з апарата при неоднорідному струменево-пульсаційному псевдозрідженні.

Досліди проводились на дослідній установці з розмірами камери $A \times B \times H = 0,3 \times 0,11 \times 1,5$ м при різних висотах шару зернистого матеріалу із $d_e = 2,07$ мм ($H_1 = 0,32$ м, $H_2 = 0,37$ м та $H_3 = 0,42$ м).

За результатами досліджень, встановлено залежність маси винесеного матеріалу $m_{вин}$ від приведеної швидкості газу в апараті $w_{прив}$, рис. 2.

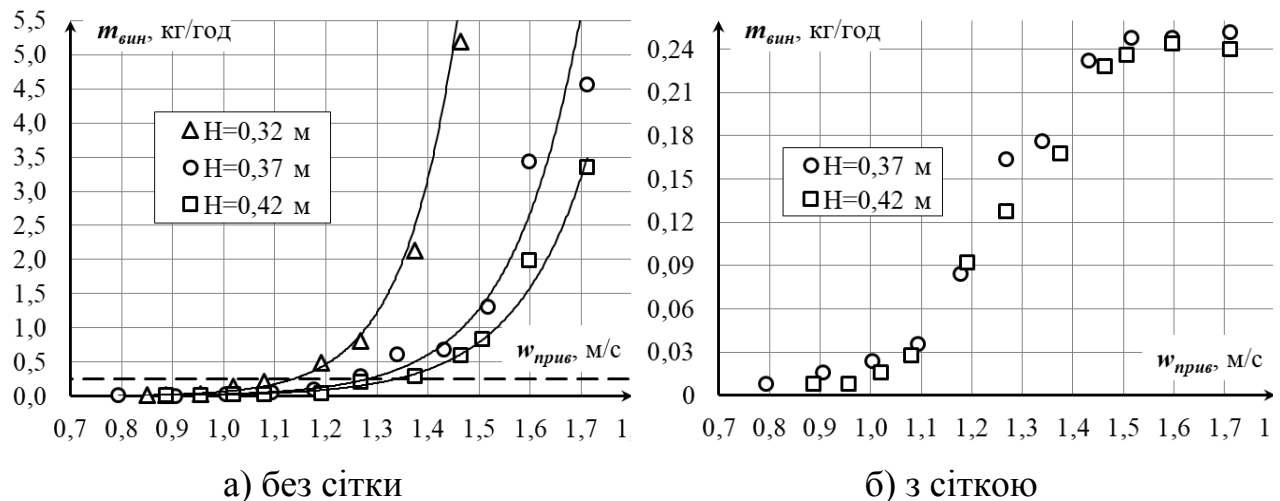


Рисунок 2 – Залежність маси винесеного матеріалу $m_{вин}$ від приведеної швидкості газу в апараті $w_{прив}$

При висоті шару $H_2 = 0,37$ м та $H_3 = 0,42$ м максимальна маса винесеного матеріалу при $w_{прив} = 1,71$ м/с зменшується з 4,57 кг/год та 3,39 кг/год у 18,2 та у 14,1 рази відповідно, а при висоті шару $H_1 = 0,32$ м, інерційне винесення матеріалу повністю усувається.

Таким чином встановлення еластичної сітки в камері гранулятора значно зменшує інерційний викид матеріалу.

Перелік посилань:

1. 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.
2. Пат. UA 107903 U України, МПК В01О 8/44. Секція апарату псевдозрідженого шару / Турко С.О., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Мартинюк О.В., Любека А.М. // Опубл. 24.06.2016 – Бюл. № 12.

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КАЛЬЦИНАЦІЇ
ДРІБНОДИСПЕРСНОГО ВАПНЯКУ В ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ
ІНЕРТНОГО ЗЕРНИСТОГО МАТЕРІАЛУ**

Жайворонок В.А., Роман С.М., Собченко Г.О.

Інститут газу Національної академії наук України

Основним показником якості сорбенту є його адсорбційна ємність, яка визначається пористістю та питомою внутрішньою поверхнею. Ці характеристики сорбенту - високореакційного вапна, що використовується в сухих та напівсухих методах десульфуризації димових газів, є кінцевими показниками процесу кальцинації вихідного вапняку. Вони визначаються умовами перебігу процесу кальцинації – температурою та часом перебування в реакційному об'ємі, а також, в значній мірі, залежать від дисперсного складу вихідного вапняку, початкової пористості, розміру пор тощо.

Переважний вплив на час кальцинації частинок вапняку, маса яких змінюється в процесі обробки, має гідродинаміка псевдозрідженого шару (ПШ). Таким чином, досягнення необхідних якісних характеристик сорбенту при обробці його в ПШ залежить від багатьох взаємопов'язаних параметрів, пошук оптимального співвідношення яких експериментальним шляхом є проблематичним. На основі побудованого математичного опису [1] було створено математичне забезпечення для проведення числових експериментів з варіюванням технологічних параметрів в можливому на практиці діапазоні їх змін, результатом яких є досить повна картина перебігу процесу активації вапняку в ПШ.

На рис.1–2 представлена динаміка зміни в часі основних параметрів сорбенту: загальної пористості та питомої поверхні оброблених частинок діаметром $d = 100$ мкм, з діаметром пор – 17 нм і пористістю – 0,03 при температурі газової фази ПШ $t = 1000$ °С.

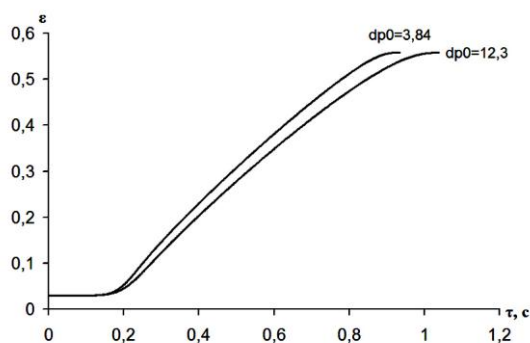


Рис.1 – Зміна в часі загальної пористості частинок сорбенту діаметру $d=100$ мкм з початковою пористістю 0,03 від вихідного діаметру пор температури газової фази ПШ $t = 1000$ °С.

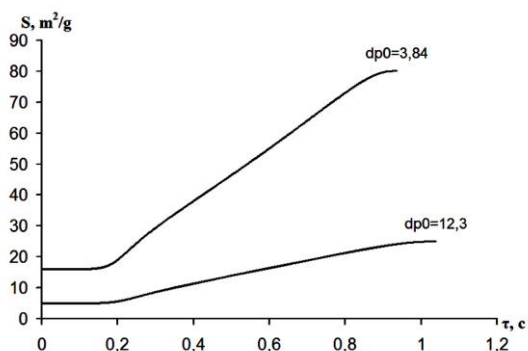


Рис.2 – Зміна загальної питомої поверхні сорбенту діаметру $d=100$ мкм з початковою пористістю 0,03 від вихідного діаметру пор при температурі газової фази ПШ $t = 1000$ °С.

Отримані результати докладного числового моделювання процесу кальцинації на основі запропонованого математичного опису та розробленого математичного забезпечення дозволяють на етапі проектування апаратурно–технологічного оформлення визначити теплотехнічні параметри процесу кальцинації в залежності від вихідних, що забезпечуватиме бажану якість отриманого вапнякового сорбенту. Переваги такого підходу особливо суттєві при реалізації процесу кальцинації вапняку в ПШ, коли має місце жорстка залежність часу перебування частинок вапняку в реакційній зоні, маса яких безперервно змінюється, від конструктивних та аеродинамічних параметрів ПШ, які, в свою чергу, взаємозалежні і мають суттєві обмеження.

Перелік посилань

1. Колесник В.В. Кальцинація дрібнодисперсного вапняку в псевдозрідженому шарі інертного зернистого матеріалу. 1. Математичний опис процесу кальцинації частинки вапняку / В.В. Колесник, В.М. Орлик, Ю.І. Хвастухін, К.П. Костогриз, В.А. Жайворонок // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2017. – № 2. – С. 49 – 58.

ДЕРИВАТОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ФОРМ ЗВ'ЯЗКУ ВОДИ В ЯБЛУКАХ

Гусарова О.В., к.т.н. Михайлик В.А.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

З метою інтенсифікації сушіння дериватографічним методом було досліджено форми зв'язку води в свіжих та бланшованих парою яблуках сорту Ренет Смиренко.

Дослідження виконані в модернізованому в ІТТФ НАН України дериватографі Q-1000 (фірма «МОМ», Угорщина) в діапазоні 25...250 °С при швидкості нагрівання 3,6 К/хв. Як інертну речовину в тиглі порівняння використовували оксид алюмінію. Корекцію шкали температур виконували по температурі плавлення бензойної кислоти. Відхилення температури не перевищувало $\pm 0,5$ К.

Свіжий або бланшований парою зразок у вигляді полого циліндру поміщали у відкритий конічний платиновий тигель. Збір та обробку інформації по каналам вимірювання дериватографа здійснювали за допомогою прикладної комп'ютерної програми «Derivatograph».

З отриманих дериватограм (рис. 1 а, б) видно, що вони мають однаковий характер. Видалення води у зразках починається при 25 °С, про що свідчать криві зміни маси зразків (ТГ) та швидкості зміни маси (ДТГ). Процес іде з поглинанням теплоти, криві ДТА відхиляються до низу від уявної базової лінії. Зі збільшенням температури швидкість зневоднення зростає (ДТГ) і сягає максимального значення для свіжих тканин при 132 та 136 °С для бланшованих.

У деяких дослідження зроблене припущення, що максимум температури швидкості зневоднення, або теплопоглинання поділяє воду на вільну та зв'язану [1]. Проте в роботі було доведено, що це не так [2]. Дослідження методом ДСК показали, що під час сушіння рослинної сировини одночасно з видаленням вільної води відбувається зменшення питомого вмісту зв'язаної води [3]. Граничний вологовміст, по досягненню якого в зразках паренхімних тканин яблук залишається лише зв'язана вода, був визначений в роботі [4] методом ДСК і відповідає відносній вологості W

= 32,3 %. По точці на кривій ДТГ (рис. 1), що відповідає граничному вологовмісту, можна визначити температуру, після досягнення якої у тканинах лишається лише зв'язана вода.

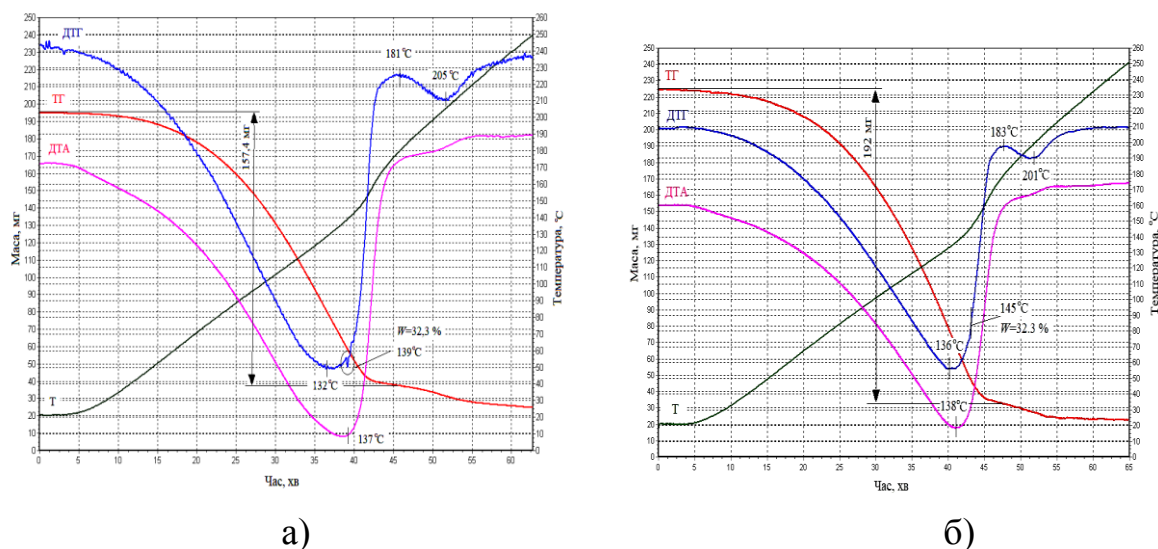


Рис. 1. Дериватограми свіжих (а) та бланшованих парою (б) паренхімних тканин яблук сорту Ренет Симиренко

Визначено, що частка зв'язаної води в загальній її кількості, у зразках свіжих тканин не менше 13,4 % та не менше ніж 10,7 % у бланшованих парою.

Повне зневоднення зразків реєструється по кривим ДТГ, коли швидкість зневоднення спадає до нуля. Для свіжих тканин температура повного зневоднення становить 181 та 183 °С для бланшованих. Після зневоднення в інтервалі температур 182...249 °С (свіжі тканини) та 184...251 °С (бланшовані) спостерігається втрата маси зразками з максимумом швидкості при 205 та 201 °С відповідно, яка ідентифікується як термічне розкладання [2].

Аналізуючи отримані дані можна відмітити, що хід процесу зневоднення в умовах керованого нагріву залежить від стану води. Так, при видаленні вільної води, яка є слабо зв'язаною, швидкість сушіння зростає, досягаючи свого максимального значення. А для видалення міцно зв'язаної води необхідні вищі затрати енергії, тому швидкість зневоднення знижується. Середня швидкість видалення води з бланшованих тканин на 14 % більша в порівнянні зі свіжими. Це може бути пов'язано як з вищою

вологістю бланшованих тканин так і впливом теплової обробки, яка може призводити до втрати біополімерами гідрофільних активних центрів та зниженню їх гідратаційної спроможності [3], тобто до перерозподілу фракцій води – зменшенню кількості зв'язаної води та збільшенню вільної.

За методикою, що викладена в [5] було визначено теплоту, яка витрачена на зневоднення зразків. Отримані результати підтвердили більший вміст зв'язаної води в свіжих тканинах в порівнянні з бланшованими. Так середня питома теплота зневоднення свіжих паренхімних тканин яблука визначена на рівні 2630, тоді як для бланшованих 2500 кДж/кг.

Результати дослідження можна використовувати при виборі видів попередньої теплової обробки яблук перед сушінням, розробці енергефективних режимів та теплотехнологій виробництва яблучних чипсів.

Перелік посилань:

1. Рубанка К. В., Терлецька В. А., Зінченко І. М. Дослідження зміни форм зв'язку вологи під час сушіння екстракту чаю зеленого // Хранение и переработка зерна. – 2013. – № 11 (176). – С. 46 - 48.

2. 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. – 2016. – Т.80., – Вип. 1. – С. 27-32.

3. Михайлик В.А., Дмитренко Н.В., Михайлик Т.А. Влияние термического воздействия на состояние воды в растительных тканях // Промышленная теплотехника, – 2007. – Т. 29, № 7. – С. 212-217.

4. Mikhailik V. A., Dmitrenko N. V., Snezhkin Yu. F. Change in the specific heat capacity of parenchymal tissues of apples due to dehydration. Journal of Engineering Physics and Thermophysics, – 2014. – Vol. 87, – No. 1. – pp. 45–50.

5. Михайлик В.А., Снежкін Ю.Ф., Корінчевська Т.В., Горніков Ю.І. Вплив режиму конвективного сушіння на кристалічність порошоків з яблук та цукрового буряку // Промышленная теплотехника. – 2015. – Т. 37, – № 5. – С. 23-37.

ВИКОРИСТАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ В АПАРТАХ, ЩО РЕАЛІЗУЮТЬ МЕХАНІЗМИ ДІВЕ

к.т.н., пр.н.с Коник А.В., к.т.н., с.н.с. Радченко Н.Л.,

к.т.н., с.н.с. Целень Б.Я., к.т.н., с.н.с. Недбайло А.Є.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

Формування стратегії енергетичної безпеки України починається з енергоефективності функціонування виробництв країни, а саме з доцільного використання ефективного обладнання, що призводить до раціонального енергоспоживання та дає можливість мінімізувати ресурсні витрати.

В межах наукового напрямлення дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) розроблено наукові засади, що стали підґрунтям для створення енергоефективного обладнання, яке широко використовується в харчовій, фармацевтичній і переробній промисловості, комунальному господарстві та інших областях промисловості. Найширше розповсюдження отримали апарати, що реалізували один з основних механізмів ДІВЕ - це явище кавітації. В середині ХХ століття вчені різних країн почали активно досліджувати це явище, роботи в цьому напрямку і на сьогоднішній день не втратили своєї актуальності, але здебільшого кавітація сприймалась як негативне явище руйнівної дії. В одній з перших ґрунтовних робіт [1] з дослідження природи і механізмів явища написано: «Кавітація представляє собою найбільш неприємне гідродинамічне явлення, вредное действие которого часто создает серьезные трудности при решении многих задач». З часом дослідники інженери розуміючи природу і механізми виникнення кавітації почали використовувати його при розробці обладнання.

В лабораторії Теплофізичних основ дискретно-імпульсного введення енергії ІТТФ НАН України є низка обладнання, в принцип дії якого покладено механізми кавітації:

- роторно-пульсаційний апарат, який використовують для отримання багатокомпонентних систем, шляхом інтенсивного механічного впливу на частинки дисперсної фази, що супроводжується турбулізацією та

пульсацією потоку, і виникає за рахунок періодичної зміни прохідного перерізу. При не великих габаритних розмірах і промислових масштабах виробництва має низький рівень енергетичних витрат і успішно використовується в фармацевтичній, харчовій і переробній галузях промисловості;

- термовакuumна технологія – застосовується для обробки термолабільних рідин, з метою підвищення кислотності і збереженні буферних властивостей. В основу технології покладено адіабатичне закипання - миттєве зниження тиску в рідині, яка знаходиться під високим тиском і нагріта до температури насичення пари, що приводить до вибухового закипання, яке супроводжується інтенсивним зростанням парових бульбашок;

- установка нейтралізації (нейтралізатор безреагентний) поєднує обидва принципи описані вище та використовується для обробки водних систем, зокрема, в котельнях комунального господарства;

- пульсаційний кавітаційний апарат – застосовується в процесах екстракції, за рахунок впливу на швидкість внутрішнього масопереносу в клітинній структурі рослинної сировини, шляхом періодичної зміни швидкості руху всередині труби по величині і напрямку протягом за короткого часу, яка визначається частотою роботи клапана.

Кавітаційні ефекти викликані миттєвим скиданням тиску в апаратах ДІВЕ за умов 0,6...1,5 ГПа/с. Обладнання реалізує вплив миттєвого скидання тиску при витіканні рідини через насадку (термовакuumна технологія, УНК, НБ) та в міжциліндровому зазорі (РПА) і трубі-пульсаторі (ПКА) [2].

Перелік посилань

1. Кнэпп Р. Кавитация / Кнэпп Р., Дейли Д., Хэммит Ф - М.: Мир, 1974.- 687 с.

2. Долинский А.А. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. теплофизические основы дискретно-импульсного ввода энергии / Долинский А.А., Иваницкий Г.К. – Киев: Наукова думка, 2008. – 381с.

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ В КОЛОЇДНИХ КАПІЛЯРНО – ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛАХ

академік УАН, д.т.н. Петрова Ж.О., м.н.с. Слободянюк К.С.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

Моделювання тепломасообмінних процесів у рослинних матеріалах сприяє вирішенню важливої науково-технічної проблеми, пов'язаної зі створенням програмно-технічних комплексів, зокрема автоматизованих систем наукових досліджень енергоощадних теплотехнологічних процесів сушіння матеріалів із забезпеченням необхідних показників якості [1].

Дослідження тепломасопереносу в колоїдному капілярно-пористому матеріалі, що відносяться до процесів конвекційного сушіння, виконуються на основі чисельного розв'язання системи рівнянь [2], до якої входять:

- рівняння переносу вологи

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = \operatorname{div}(a_m \cdot \operatorname{grad}(U)) + \operatorname{div}(a_m \delta_t \cdot \operatorname{grad}(T)) \quad (1)$$

- рівняння переносу енергії

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \operatorname{div}(\lambda \cdot \operatorname{grad}(T)) + r\varepsilon \frac{\partial U}{\partial \tau} \quad (2)$$

Задача тепломасопереносу розглядається в наближеній одновимірній постановці. Процес вважається симетричним відносно площини симетрії прямокутного зразка. Для випадку відносно малої товщини зразка d , а також при невисоких градієнтах температури, переносом вологи термодифузією можна знехтувати. За даних припущень систему рівнянь (1), (2) доцільно представити у вигляді :

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(a_m \frac{\partial U}{\partial x} \right); \quad c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + r\varepsilon \frac{\partial}{\partial x} \left(a_m \frac{\partial U}{\partial x} \right), \quad (3), (4)$$

де x - напрямок від площини симетрії зразка, де $x=0$, до поверхні тепломасообміну, для якої $x=d/2$.

Граничні умови до рівнянь (3), (4) на поверхні тепломасообміну мають вигляд:

$$-a_m \left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=d/2} = \beta(C_{v,w} - C_{v,\infty}); \quad (5)$$

$$-\lambda \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=d/2} = \alpha(T_w - T_\infty) + r(1 - \varepsilon_w)\beta(C_{v,w} - C_{v,\infty}); \quad (6)$$

Граничні умови на площині симетрії мають вигляд

$$\left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{x=0} = 0; \quad \left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad (7), (8)$$

Для чисельного розв'язання системи рівнянь (3), (4) з граничними умовами (5) - (8) застосовується метод скінчених різниць.

Порівняння результатів чисельного моделювання процесу конвекційного сушіння зразка рослинної сировини з експериментальними результатами показало їх достатньо задовільне якісне узгодження. Розглянута розрахункова модель може бути використана для наближеного визначення характеристик процесу сушіння рослинної сировини, зокрема часу.

Перелік посилань:

1. Соколовський Я., Поберейко Б. Моделювання взаємозв'язаних тепломасообмінних деформаційно-релаксаційних процесів при сушінні гігроскопічних матеріалів. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2007. – № 604 : Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – С. 148–153. – Бібліографія: 8 назв.

2. Лыков, А.В. Теория тепломассопереноса / А.В. Лыков, Ю.В. Михайлов. – Москва: Госэнергоиздат, 1963. – С. 55 – 57.

НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНЕ СУШІННЯ КОЛОЇДНИХ

КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

аспірант Малащук Н.С., акад. НАНУ, д.т.н., професор Снежкін Ю.Ф.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

На сьогоднішній день гостро стоять проблеми створення та широкомасштабного впровадження сучасних енергоефективних технологій сушіння термолабільних матеріалів при температурі до 60°C. Низькотемпературне сушіння доцільно реалізовувати в конвективних сушарках із застосуванням теплових насосів [1]. Конвективний спосіб сушіння передбачає обдування висушуваного матеріалу потоком гарячого повітря з подальшим викидом зволоженого повітря в атмосферу. Інтенсифікацію процесу конвективного сушіння, як правило, здійснюють шляхом підвищення температури теплоносія, однак, при сушінні термолабільних матеріалів це призводить до погіршення якості висушеної продукції.

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

Основним недоліком традиційних теплонасосних сушарок є неузгодженість процесів примусового осушення теплоносія в тепловому насосі і десорбції вологи з матеріалу в сушильній камері. Температурні параметри теплонасосного циклу і, відповідно, ступінь зневоднення сушильного агента, протягом усього періоду сушіння підтримуються незмінними, у той час як тепловологісні характеристики висушуваного матеріалу змінюються. При такому режимі роботи не забезпечується

Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
достатня швидкість процесу і оптимальні енерговитрати протягом усього періоду сушіння, що призводить до зайвих енерговитрат [2].

У теплонасосних сушарках поточні енерговитрати залежать від температурного режиму зневоднення та вологовмісту сушильного агента [3]. З підвищенням останнього енерговитрати на видалення вологи зменшуються, натомість, залежність інтенсивності десорбції вологи з матеріалу від вологовмісту сушильного агента характерно збільшується, а з підвищенням вологовмісту сушіння сповільнюється.

Можливість за допомогою теплового насоса знижувати вологовміст сушильного агента сприяє інтенсифікації вологовидалення під час конвективного низькотемпературного сушіння термолабільних матеріалів. Крім того в порівнянні з традиційними конвективними сушарками технологія сушіння з тепловим насосом забезпечує зниження питомих енерговитрат.

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

Перелік посилань:

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

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

3. Снежкін Ю.Ф., Чалаєв Д.М., Дабижа Н.О. Аналіз енергетичних показників процесу теплонасосного сушіння // теплотехника, – 2017. – Т. 39, – № 3. – С. 47-52.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

²д.т.н., проф. Іваницький Г.К., ¹к.т.н., пр.н.с Коник А.В.,

²магістрант Пінчук А.Є.

¹ Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

²Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

В останні роки в світі спостерігається тенденція широкого впровадження кавітаційних методів з метою інтенсифікації гідромеханічних процесів та процесів тепломасообміну при проведенні технологічних операцій в різних сферах виробництва. Використання потужних кавітаційних механізмів є одним з дієвих способів досягнення високих енергетичних показників в технологіях, пов'язаних з обробкою рідких дисперсних середовищ, з метою підвищення швидкості проведення таких операцій, як диспергування, розчинення, екстрагування, емульгування і інші. Проведення таких операцій пов'язано з надмірно великими витратами енергії і тому пошук і наукове обґрунтування раціональних методів інтенсифікації є важливим і актуальним завданням.

Реалізація кавітаційних механізмів та ефектів передбачає створення надзвичайно потужних динамічних та енергетичних імпульсів в дискретних локальних зонах гетерогенного рідкого середовища, що дає можливість спрямовано впливати на присутні в рідині дисперсні мікрочастинки та мікроструктури, а також на кінетику протікання хімічних і біохімічних реакцій в розчинах і в біологічних середовищах.

Кавітаційний вплив здійснюється на молекулярному рівні, що дозволяє, цілеспрямовано змінювати фізико-хімічні властивості продукту, Це пов'язано з тим, що часовий і просторовий масштаби фактора динамічного впливу, який створюють як окрема осцилююча бульбашка так і ансамбль бульбашок у вигляді кавітаційного кластера, домірні характерному розміру об'єктів впливу і характерному часу протікання хімічних та біохімічних процесів.

У даній роботі в плані розробки інноваційних біотехнологій за допомогою математичної моделі динаміки кавітаційного кластера, створеної в ІТТФ НАНУ на основі концепції дискретно-імпульсного введення енергії (принципу ДІВЕ), проводиться чисельний аналіз наномасштабних ефектів кавітації стосовно спрямованого впливу на супрамолекулярні структури - міцели, білкові сполуки, бактеріальні клітини тощо - і для управління кінетикою протікання хімічних і біохімічних процесів в технологічних середовищах. Обговорюються можливі механізми впливу кавітації на подолання внутрішньо-молекулярних і міжмолекулярних енергетичних зв'язків в процесі руйнування або трансформації білкових структур.

Показано, що виникнення кавітаційних ефектів пов'язано з ініціюванням явища гідравлічного удару на поверхні парової бульбашки на стадії її стиснення і захопування. Оцінювалися інтенсивність і енергія сферичного акустичного імпульсу, що випромінюється як окремими кавітаційними бульбашками, так кавітаційним кластером. Розраховано розподіл тиску і температури рідини поблизу гранично стисненої бульбашки. Максимальні амплітудні значення імпульсу тиску перевищують 3000 МПа, а пікові значення температури досягають 2000°C. Протягом 10–15 наносекунд швидкість рідини в околиці бульбашки змінюється від –1500 м/с до +300 м/с, а величини прискорення на стадії захопування бульбашки перевищують $8 \cdot 10^{12} \text{ м/с}^2$.

Розглянута в даному дослідженні методологія призначена для кількісної оцінки динамічних, термічних та енергетичних характеристик кавітаційного кластера і може розглядатися як початковий етап при розробки ефективних кавітаційних технологій на основі концепції ДІВЕ.

Механізми і процеси формування, розвитку і колапсу кавітаційного кластера, так само як і процеси, які відбуваються всередині самого кластера, до теперішнього часу залишаються ще не достатньо вивченими і зрозумілими. Тому проведення фундаментальних досліджень в цьому напрямку є вкрай важливими для теплофізики та суміжних областей науки, а отримані результати, безсумнівно, мають бути корисними з практичної точки зору.

**СТАН ПРОБЛЕМИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ
ВІД ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК**

к.т.н., пр.н.с Коник А.В., к.т.н., с.н.с. Целень Б.Я.,

інж. Демченко .В.В., к.т.н., с.н.с., Радченко Н.Л.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

На сьогоднішній день дія кавітаційних механізмів використовуються практично в усіх сферах. Однією із потенційно можливих є застосування при очистці димових газів в котельнях ТЕС. В Україні існує серйозна проблема перевищення гранично допустимої концентрації твердих частинок в димових газах, яка при нормі 50мг/м^3 фактично досягає $800\dots2500\text{ мг/м}^3$. При цьому, фактично відсутній контроль за іншими шкідливими складовими, які ще більш жорстко контролюються вимогами Директиви Європарламенту і Ради ЄС, а їх Україна зобов'язалась виконати найближчим часом. До цих показників віднесено контроль за концентрацією викидів оксидів сірки та азоту. Аналіз діючого в даній сфері обладнання показав, що в Україні в системах очистки димових газів найбільш розповсюджені пиловловлювачі наступних типів: батарейні циклони, жалюзійні пиловловлювачі ВТИ та циклони НДІОГаз. Останні використовуються у тому випадку, коли розміри твердих частинок більше 5мкм. , а загальний обсяг газів становить від 6000 до $20000\text{м}^3/\text{год}$. Найвищий показник видалення мають установки ДН-11, проте, їх недоліком є найбільший гідравлічний опір та, як наслідок, підвищені енерговитрати. У зв'язку з цим, його рекомендовано використовувати лише в котельнях з підвищеними вимогами до очистки газів. Найменш поширеними є циклони ЦН-15у (вкорочені) та ЦН-24 (високопродуктивні). Найбільш рекомендованим та універсальним типом циклона є марка ЦН-15. В котельнях на території України можна зустріти моделі ЦН-11 (високої продуктивності, не піддаються абразивним деформаціям), циклон-пиловловлювачі, ЦП-2 (для великих об'ємів газу, проте, не для легких частинок), СКД-ЦН-33 (не ефективні для легких частинок і з температурою робочого середовища не вище 400°C), СК-ЦН-34 ефективні для вловлювання

сажі), широко застосовуються для очистки димових газів в котельнях циклони марки ЦМС-27. Батарейні циклони використовуються у випадку, коли об'єми газів становлять від 15000 до 150000м³/год, електрофільтри та батарейні циклони з рециркуляцією – при об'ємах вище 100000 м³/год. В котельнях з котлами типу ДКВР-4, ДКВР-6,5, ДКВР-10, ДКВР-20 досить часто використовуються для очистки димових газів мультициклони. Фільтри з пористим середовищем не знайшли широкого застосування внаслідок складнощів регенерації фільтруючого матеріалу та великих габаритів. Таким чином можна зробити висновок, що переважна більшість очисного обладнання в Україні спрямоване на очистку лише від золи та реалізується при допомозі електрофільтрів та зололовлювачів мокрого типу ефективність яких далека від європейських – 30...50мг/м³. При цьому, взагалі не контролюється очистка від оксидів сірки, концентрація яких досягає 8000мг/м³ при європейських нормах 200...400мг/м³. Варто відмітити також, що повністю відсутня очистка від оксидів азоту, регулювання яких можливе лише за рахунок технологічних методів та може досягати 600...2000мг/м³, для порівняння, норми ЄС 200...600мг/м³, при цьому, немає забезпечення науково-технічною і технологічною базою. Така ситуація викликана тим, що вітчизняні котельні зношені, оскільки, знаходяться в експлуатації 40...50р та відпрацювали по два нормативних терміни і потребують модернізації чи заміни з одночасним комплексним оснащенням системами очистки димових газів. У зв'язку з цим, основним завданням на даний час є пошук та впровадження новітніх ефективних технологій, які дозволять скоротити шкідливі викиди та привести показники до вимог регламентованих ЄС.

Перелік посилань:

1. *Разва А.С* Природоохранные технологии в промышленной теплоэнергетике. Курс лекций Томский политехнический институт/ – Томск, 2010. - 35с.
2. *Алиев Г.М.* Справочник. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов/ Алиев Г.М.-Мо.: "Металлургия", 1986.-542с.

СПОСІБ БЕЗРЕАГЕНТНОЇ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ КОНДЕНСАТУ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

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

¹ Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

² Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

В Інституті технічної теплофізики НАН України запропоновано новий спосіб нейтралізації конденсату продуктів згоряння природного газу без використання хімічних реагентів з метою його повторного використання для промислових потреб, а також як води для живлення водогрійних котлів промислових і комунальних котельних. Даний спосіб базується на механізмах дискретно-імпульсного введення енергії ініційованих роторно-пульсаційним апаратом спеціальної конструкції з частковим використанням термовакuumної технології.

Конденсат димових газів (при спалюванні природного газу) за своїм складом є знесолоною водою, що наближається до дистильованої води з високим вмістом розчиненої вуглекислоти. Враховуючи те, що кислий конденсат містить до 70 мг/л діоксиду вуглецю в той час як його розчинність у воді становить 0,47 мг/л (при 20°C і 0,1 МПа) висунуто гіпотезу [1] про те, що діоксид вуглецю в конденсаті існує як у розчиненому стані так і у вигляді окремих або згрупованих у кластери бульбашок мікро- і наномасштабних розмірів (так званих *bubstones* розміром до 0,1 мкм і газових бульбашок розміром 0,1÷10 мкм) причому між діоксидом вуглецю в бульбашках і діоксидом вуглецю в розчині існує рівновага. При цьому приблизно 1% розчиненого діоксиду вуглецю вступає в хімічну реакцію з водою утворюючи вугільну кислоту близько 5% якої дисоціює у воді на іони водню, гідрокарбонат-іони і карбонат-іони. Таким чином, в розчині встановлюється рівновага між діоксидом вуглецю в газовій фазі бульбашок, розчиненим діоксидом вуглецю в рідині, вугільною кислотою, гідрокарбонат-іонами і

карбонат-іонами. Іони водню, що утворюються при цьому призводять до зниження рН розчину.

Нейтралізація конденсату досягається за рахунок вилучення стабільно існуючих при нормальних умовах мікро- і нанорозмірних бульбашок діоксиду вуглецю внаслідок збільшення їх розмірів з можливістю реалізації явища інверсії структури потоку. Одночасно при цьому відбувається розпад вугільної кислоти внаслідок порушення вуглекислотної рівноваги і вилучення інших розчинених газів з конденсату.

В рамках даної роботи виконане аналітичне дослідження процесу десорбції діоксиду вуглецю з конденсату способом дискретно-імпульсного введення енергії і створений дослідний зразок установки для проведення досліджень в даному напрямку. Отримані результати показали, що найбільша зміна рН відбувалась протягом перших 2 хвилин обробки. Подальша обробка рідини також призводила до підвищення рН, проте швидкість його зростання була значно нижча, хоча й стабільна протягом всього часу обробки.

Також встановлено, що оброблена рідина перебуває в нестабільному стані, про що свідчить подальше зростання її рН рідини протягом кількох годин після чого стабілізується зі значенням рН $6,0 \div 6,5$ (продуктивність установки становила близько 450 л/год).

Використання запропонованого способу дозволить зменшити витрати на підготовку води для живлення котлів за рахунок використання нейтралізованого конденсату, поліпшити стан довкілля шляхом зменшення кількості стоків (хімічно забрудненого нейтралізованого конденсату і відходів установок пом'якшення води), раціонально використовувати водні ресурси за рахунок зниження потреби у природній воді (у випадку повторного використання нейтралізованого конденсату).

Перелік посилань

1. Застосування способу дискретно-імпульсного введення енергії для нейтралізації конденсату продуктів згоряння природного газу. Долінський А.А., Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Коник А.В., Радченко Н.Л., Гартвіг А.П. // Наукові праці ОНАХТ. Т.81, Вип. 1, 2017. – С. 9–14.

СИСТЕМИ ВЛОВЛЮВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ВИКИДІВ ПРИ ГРАНУЛЯЦІЇ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Виробництво органо-мінеральних добрив супроводжується викидами полідисперсних композитів у водяній парі. Саме наявністю в них корисних речовин і обумовлена їх цінність для виробництва [1, 2].

На рисунку 1 а – д представлено різні схеми моделей псевдозрідження та способи їх реалізації від GEA Niro [3].

Їх перевагами є багатостадійність грануляції, яка забезпечує її рівномірність, що зменшує утворення викидів, а також очистка в замкненому циклі (рисунок 1 б).

Недолік цих установок в тому, що водяна пара не вловлюється при очистці теплоносія, окрім установки на рисунку 1 б.

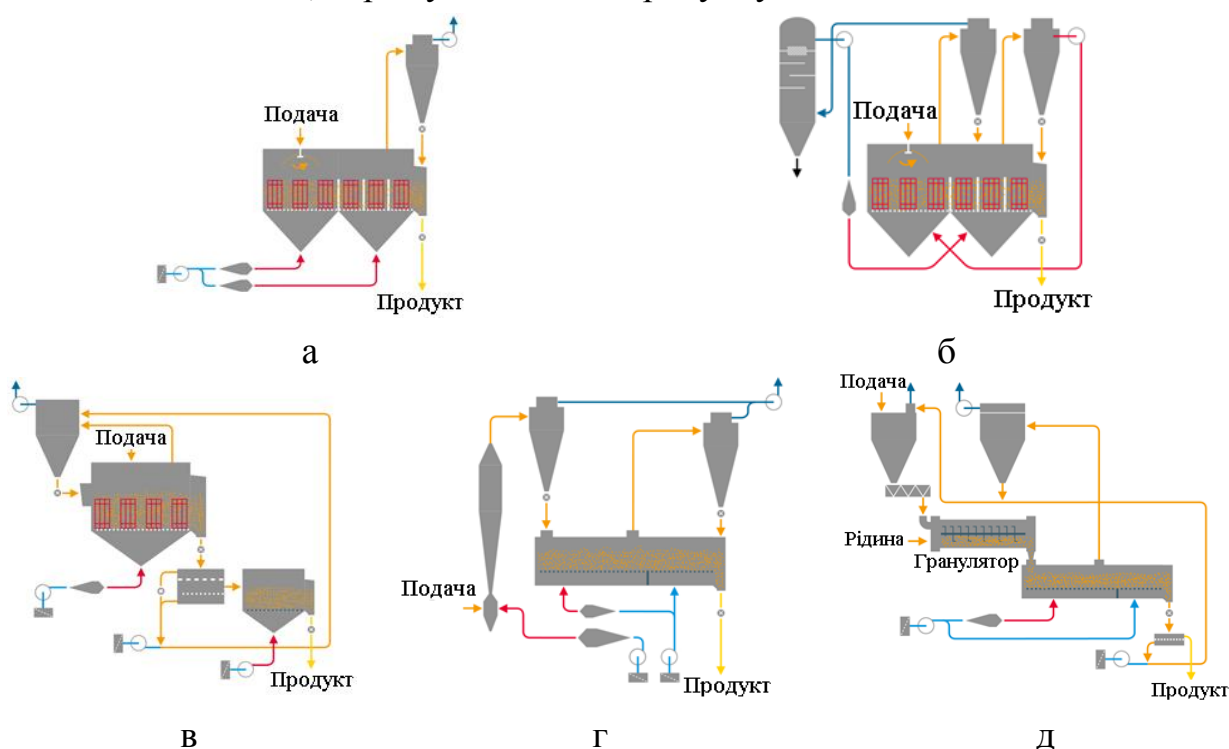


Рисунок 1

а – установка з двоблочною сушаркою CONTACT FLUIDIZER™ ; б – установка з аналогічною сушаркою, конфігурацією один в одному, замкнутого циклу; в – установка з сушаркою SPRAY FLUIDIZER™, з охолоджувачем киплячого шару, які сполучені віброситом; г – установка з двокамерною сушаркою киплячого шару, нагріву та охолодження відповідно, з подачею

суміші через трубу Вентурі; д – установку з системою Mechanical Granulation System з використанням аналогічної сушарки, з подачею через змішувач

Пропонується вдосконалити установку виробництва органічно-мінеральних добрив за схемою замкнутого циклу, шляхом встановлення циклону, який вловлюватиме пил та конденсуватиме частину водяної пари водночас, – встановивши охолоджувальну обичайку [1].

Орієнтовно конфігурація циклону набуде вигляду (рисунок 2).

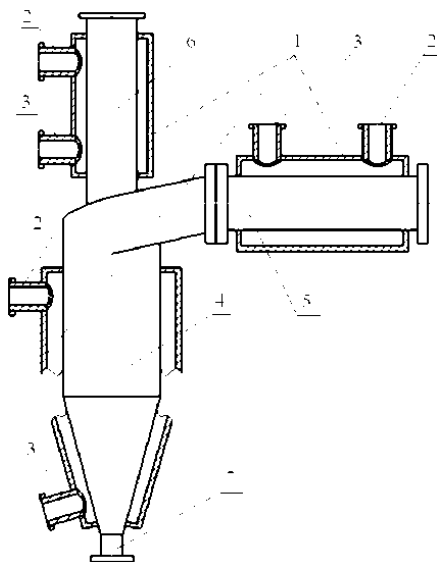


Рисунок 2 – Модернізований циклон

1 – охолоджуюча обичайка; 2 – патрубок для входу охолоджуючої рідини; 3 – патрубок для виходу охолоджуючої рідини; 4 – циклон; 5 – патрубок для входу запиленого газу; 6 – патрубок для виходу запиленого газу; 7 – патрубок для виходу шламу

Дані заходи забезпечують безперервну роботу установки та безвідходне виробництво у замкнутому циклі

Висновок: Для забезпечення одночасного вловлювання пилу та парів води найбільш раціональним підходом є модернізація циклону.

Перелік посилань:

1. Корнієнко Я. М., Сачок Р. В. X89 Процеси переносу в дисперсних системах: Навч. посіб. [Електронне видання]. 132 с.: іл.

2. <http://ecology-lectures.ru/inzhenerna-ekologiya/zasobi-i-tehnologii-ochishnennya-vidhidiv/>.

3. httpswww.gea.comenbinariesdrying-spray-atomizer-fluid-bed-particle-formation-chemical-gea_tcm11-34869.pdf.

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОПОЛІМЕРІВ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Останнім часом людство все більше усвідомлює глобальну небезпеку використання полімерних матеріалів з нафтопродуктів. Адже такі полімери стають джерелом забруднення навколишнього середовища, завдаючи шкоди усьому живому на планеті. Крім того, переробка пластикових відходів створює певні проблеми. Так, при енергетичній валоризації утворюються токсичні викиди, а матеріальна валоризація пов'язана з обмеженнями, що зумовлені труднощами пошуку економічно доцільних шляхів використання перероблених відходів, енерговитратами на усіх стадіях переробки і створенням негативного впливу на екобаланс через необхідність у промиванні відходів. У зв'язку з цим постає потреба в заміні сировини для виробництва полімерів, одержаних з нафтопродуктів, на сировину з відновлюваних ресурсів. Такими джерелами полімерної сировини стають поновлювані рослинні ресурси, перш за все продукція та відходи лісопереробки і сільськогосподарського виробництва [1].

Залежно від особливостей процесу виробництва, можна виділити три основні групи полімерів, які одержують з відновлюваних ресурсів:

1. Полімери з біомаси, що містить полісахариди (найчастіше крохмаль або целюлозу).

Целюлоза це основний агрополімер у біосфері. Для отримання термопластичного матеріалу целюлозу модифікують шляхом ацетилювання. Після кислотної обробки та усунення аморфних частин целюлозних мікрофібрил отримують ниткоподібні кристали, які, у подальшому, використовуються для розробки нанокомпозитів [2].

Гранули крохмалю виділяють з рослин, в основному, з пшениці, картоплі, кукурудзи, рису, маніоку, гороху. Для виробництва біополімерів нативний крохмаль повинен бути модифікований. Руйнування крохмалю призводить до перетворення напівкристалічної гранули на гомогенний, аморфний матеріал з розірванням водневих зв'язків між макромолекулами. Руйнування може бути досягнуто шляхом лиття або шляхом термомеханічного впливу.

Поєднання підведення термічної та механічної енергії досягається методом екструзії в одну або дві стадії. При одностадійному процесі екструдер, зазвичай двошнековий, завантажується природним крохмалем. При двостадійному процесі першою стадією є приготування сухої суміші [3] у турбо-змішувачі в присутності пластифікатора з отриманням однорідної дисперсії, яку потім поміщають у вентиляційну піч, що дозволяє проводити дифузю пластифікатора в гранулу. Після охолодження суміш перевантажують у турбозмішувач і розбавляють водою до заданої концентрації. Отриману суспензію потім вводять в екструдер [4]. Після обробки отримують гомогенну розплавлену масу, яку використовують для формування виробів.

Реакторний метод полягає у завантаженні суміші крохмалю, води та пластифікатора у змішувач с постійним підведенням теплоти, та її ізотермічної обробки. Отриману рідку суміш відливають та переміщують у піч для досушування і формування біопластику.

2. Полімери, хімічно синтезовані і чиї мономери отримані з агроресурсів. Серед них найбільшого поширення набула полімолочна кислота (PLA).

Виділяють два основних способи отримання PLA – бактеріальна ферментація вуглеводів та хімічний синтез. Бактеріальна ферментація є переважним промисловим процесом, оскільки хімічний синтез має багато обмежень, включаючи неможливість продукувати тільки бажаний L-LA-ізомер і високі виробничі витрати.

Процеси бактеріальної ферментації для одержання молочної кислоти можуть бути класифіковані на гомоферментативні або гетероферментативні методи. Гомоферментативний метод частіше використовується промисловістю через його більші виходи виробництва і меншу кількість побічних продуктів [5].

При гомоферментативному методі ферментація проводиться в анаеробному середовищі в діапазоні рН 5,4...6,4 і діапазоні температур 38...42 °С. У якості поживних речовин, що використовуються для харчування бактерій, застосовують прості цукри (глюкоза і мальтоза з кукурудзи або картоплі) з додаванням допоміжних речовин, таких як вітамін-В, амінокислоти і нуклеотиди. При використанні одержаної молочної кислоти у фармацевтиці або харчових технологіях вона підлягає обов'язковому очищенню, найчастіше шляхом перегонки [6].

Молочна кислота може бути використана для отримання PLA з різними молекулярними масами однак, найбільшу комерційну цінність має PLA з високою молекулярною масою. Вона використовується при виробництві волокон, текстилю та пакування.

3. Полімери, отримані шляхом виробництва мікроорганізмів, наприклад, полігідроксиалканоатів (PHA). PHA може бути отриманий шляхом бактеріальної ферментації (наприклад, з *Alcaligenes eutrophus*) біопродуктів, таких як глюкоза, що містить пропіонову або валеріанову кислоту, з подальшою стадією екстракції і очищення полімеру. Як тільки популяція досягла значного рівня, склад живильної речовини змінюють, щоб змусити мікроорганізм синтезувати PHA. Згодом, отримана суміш обробляється, головним чином, за допомогою лиття під тиском або екструзії [6].

Проведений аналіз свідчить про доцільність заміни полімерів з нафтопродуктів на біорозкладні полімери з одночасним вдосконаленням і розробкою нових технологій їх виготовлення та повсюдного використання, що зумовлено поєднанням їх позитивного впливу на навколишнє середовище

Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
з такими безперечними перевагами як дешевизна і доступність ресурсів для їх виготовлення.

Перелік посилань:

1. Биополимеры - перспективный вектор развития полимерной промышленности [Текст] / Н. Ш. Валеева, Г. Б. Хасанова // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - Т. 16, № 22. - С. 184-187.

2. Avérous, Luc. (2004). Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch: A Review. *Polymer Reviews*. C44. 231-274. 10.1081/MC-200029326.

3. Ave'rous, L.; Fauconnier, N.; Moro, L.; Fringant, C. Blends of thermoplastic starch and polyestaramide: processing and properties. *J. Appl. Polym. Sci.* 2000, 76 (7), 1117–1128.

4. L. Moscicki, M. Mitrus, A. Wojtowicz, T. Oniszczyk and A. Rejak (July 31st 2013). Extrusion-Cooking of Starch, *Advances in Agrophysical Research*, Stanislaw Grundas and Andrzej Stepniewski, IntechOpen, DOI: 10.5772/52323. Available from: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-agrophysical-research/extrusion-cooking-of-starch>

5. Sotergard, A.; Stolt, M. Properties of lactic acid based polymers and their correlation with composition. *Prog. Polym. Sci.* 2002, 27, 1123–1163.

6. Sales, Priscilla & Santos de Araújo, Katarynna & Augusto Azevedo da Silva, Kelvin & Houllou, Laureen & Locatelli, Gabriel & Barbosa Malafaia, Carolina. (2018). Potential production of bioplastics polyhydroxyalkanoates using residual glycerol. *Journal of Environmental Analysis and Progress*. 3. 055. 10.24221/jeap.3.1.2018.1701.055-060.

ВИРОБНИЦТВО КАРБОНАТУ КАЛІЮ КАРБОНІЗАЦІЄЮ РОЗЧИНУ ГІДРОКСИДУ КАЛІЮ

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

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

Карбонат калію K_2CO_3 – білий кристалічний порошок густиною $2,43 \text{ г/см}^3$, сильно гігроскопічний, на повітрі він розплавлюється, а при довгому зберіганні поглинає двоокис вуглецю і перетворюється в твердий бікарбонат калію $KHCO_3$. Найчастіше його використовують як технологічну сировину у процесі виробництві скла, високоякісні сорти використовують для медичного, оптичного, електровакуумного скла, а також кришталю. 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.

Виробництво карбонату калію є доволі енергоємним, дорогим процесом, тому лиш деякі з багатьох способів його виготовлення знайшли практичне застосування. На сьогоднішній день, основну його масу отримують шляхом електролізу хлориду калію, який полягає в карбонізації гідроксиду калію. При електролізі хлориду калію в ванні з ртутним катодом отримують розчин КОН, який містить соті частки відсотка хлоридів, і його карбонізують без попереднього очищення.

Подальшу переробку карбонізованих розчинів проводять за технологічною схемою зображеною на рисунку 1.

Розчин вуглекислого калію випарюють в трьохкорпусній вакуум-випарній установці (4). Концентрований розчин висушують за допомогою безперервно діючих вакуум-валів (8), які обігриваються паром. Висушений продукт прокалюють у вакуумних барабанних сушарках (11) періодичної дії

Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
 з паровою оболонню (тиск пари 12 ат). Цим методом отримують карбонат калію з вмістом близько 98% K_2CO_3 і біля 1% KCl. Для отримання більш чистого продукту (за вмістом хлоридів) його очищають шляхом перекристалізації.

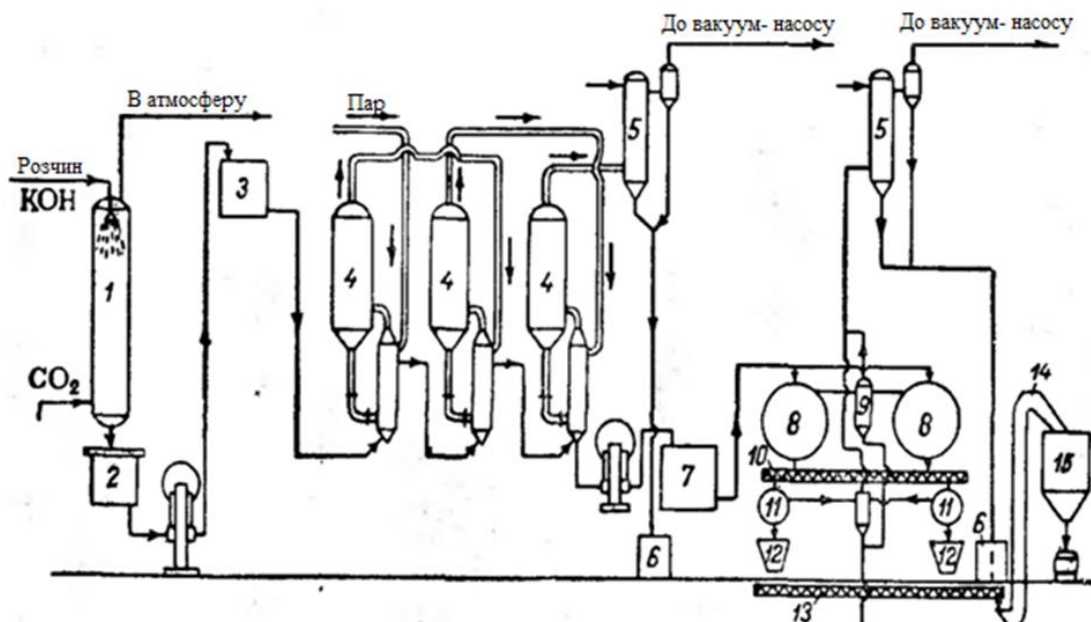


Рисунок 1 – Схема отримання карбонату калію

1-карбонізаційна колона; 2 і 7 – збирачі; 3- напірний бак; 4-вакуум-випарна установка; 5-конденсатор; 6-барометричний ящик; 8-вакуум-вали; 9-циклон; 10 і 13-транспортери; 11- барабанна сушарка; 12- конусний ящик; 14- елеватор; 15-бункер.

З вищенаведеної схеми стає зрозуміло, що одним з найбільш енергоємних апаратів є вакуум-випарна установка. Тому буде доцільно провести її модернізацію, метою модернізації є підвищення коефіцієнту теплопередачі.

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.

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ

ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ

магістрант Волошин І.Л., к. т. н., доцент Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Біоетанол, який виробляється під час переробки рослинної сировини, широко використовується як біопаливо або як паливна добавка. Він одержується з сільськогосподарської сировини: коренеплодів, злаків, цукрового очерету, кукурудзи, меляси. Це доцільно виконати у ректифікаційній колоні

Відома масообмінна ковпачкова тарілка [1], що включає плиту з ковпачками і переливними пристроями, виконаними у вигляді циліндричних, або призматичних стаканів

Недоліком даної ректифікаційної колони є недостатньо ефективне конструктивне рішення по розподіленню рідної фази, що знижує інтенсифікацію процесу масообміну.

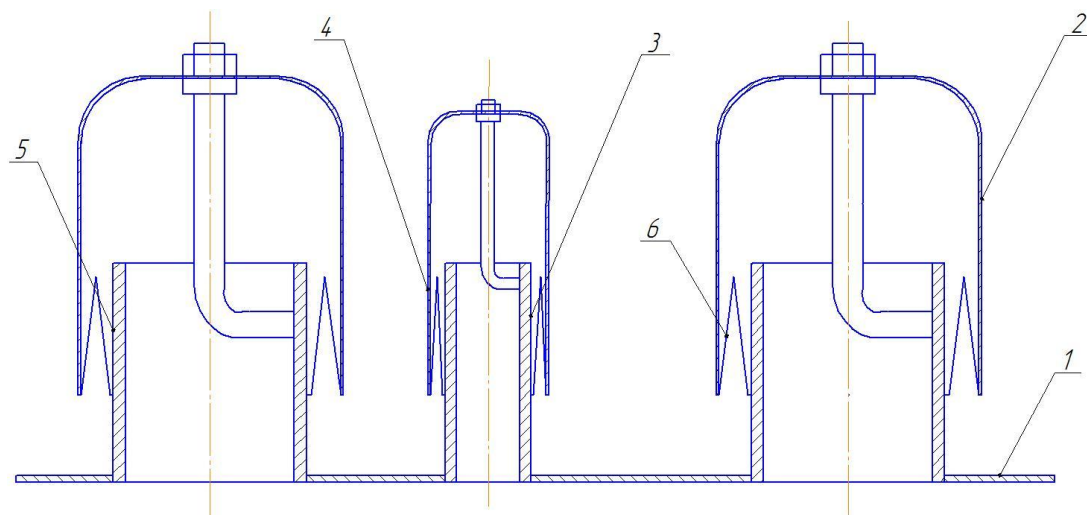
В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення інтенсифікації процесу масообміну, шляхом встановлення між ковпачками більшого розміру ковпачків меншого розміру, для рівномірності розподілу рідини по об'єму масообмінної тарілки, запобігання утворенню пристінного ефекту рідиною, тобто ККД тарілки, без зменшення продуктивності колони.

Поставлена задача вирішується тим, що у ректифікаційній колоні встановлюються додаткові ковпачки меншого розміру між ковпачками більшого розміру. [2].

Ректифікаційна колона містить масообмінні тарілки 1. На масообмінній тарілці 1 встановлено патрубки більшого розміру 5 з ковпачками більшого розміру 2, між якими розміщено додаткові ковпачки меншого розміру 3, які прикріплено до патрубок меншого розміру 4.

Вдосконалена масообмінна тарілка працює наступним чином.

При подачі парового живлення колони пара проходить через патрубки 3 та 5, відповідно, і далі потрапляє під ковпачки більшого розміру 2, та під ковпачки меншого розміру 4.



1 – тарілка; 2 – ковпачок більшого розміру; 3 – патрубок меншого розміру; 4 – ковпачок меншого розміру; 5 – патрубок більшого розміру; 6 – прорізи.

Рисунок 1- Загальний вигляд ковпачків

Така конструкція контактних пристроїв забезпечує рівномірність розподілу рідини по об'єму масообмінної тарілки, тобто ККД тарілки, без зменшення продуктивності колони.

Перелік посилань:

1. RU 2250126 МПК В01D 3/22 опубл. 20.04.05 Бюл. № 11;
2. Заявка на корисну модель и 2019 03165 від 01.04.2019р.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПООБМІНУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГРАНУЛЬОВАНИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

аспірант Гоцький Я.Г., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

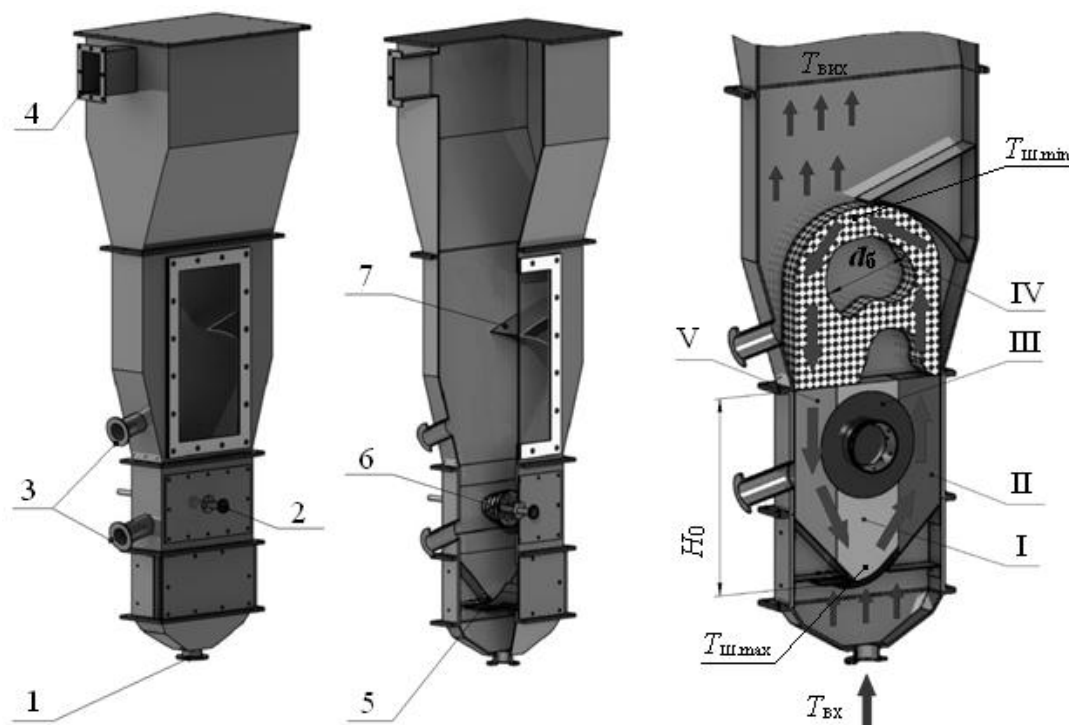
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Агропромисловий комплекс потребує значної кількості аграрної сировини, кількість якої напряму залежить від кількості сільськогосподарських земель та їх родючості. Застосування гранульованих органо-мінеральних добрив дозволяє найбільш ефективно та при цьому безпечно для навколишнього середовища підвищити родючість ґрунту, забезпечити рослини найважливішими поживними елементами, таких як азот, фосфор, калій та відновити рівень гумусу.

Для створення гранульованих органо-мінеральних добрив нового покоління з попередньо заданим складом корисних компонентів в відповідності до агро-кліматичних умов необхідно врахувати корисний ефект кожного компоненту і концентрацію. Також при виборі корисного компоненту варто звернути увагу на його фізико-хімічні параметри (адгезія, агрегатний стан, розчинність тощо) від яких залежить вибір обладнання та технологічний процес.

Технологічний процес виробництва комплексних органо-мінеральних добрив пролонгованої дії, яка забезпечується пошаровою структурою складається з трьох основних етапів: підготовка органічної сировини, створення однорідного розчину і грануляцію у псевдозрідженому шарі [1]. Грануляція гетерогенних рідких систем, які містять дисперсні частинки відбувається за рахунок масової кристалізації при інтенсивному зневодненні розчинника. Схему апарату та основні теплові параметри проведення процесу наведено на рисунку 1. У апараті реалізується струменево-пульсаційний режим псевдозрідження в автоколивальному режимі. Внаслідок неоднорідного режиму у апараті з початковою висотою H_0 процес зневоднення та грануляції умовно розділено на 5 зон. В I зоні відбувається подача теплоносія до камери гранулятора через ГРП, тому там температура шару буде максимальною. В зоні II відбувається циклічний рух зернистого матеріалу, проходячи повз зону III, відбувається зрошення початкових центрів грануляції розчином. Далі зволожений зернистий матеріал внаслідок

Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
 інерційної дії викидається з зони III до зони IV, відбувається випаровування розчинника з поверхні гранул і повернення їх в початкове положення через зону V.



1 – штуцер для підводу теплоносія; 2 – штуцер для підводу розчину;
 3 – штуцери для внесення та вилучення гранул; 4 – штуцер для відводу теплоносія; 5 – ГРП щілинного типу; 6 – диспергатор; 7 – направляюча вставка; I – зона інтенсивного теплообміну; II – зона висхідного потоку; III – зона зрошення; IV – зона винесення; V – зона низхідного потоку (релаксації);
 H_0 – висота шару, м; $T_{вх}$, $T_{вих}$ – температура теплоносія на вході та виході, °С;
 d_b – діаметр бульбашки, м

Рисунок 1 – Схема установки та основні теплові потоки

Висновки. Процес теплообміну у зернистому шарі впливає на якість отриманих гранул, тому дослідження температурного поля у апараті і визначення закономірностей проведення є важливим науково-технічним завданням.

Перелік посилань:

1. Kornienko Y.M., Hayday S.S., Liubeka A.M., Martynyuk O.V. (2016), Kinetic laws of the process of obtaining complex humic-organic-mineral fertilizers in the fluidized bed granulator, *Ukrainian Food Journal*, 5(1), pp. 144 – 154.

УДК 665.65

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВІДСТІЙНОЇ ЦЕНТРИФУГИ

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

Національний технічний університет України

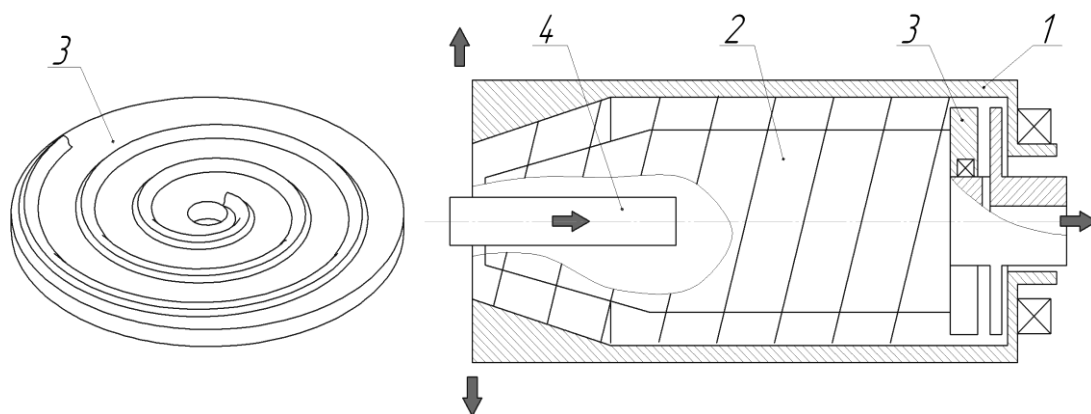
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Для розділення суспензій під дію відцентрових сил з розміром частинок $1\div 10$ мкм рекомендується використовувати центрифугу осадження. При виробництві гліцерину утворюється саме така суспензія розчину воді у гліцерині та хлориду натрію, з розміром кристалів 5 мкм. Крім того, у суспензії тверді частинки інерідних тіл [1]. Конструкція центрифуги осадження з шнековим вивантаженням осаду має два приводи, – привод обертання ротора, та привод обертання шнека. При переробці концентрованих розчинів, я яких присутні кристали виникає злипання осаду, тому привод шнеку, здебільшого ста слабкою ланкою всієї машини. Ще одним недоліком машин такої конструкції є вивантаження фугату, який при декомпресії парує і утворює нарости розчиненого матеріалу на нерухомому кожусі.

З метою зменшення навантаження на привод шнеку, та організації відводу фугату під тиском запропоновано модернізувати центрифугу осадження з шнековим вивантаженням осаду, рисунок 1, шляхом встановлення на торець шнеку 2 шайби 3 з спіральним виступом, який утворює канал між нерухомим корпусом 1 та ротором, що обертається. Спіральний виступ в зазорі забезпечує рух фугату до центру вісі обертання, та напір у патрубку відводу фугату.

Сили в'язкого тертя, що виникають між шайбою, закріпленою до ротора та нерухомим корпусом гальмують обертовий рух шнека відносно ротора, таким чином забезпечуючи додатковий крутний момент на шнеку, і зменшуючи навантаження на приводі шнеку.

Дана модернізація дозволяє виконати заміну негерметичної моделі фільтруючої центрифуги ФПІ з інерційним вивантаженням осаду на центрифугу з осадженням, що дозволяє відділити фракцію з розміром частинок менше 5 мкм. яка раніше залишалась у суспензії при використанні фільтрів та фільтруючої центрифуги.



1 – корпус; 2 – шнек; 3 – шайба з спіральним виступом; 4 – патрубок подачі суспензії

Рисунок 1 – Модернізована конструкція центрифуги з шнековим вивантаженням осаду

Висновок: модернізація ротора та шнеку центрифуги осадження в даний спосіб вимагає додаткових розрахунків для визначення мінімальних зазорів між шайбою та корпусом для забезпечення вивантаження фугату, залежності тиску по фугату від зазору, та втрат потужності на приводі ротора.

З метою визначення крутного моменту, що діє на шнек від встановленої шайби планується провести симуляційне дослідження і встановити закономірність впливу напірної характеристики по фугату на зміну потужності головного приводу ротора.

Перелік посилань:

1. Андреас Ф., Греббе К. Химия и технология пропилена — Л.: Химия, 1973. — 368 с.

УДК 621.21

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЛЕГУЮЧИХ
ПОЛІМЕРНИХ ДОБАВОК З РОЗРОБКОЮ ЕКСТРУДЕРА**

магістрантка Ковба А.М., к.т.н., доцент Швед М.П.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Все зростаюча кількість композиційних полімерних матеріалів вимагає створення відповідних легуючих добавок. Такі добавки повинні мати високу механічну однорідність композиції, оскільки така добавка вводиться в композиційний полімерний матеріал в кількості 0.5-5%. В склад легуючої добавки входить сама добавка в кількості 30-50% та олігомер, який є зв'язуючим.

Тому актуальним є створення установки для виготовлення таких добавок, яка повинна відповідати наступним вимогам: висока ресурсоенергоефективність, можливість гнучкого керування процесом виготовлення добавки, можливість змінювати термо-механічне навантаження на розплав при незмінній продуктивності, плавлення та диспергування легуючої добавки повинне відбуватися в полі високих швидкостей зсуву при незначних тисках.

Таким вимогам могла б відповідати установка на базі каскадного дисково-шестеренного екструдера в склад якого входять: вагові дозатори для кожного компонента і зв'язуючого олігомера, дисковий екструдер з дозованим живленням, шестеренний насос оснащений на виході статичним змішувачем та відповідний формуючий інструмент.

Екструдер працює в такий спосіб.

Полімерна композиція, що підлягає переробленню, дозується ваговими дозаторами 15 у завантажувальний отвір 17 корпусу 1, де захоплюється гвинтовою нарізкою диска 2 і далі транспортується, плавиться і гомогенізується, рухаючись у напрямку до розвантажувального отвору 16. Залежно від коливання заданого тиску в розплавопроводі 12 сигнал від датчиків тиску 13 надходить до регулятора 14 продуктивності дозаторів 15,

Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
які забезпечують зниження або підвищення подавання вихідних компонентів в екструдер і таким чином стабілізують тиск на вході в шестеренний насос.

Регулювання степені змішування та температури перероблюваного матеріалу відбувається за рахунок можливості зміни дискового проміжку регулятором 3 та частоти обертання диску 2 при незмінній продуктивності. Далі композиція під тиском заповнює міжзубні впадини шестеренного насосу, переміщується на вихід, проходить статичний змішувач 9 і формуючий інструмент 7.

Схема такого екструдера приведена на рисунку 1.

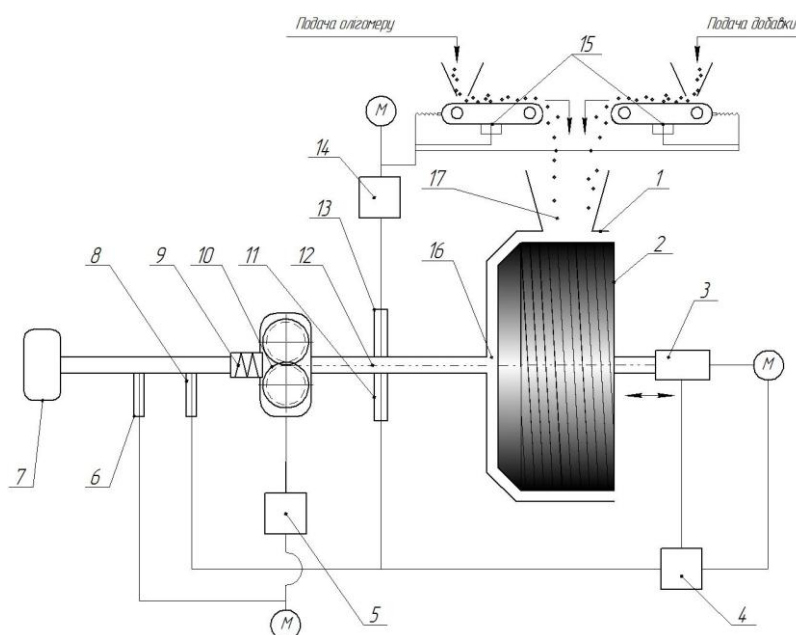


Рисунок 1 - Схема каскадного дисково-шестеренного екструдера.

1- корпус; 2 - диск; 3- механізм регулювання зазору; 4 - регулятор дискового проміжку; 5 - шестерня; 6,13 - датчики тиску; 7 - екструзійна головка; 8, 11 - датчики температури; 9- статичний змішувач; 10 - шестеренний насос; 12 - розплавопровід; 14 - регулятор продуктивності; 15 - вагові дозатори; 16 - розвантажувальний отвір; 17 - завантажувальний отвір.

Перелік посилань:

1. Патент України №105955 U, МПК В29С 47/00, В29С 47/52 (2006.01)
Дисковий екструдер / Швед М.П., Швед Д.М., Воробей Н.Г.; заявл. 11.04..2015, опубл. 11.04.2016, бюл. 7.

УДК 66.048.3

НАСАДКА МАСООБМІННОГО АПАРАТУ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Для розділення суміші води з етиленгліколем використовується ректифікаційна колона з насадкою. Одним з недоліків процесу ректифікації в колонах з насадкою, – нерівномірність щільності зрошення поверхні насадки, яка викликана перетоками рідини у горизонтальній площині з одного елементу насадки на інший, під дією потоку пари. Для забезпеченні рівномірності щільності зрошування в колоні встановлюють розподільники рідини, які займають робочий простір колони. Також, використовується регулярна насадка, або спосіб її встановлення. Значна кількість перспективних елементів насадки не може бути встановлена регулярно, через складну форму: пропелерна; спіралі; елементи, навиті з дроту [1, стор. 62].

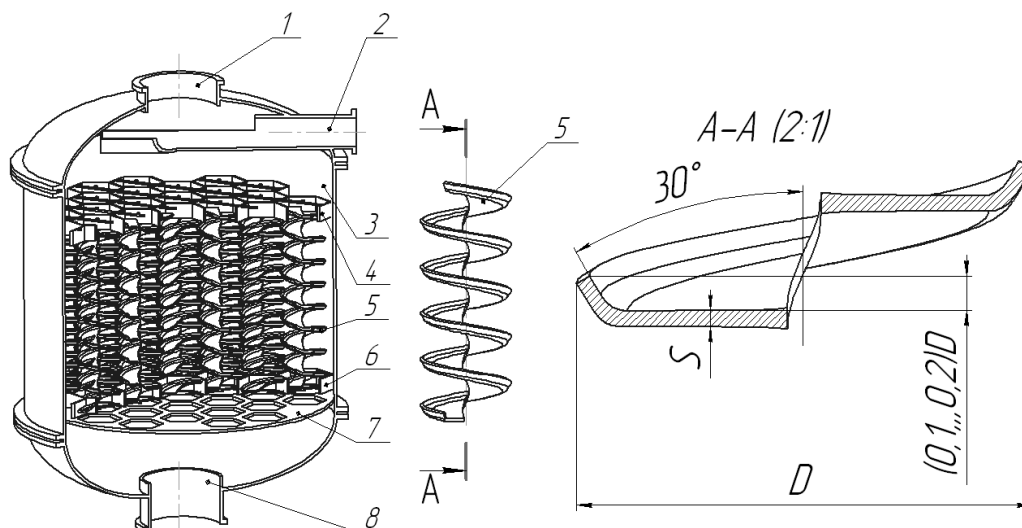
З метою збільшення використання робочого об'єму ректифікаційної колони, та запобігання утворення ділянок насадки з сухою поверхнею пропонується регулярний спосіб монтажу відомої спіральної насадки, та відбортування країв цих елементів, рисунок 1, [2].

Суть модернізації масообмінного апарату полягає в тому, що в конструкції насадки, що містить спіральні елементи додано решітки для утримання спіральних елементів у вертикальному положенні, на фіксованій відстані один від одного, а кромка спіралі відбортована догори. Таким чином, дана насадка має ознаку регулярної. Використання регулярної насадки масообмінного апарату з даними відмітними ознаками забезпечує зменшення перетікання рідини між елементами насадки у горизонтальному напрямку, що покращує рівномірність щільності зрошення насадки у шарі.

Модернізована насадка масообмінного апарату працює у такий спосіб. Рідина плівкою стікає по поверхні спірального елемента і контактує з паром, що піднімається вгору, внаслідок чого відбувається масообмін. Зігнуті краї спірального елемента, та його вертикальне положення запобігають перетіканню рідини з одного елемента на інший в межах одного

ряду спіральних елементів між решітками, що зменшує нерівномірність щільності зрошення насадки у шарі.

Пропонована конструкція модернізованої насадки масообмінного апарату нескладна у виготовленні та експлуатації, дозволяє більш повно використовувати робочий об'єм колони, та спрощує її конструкцію через зменшену кількість розподільників рідини.



1 – штуцер відводу пари; 2 – штуцер підводу рідини; 3 – корпус ректифікаційної колони; 4, 6 – верхня решітка для нижнього ряду насадки (нижня решітка для верхнього ряду насадки); 5 – спіральні елементи; 7 – газорозподільча решітка; 8 – штуцер відводу кубового залишку (рідина).

Рисунок 1 – Модернізована насадка ректифікаційної колони

Доцільність модернізації може бути обґрунтована шляхом дипломного проектування, з розрахунком в проекті кількох варіантів конструкції насадки, решіток та способів укладання елементів.

Перелік посилань:

1. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн. Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. М.: Химия, 1995. – 368 с.: ил.

2. Заявка на корисну модель u201903319 Насадка масообмінного апарата / А. Ю. Король, Я. Г. Двойнос; заявник А. Ю. Король – № u201903319; заявл. 02.04.2019.

МЕТОДИ ПІНОГАСІННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ ПІНОУТВОРЕННЮ

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

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

Піноутворення часто виникає як побічний процес у технологіях, що застосовуються у хімічній, харчовій, фармацевтичній, видобувній та інших галузях промисловості. У таких випадках воно ускладнює подальшу роботу з рідинами, що призводить до погіршення якості продукції, підвищення енергетичних витрат та втрат цільового продукту.

Усунення піни можливо провести двома методами: подавленням піни та запобіганням піноутворенню. Виділяють такі способи піногасіння [1-3]:

– Механічні, при яких руйнування відбувається шляхом ударної взаємодії з рухомими робочими органами обладнання, динамічної взаємодії піни з потоком газу або рідини, а також створення перепадів тиску між піною та навколишнім середовищем.

– Фізичні, при яких руйнування відбувається внаслідок термічної деструкції, акустичної деструкції або впливу електричного поля.

– Хімічні, які полягають у введенні в рідину хімічних речовин, які мають більший поверхневий натяг, ніж поверхневий натяг утвореної бульбашки.

Механічні способи використовуються при подавленні піни. Основні типи обладнання, яке для цього застосовується, поділяють на ротаційне, інжекційне і вакуумне. Перевагами цього методу є те що продукт залишається хімічно та фізично чистим. Основні недоліки – низька ефективність при утворенні великої кількості піни з міцними стінками і витрати на обладнання.

Термічне руйнування піни відбувається за рахунок випарювання вологи з оболонок піни через, що вони стають тонкіші, а отже втрачають міцність. Недолік цього способу полягає у великій тривалості процесу руйнування піни.

В акустичному способі руйнування піни відбувається за рахунок впливу на піну змінного тиску і вібрації в бульбашках. Недоліком цього способу є важкість підбору частоти вібрацій та великий час зхлопування пінної бульбашки що унеможлиблює його використання в апаратах з швидким підйомом піни.

Піногасіння за допомогою хімічних речовин, в більшості випадків, є дуже ефективним через безпосередній контакт піни і піногасника та створення шару піногасника на поверхні піноутворення, що унеможлиблює або мінімізує утворення піни. Основні недоліки цього методу: 1) піногасник потрапляє до цільового продукту, через що необхідно зменшувати кількість діючої речовини піногасника або проводити очищення продукту; 2) підвищення собівартості продукту; 3) необхідне обладнання для подачі, а в деяких випадках, приготування або попередньої обробки піногасника.

Велике значення для вибору піногасника мають фізико-хімічні фактори – температура, в'язкість, рН середовища та інші. Вони не тільки впливають на утворення і руйнування піни але й можуть вступати в реакцію з оброблюваним продуктом.

Проведений аналіз свідчить що використання кожного з наведених методів може бути доцільним для певних технічних умов. Але найбільш перспективним є хімічний метод, що зумовлено його високою ефективністю поряд з універсальністю застосування і можливістю гнучкого управління при зміні технічних умов без зупинки обладнання.

Перелік посилань:

1. Мацнев А.И. Очистка сточных вод флотацией / А.И. Мацнев. – К.: Будівельник, 1976. – 128 с.
2. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / В.К. Тихомиров. – М.: Химия, 1975. – 264 с.
3. Ветошкин Л.Г. Физические основы и техника процессов сепарации пены /Л.Г. Ветошкин. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 404 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТУ З МІШАЛКОЮ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

При виробництві етиленгліколю шляхом гідратації етилену охолоджений до 10°C , та сконденсований окис етилену ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$) разом з водою у співвідношенні 1:6 (по об'єму) подається до апарату з мішалкою для розчинення рідкого газу у воді. Гази, що розчинені у рідкому окису етилену, але малорозчинні у воді (азот, монооксид вуглецю) не розчиняються, а знаходяться над поверхнею води в апараті. З метою запобігання виносу окису етилену разом з цими газами при декомпресії апарату в технологічній схемі встановлено абсорбер, заповнений металевими кільцями Рашига ($15 \times 15 \times 2$ мм) [1]. Така компоновка дозволяє абсорбувати пари окису етилену.

Пропонується модернізувати апарат з мішалкою для інтенсифікації процесу розчинення, та зменшення викидів окису етилену шляхом встановлення масообмінного апарату безпосередньо в апарат з мішалкою, а мішалку виконати турбінного типу з осьовим верхнім патрубком. Така модернізація спрямована на інтенсивний конвективний рух води в апараті і утворення центральної воронки. Потрапляння газів над поверхнею розчину у зону інтенсивного зсуву через центральну воронку викликає утворення дрібних бульок і їх міграцію в об'ємі апарату.

Проведено попередні лабораторні дослідження з метою підтвердження існуючих гідродинамічних закономірностей [2] утворення та форми центральної воронки, рисунок 1.

При радіусі мішалки $R_m=0,025$ м, обертах $n=240$ хв⁻¹, радіусі циліндричної частини апарату $R=0,06$ м, висоті рівня рідини у спокої $H_0=0,14$ м, глибина воронки склала $z_0=0,11$ м. Розрахунковий радіус вимушеного завихрення (циліндр рідини, локальна швидкість рідини в якому відповідає швидкості на поверхні мішалки), м:

$$\frac{(H_0 - z_0)g}{R^2\omega^2} = \left(\frac{R_\delta}{R}\right)^2 - \left(\frac{R_\delta}{R}\right)^4 \left(0,75 + \ln\left(\frac{R}{R_\delta}\right)\right) \Rightarrow R_\delta = 0,021$$



Рисунок 1 – Утворення центральної воронки і дрібних бульок в апараті.

Висновок: при утворенні стабільної центральної воронки досягається інтенсифікація масообмінних процесів, утворення розвинутої поверхні контакту фаз. Геометричні розміри мішалки та апарату мають бути розраховані, та експериментально перевірені. Напрямок дослідження роботи такого типу апаратів може бути визначення закономірностей, що впливають на процес, мінімізації об'єму центральної воронці для більш повного використання робочого об'єму апарату.

Перелік посилань:

1. Юкельсон И. И. Технология основного органического синтеза: учеб. для химико-технологических специальностей. - М.: Химия, 1968. - 846с.: ил.
2. З. Штербачек, П. Тауск. Перемешивание в химической промышленности. Л., Ленинградское отделение Госхимиздата, пер. чешского, под ред. И.С. Павлушенко, 1963 г., 416 с.

**ЕКСПЕРИМЕНТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ
КОНЦЕНТРУВАННЯ КАРБАМІДУ ЗВОРОТНІМ ОСМОСОМ**

магістрант Кушнірук В.М., ст.викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Карбамід(сечовина) - концентроване амідне добриво, що містить до 46% азоту. Карбамід застосовується також як азотисту добавку для корму худоби. Виробляється у вигляді світло-білих гранул або кристалів. Добриво водорозчинне, так як під дією ґрунтових мікроорганізмів піддається різним мікробіологічним процесам, де кінцевим продуктом є солі азотної кислоти.

Карбамід широко використовується не тільки в сільському господарстві, так і в промисловості. З нього використовують карбамідні смоли для виробництва цінних пластмас, синтетичних клеїв, складом для просочування тканин. Карбамід також використовується в фармацевтичній промисловості і для виготовлення синтетичних волокон.

Розчин карбаміду випарюють в випарному апараті і кристалізують чи гранулюють. Випарювання це досить енергозатратний процес, тому що щоб енергозатрати на випарюванні були мінімальні, концентрація карбамида в розчині повинна бути не нижче 35-40%. При такій концентрації після випарювання відбувається втрата карбаміду з парою. Вилучити його з пари економічно не вигідно. тому що потрібні додаткові пристрої. Тому більш економічніше і енергозатратніше використати процес зворотнього осмосу, він ефективний для концентрування солей, а от який ступінь концентрування отримується достовірно не відомо. Тому довелося проводити експерименти.

Розведений розчин карбаміду пропускаємо через мембрану, яка розділяє від розчинника низькомолекулярну розчинену речовину, карбамід. В ході експерименту було зроблено заміри пермеату і ретантату, їхній об'єм і

масу за певний проміжок часу при різному тиску. З отриманих даних знайшли ступені концентрування і побудували графік залежності ступеня концентрації від тиску.

Експериментальні дані приведені на рисунку 1.

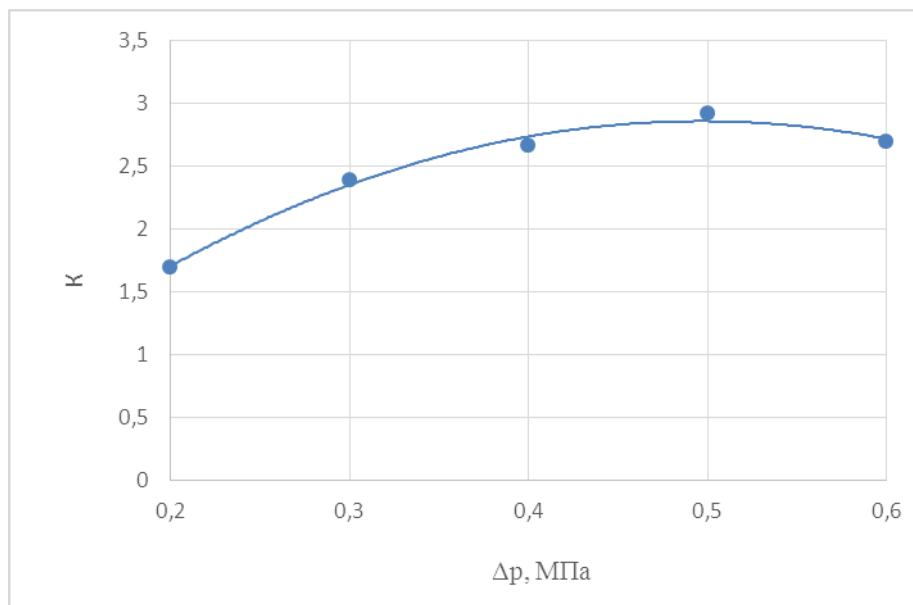


Рисунок 1. – Графік залежності тиску від ступені концентрування

Початковий тиск становив 0,2 МПа, при ньому ступінь концентрації K становив 1,68. На графіку видно, що при збільшенню тиску до 0,5 МПа ступінь концентрування збільшується, а при тиску 0,6 МПа ступінь концентрування зменшується. Тому при тиску 0,5 МПа ефективність концентрування розчинів карбаміду найбільша і вона достатня для концентрування таких розчинів.

Перелік посилань:

1. Мухленов И. П. Общая химическая технология – Москва "Высшая школа", 1977. - с.:ил., 288 - библиогр.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ДЛЯ СУШІННЯ
КОКСУ**

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

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

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

Відома сушильна установка «Буккау-Вольф», яка складається з основного сушильного барабана та труби, що обертається, і в якій проходить прискорене видалення вологи. Вологий матеріал подається в трубу, куди також подаються топкові гази [1].

Основний процес сушіння відбувається в циліндричному барабані, звідки сухий продукт видаляється.

Основним недоліком такої барабанної сушарки є низька ефективність висушування.

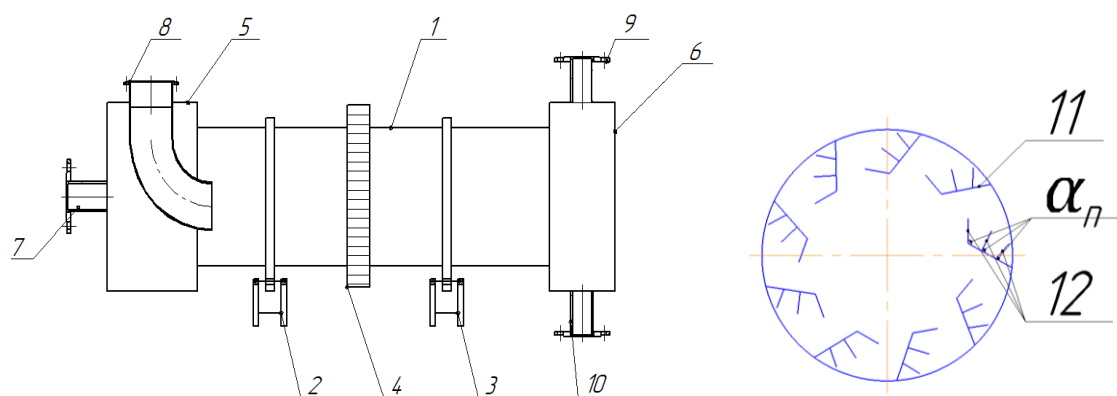
В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення конструкції барабанної сушарки шляхом встановлення додаткових направляючих, розміщених на перемішуючих лопатях, з різним кутом нахилу, що дозволить збільшити ефективність висушування.

Поставлена задача вирішується тим, що барабанна сушарка, що являє собою циліндричний барабан з розміщеними всередині нього насадками, встановлений на опорних та упорних роликах, має вінцеву шестірню та привід, причому до одного торця барабана приєднано завантажувальний пристрій та калорифер, а з іншого виконано відвідний пристрій.

Матеріал через штуцер 8 подається в середину циліндричного барабана. Циліндричний барабан обертається за рахунок привідної станції 3,

та вінцевої шестерні яка закріплена на барабані. Сушильний агент потрапляє в циліндричний барабан через штуцер 9, де контактуючи з вологим, рівномірно розподіленим по перерізу барабана матеріалом за допомогою перемішуючих лопатей 11, на яких розміщено додаткові направляючі 12 з різним кутом нахилу α до перемішуючих лопатей.

Сухий матеріал потрапляє в бункер 6, в якому через вивантажувальний штуцер 10 виводиться з барабанної сушарки.



1 – Циліндричний барабан; 2,3 – опорні та упорні ролики; 4 – привідна станція;

5,6 – бункери; 7 – штуцер відводу теплоносія; 8 – штуцер для подачі матеріалу; 9 – штуцер для подачі теплоносія; 10 – вивантажувальний штуцер;

11 – лопаті; 12- направляючі

Рисунок 1- Загальний вигляд апарату

Запропонована конструкція установки полягає в можливості видалення вологи при оптимальних умовах в одному сушильному барабані для різних періодів сушіння. Це дозволить збільшити ефективність 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. Заявка на корисну модель u2019 01036 від 01.02.2019р.

ТАРІЛКА МАСООБМІННОГО АПАРАТА

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

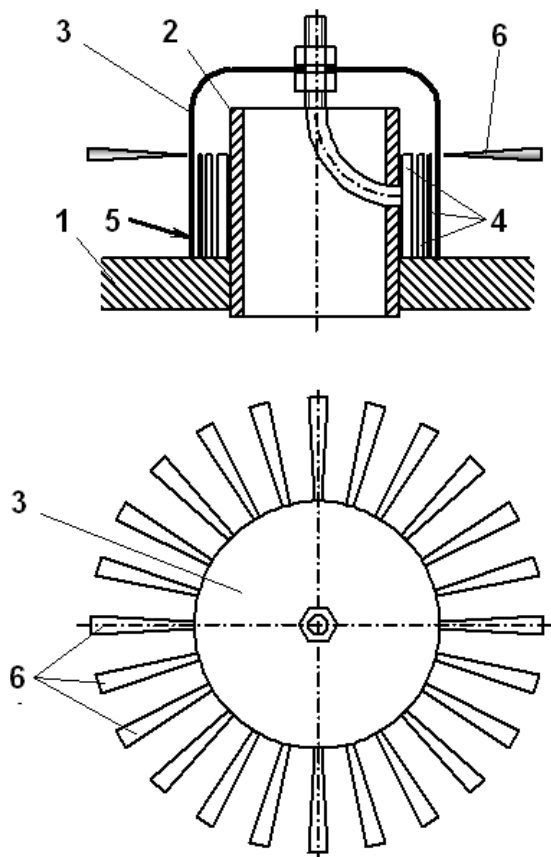
Ковпачкові тарілки – це найбільш ефективні робочі елементи ректифікаційних, абсорбційних та екстракційних колон, які можуть бути використані в хімічній, харчовій і споріднених з ними галузях промисловості.

Для підвищення часу контакту оброблюваних фаз між собою, і відповідно, підвищення ефективності процесу масопередачі на тарілці та в апараті в цілому авторами була запропоновано нова конструкція ковпачкової тарілки, в якій пелюстки ковпачків виконано скрученими по довжині [1]. 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 (див. рис.).

Під час роботи масообмінного апарата важка фаза рухається по горизонтальному полотну 1 тарілки, а легка – проходить крізь патрубки 2, кільцевий простір між ними й ковпачками 3, їхні вертикальні прорізи та/або щілини 4 і далі – крізь шар важкої фази, що рухається по горизонтальному полотні 1. Внаслідок виконання пелюсток 6 скрученими по довжині здійснюється відхилення потоку бульбашок легкої фази від вертикалі, що збільшує час її перебування у важкій фазі.

Виконання пелюсток 6 скрученими на однаковий кут в одному напрямку забезпечує рівномірне закручування потоку легкої фази, що також інтенсифікує процес масопередачі, а виконання прорізів та/або щілин 4 трапецієподібними з більшою основою з боку горизонтального полотна 1 забезпечує більшу витрату потоку легкої фази з боку верхньої поверхні горизонтального полотна 1. Також трапецієподібні пелюстки 6 перекривають

Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
більшу поверхню, ніж прямокутні, що також сприяє більш ефективному диспергуванню легкої фази.



1 – горизонтальне полотно, 2 – патрубок, 3 – ковпачок, 4 – прорізь, 5 – нижня частина прорізі, 6 – пелюсток

Рисунок 1 – Тарілка масообмінного апарата

Пропонована тарілка масообмінного апарата істотно підвищує ефективність масопередачі на тарілці апарата.

Перелік посилань:

1. Рішення від 13.03.19 про видачу патенту України. МПК (2018.01) B01D 3/20. Тарілка масообмінного апарата / Мікульонок І. О., Андреев І. А., Орел О. Ю.; заявник і патентовласник вони же. — № u201812363; заявл. 12.12.18.

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ

ВИРОБНИЦТВА МАСТИЛА

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Під час виробництва мастила необхідно очистити кінцевий продукт від залишків розчинників. Це доцільно виконати у ректифікаційній колоні

Відома ректифікаційна колона [1], що містить масообмінні тарілки, кожна із яких має плиту із установленими на ній подвійними ковпачками ковпачками і направляючими перегородками, зливні і приймальні пристрої.

Недоліком даної ректифікаційної колони є неефективне розподілення газової фази, що знижує інтенсифікацію процесу масообміну

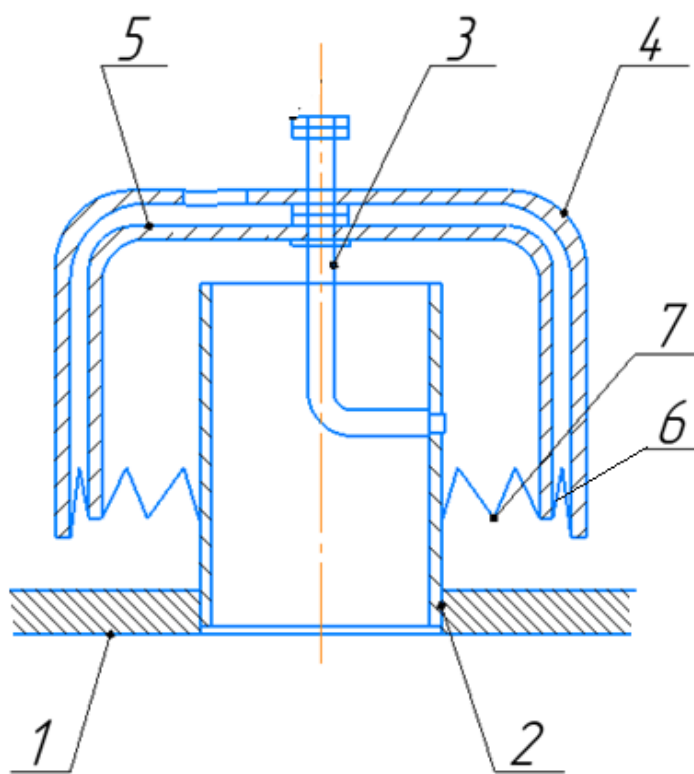
В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення інтенсифікації процесу масообміну, шляхом встановлення подвійних ковпачків, для рівномірного розподілу рідини по об'єму масообмінної тарілки, запобігання утворенню пристінного ефекту рідиною, та можливість регулювання поверхні контакту фаз, тобто ККД тарілки, без зменшення продуктивності колони.

Поставлена задача вирішується тим, що у ректифікаційній колоні на масообмінній тарілці встановлюються подвійні ковпачки, причому внутрішній ковпачок закріплено нерухомо, а зовнішній ковпачок може вільно переміщуватись вздовж осі їх кріплення, а отвори у верхній частині ковпачків виконано не співвісно [2].

Ректифікаційна колона містить масообмінні тарілки 1. На масообмінній тарілці 1 встановлено патрубки 2 для проходження газової фази, до неї прикріплюється вісь 3 кріплення ковпачків. Внутрішній ковпачок 5 закріплено нерухомо, а зовнішній ковпачок 4 може вільно переміщуватись вздовж осі їх кріплення, а отвори 8 та 9 у верхній частині ковпачків, відповідно, виконано не співвісно. У внутрішніх 5 та зовнішніх 4 ковпачках виконано прорізи 6 та 7.

Вдосконалена масообмінна тарілка працює наступним чином.

При подачі парового живлення колони парова фаза проходить через патрубку 2 та потрапляє під внутрішні ковпачки 5, проходить через прорізи 7 внутрішніх ковпачків 5 та прорізи 7 зовнішніх ковпачків 4 потрапляє у рідку фазу та барботує шар рідини. При збільшенні продуктивності парової фази зовнішній ковпачок 4 піднімається, і, далі, парова фаза через отвори 9 у верхній частині внутрішніх ковпачків 5 потрапляє у між ковпачковий простір. Після чого частина парової фази надходить через прорізи 7 та потрапляє у рідку фазу та барботує шар рідини, а частина надходить через отвори 8 зовнішніх ковпачків 4 і також барботує шар рідини.



1 – тарілка; 2 – патрубок; 3 – вісь;

4 – зовнішній ковпачок; 5 – внутрішній ковпачок; 6, 7 – прорізи.

Рисунок 1- Загальний вигляд ковпачку

Перелік посилань:

1. Патент України UA124245 МПК ВО1D 3/00 опубл. 26.03.2018 Бюл. № 6;
2. Заявка на корисну модель u2019 01647 від 18.02.2019р.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ГЛІЦЕРИНУ ХЛОРНИМ МЕТОДОМ

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

Національний технічний університет України

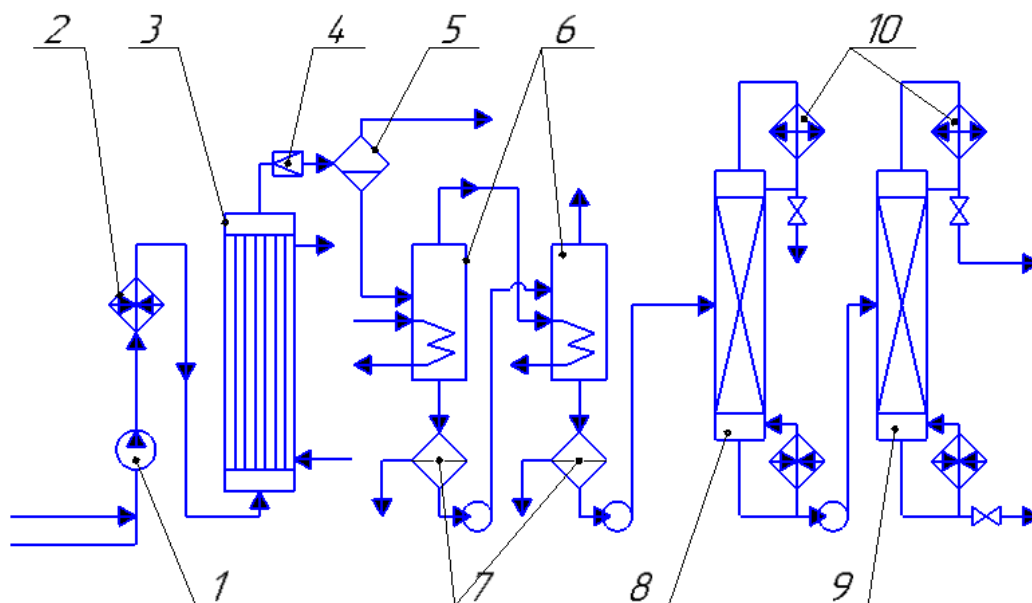
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Технологія отримання гліцерину хлорним методом [1] є найбільш поширеною. З широкого кола вихідних гліколю гліцерину по об'єму виробництва та важливості для господарській діяльності займає особливе місце. Завдяки гігроскопічності він використовується у парфумерії та фармації як зм'якшувальний засіб, основа для мазей, добавка до мила. У харчовій промисловості – як добавка до напоїв. У шкіряному виробництві та текстильній промисловості гліцерин використовують для обробки пряжі та шкіри, щоб надати їм м'якості, еластичності [2].

Гліцерин застосовують для виробництва синтетичних смол і вибухових речовин, наприклад, нітрогліцерину.

На рисунку 1 наведено технологічну схему виробництва гліцерину [3] (Німеччина, Аноргана).

Епіхлоргідрин і 5 - 6% розчин Na_2CO_3 емульгують в насосі 1, де суміш стискають до 0,6 - 1,0 МПа і закачують її через підігрівач 2 в трубчастий реактор 3. У ньому протікають реакції і утворюється гліцерин і його прості ефіри. Реакційну суміш дроселлюють в клапані 4 до атмосферного тиску, а в сепараторі 5 відокремлюють Газопарові фазу (CO_2 і водяні пари) від рідкої (водні розчини гліцерину, його ефірів, NaCl та залишків Na_2CO_3 , що не вступив в реакцію. З огляду на велику різницю в летючості води і гліцерину основну масу води відокремлюють випарюванням, яке проводять у три стадії багатокорпусної випарної установки. Розчин 80% гліцерину з водою після випарювання піддають ректифікації в вакуумній колоні 8 для відділення залишків води, і в колоні 9 для видалення ефірів гліцерину із високою температурою кипіння, що залишаються в кубі. Дистилят останньої колони являє собою 98 - 99% гліцерин. Його часто піддають додатковому очищенню (освітленню), адсорбуючи пофарбовані домішки активним вугіллям.



1 – насос; 2 – підігрівач; 3 – реактор; 4 – дросельний вентиль; 5 – сепаратор;

6 – випарні куби; 7 – фільтри; 8 – колона відгону води; 9 – колона відділення важкої фракції; 10 – конденсатор-дефлегматор; 11 – кип'ятильник.

Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва гліцерину

На відміну від традиційних сепараторів, в запропонованій технологічній схемі застосовується сепаратор циклонного типу, який зменшує викиди дрібних крапель розчину гліцерину, що збільшує вихід продукту на кінцевій стадії.

Перелік посилань:

1. ГОСТ 6824-96 Глицерин дистиллированный. Общие технические условия

2. 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.

3. Казарновский С. Н., Козлов В. Н. Альбом технологических схем процессов основного органического синтеза: учеб. пособие. Горьк. политехн. ин-т им. А. А. Жданова. — Горький: 1958. — 123 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ КАЛІБРАТОРА

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

Національний технічний університет України

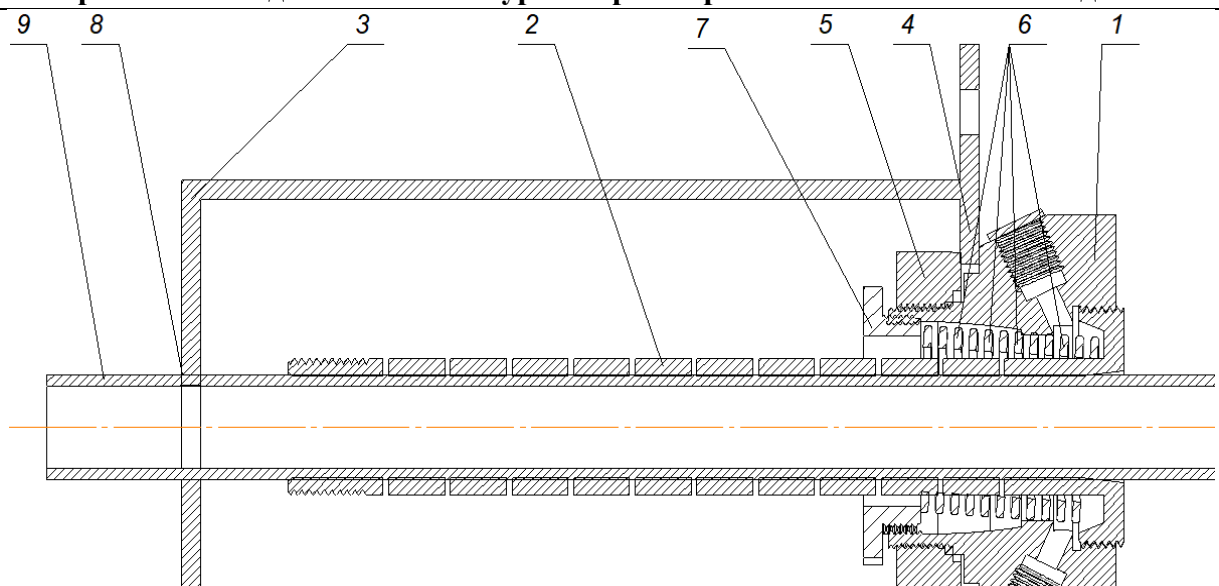
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Для забезпечення геометричних та інших якісних параметрів полімерних труб використовують процес калібрування у вакуумному калібраторі. Цей процес являється лімітуючою стадією при виготовленні труб малого діаметру через високу лінійну швидкість труби, що калібрується, та, відповідно, інтенсивному відведенню теплоти з зони калібрування. Існуючі технічні рішення [1] дозволяють стабільно працювати на швидкості калібрування до 12 метрів за хвилину.

Для інтенсифікації теплообміну з метою стабільної роботи калібратора на гільзі калібратора виконується гвинтова нарізка, яка дозволяє збільшити швидкість потоку охолоджуючої води при незначній витраті [2]. Така конструкція калібратора має недоліки: необхідність заміни калібратора, при зміні марки полімеру; необхідність очищення стінок спіральної нарізки на калібраторі після тривалого часу роботи.

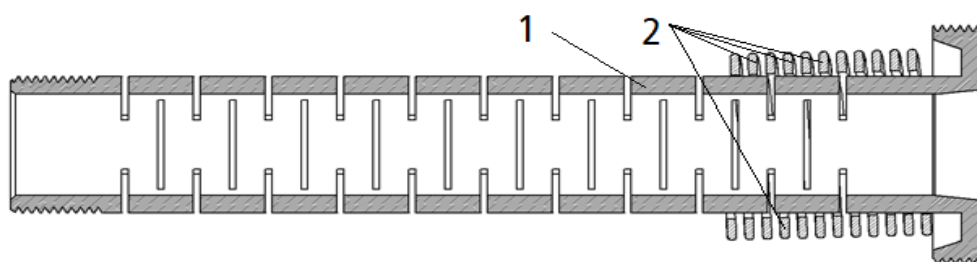
Для усунення недоліків запропонована нова конструкція калібратора, рисунок 1, 2. Дана конструкція більш універсальна, і дозволяє змінювати гідродинамічний режим охолодження калібруючої гільзи без виготовлення нової гільзи, контролюючи інтенсивність процесу теплообміну трубної заготовки.

Процес регулювання полягає у зміні положення затяжної гайки з зовнішньою різьбою 7, яка стискає завихрювач 6, таким чином змінюючи шаг та ширину гвинтового каналу охолодження зовнішньої стінки калібруючої гільзи. Таким чином, при сталому перепаді тиску вздовж калібруючої гільзи змінюється витрата та швидкість охолоджуючої води у каналі, що дозволяє обрати оптимальний режим охолодження, який індивідуальний для даного типорозміру труби та марки полімеру, що переробляється.



1 – корпус; 2 – калібруюча гільза; 3 – вакуумна ванна; 4 – фланець;
5 – стопорна гайка; 6 – завихрювач; 7 - затяжна гайка з зовнішньою різьбою;
8 – резинова прокладка; 9 – трубна заготовка.

Рисунок 1 – Конструкція модернізованого калібратора



1 – калібруюча гільза; 2 – завихрювач.

Рисунок 2 – Конструкція модернізованої калібруючої гільзи

Висновок: для обґрунтування доцільності запропонованої модернізації конструкції калібратора пропонується провести симуляційне моделювання.

Перелік посилань:

1. <http://www.extruder.com.cn/pipe/en/vacuum-sizing-tank.htm> , дата звернення 02.04.2019.

2. Патент 120801UA, МПК В29С 55/00, В29С 47/90 (2006.01) Калібратор / Подиман Григорій Сергійович (UA); Двойнос Ярослав Григорович (UA); заявл. 11.01.2017; опубл. 27.11.2017, бюл. № 22/2017.

УДК 66.663.635.048

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

магістрант Процюк О.О. к.т.н., ст. викл. Гулієнко С. В.

аНаціональний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вода —найпоширеніша речовина на планеті Земля. Джерел чистої води мало, тому необхідно знаходити альтернативні джерела отримання чистої води. Можна брати воду з моря чи океану. Проте для цього нам необхідно знесолювати морську воду.

Для знесолення морської води використовують різні способи, одним із найефективніших є спосіб багатостадійної дистиляції в поєднанні зі зворотним осмосом, перевагами якого є, менші вимоги до мембран, вища продуктивність, дешевша сировина, відсутність другої стадій зворотного осмосу, довша тривалість роботи мембрани, менші.

Відомим пристроєм для отримання чистої води є система зворотного осмосу, яка дозволяє отримувати високоякісну екологічно чисту воду. Система зворотного осмосу складається з низки попередніх фільтрів та напівпроникної мембрани та дозволяє розділити потік вхідної води на очищену та дренажну воду, яка зливається у дренажну систему.

Недоліком цієї системи є непридатність його для роботи в системі з насосом, оскільки при заповненні збірників пермеату та ретентату насос працюватиме в холосту і марно витратиметься енергія.

Поставлена задача вирішується тим, що в системі зворотного осмосу на бак чистої води 6 і 9 встановлюються датчики рівня води, які з'єднані з насосом 2. Коли вода заповнюється до рівня то сигнал передається до насосу і він припиняє працювати (рисунок 1).

Система складається з 1- фільтри попередньої очистки системи зворотного осмосу, 2 – насос, 3 – додатковий чотириходовий кран; 4 -

чотириходовий кран; 5 - напівпроникна мембрана зворотного осмосу, 6 – накопичувальний бак чистої води; 7 – кран чистої води; 8 - обмежувач потоку води; 9 - збірна ємність дренажної води; 10 – додатковий обмежувач потоку води або двоходовий кран.

Система працює наступним чином: вхідна вода подається через фільтри попередньої очистки 1 за допомогою насоса 2, додаткові чотириходові крани 3 і 4 потрапляють до напівпроникної мембрани зворотнього осмосу 5. Вода проходить фільтрацію через мембрану і поділяє потік вхідної води на два потоки: чисту та дренажну воду. Очищена від домішок вода потрапляє в накопичувальний бак 6 і до крани чистої води 7. При наповнюванні рівня чистої води бака 6 поступає на чотириходовий кран 4 і він перекриває подачу води. Сигнал також подається на насос і він вимикається. Система вимикається повністю і не працює в холосту.

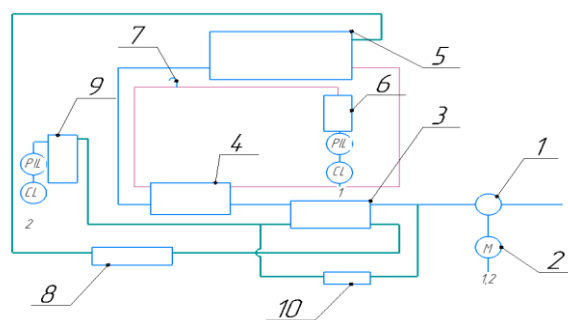


Рисунок 1 – Схема установки

Запропонований пристрій дозволяє забезпечити економічне використання води.

Перелік посилань:

1. Заявка на патент України, МПК Система зворотнього осмосу / Гулієнко С.В., Процюк О.О.; заявник і патентовласник вони ж. №201901294; заявл. 08.02.2019.

2. Патент № 11719 України МПК (2017.01) B01D 61/00 C02F 1/44(2006.01) Система зворотнього осмосу / В.В.Нещерет, В.В.Власенко; заявник В.В.Нещерет, В.В.Власенко. - № и 2017 01155; заявл. 08.02.2017; опубл. 12.06.2017, Бюл. №11.

УДК 625.095

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ
ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНОК МОСТОВИХ СПОРУД**

к.т.н., доцент Рубльов А.В.

Національний транспортний університет

Проблема виникнення так званих "передмостових ям" що виникають в безпосередній близькості від штучних інженерних споруд завжди актуальна оскільки впливає, як на швидкісний режим руху транспорту, так і на стан інженерних споруд. Ці пошкодження шляхів сполучення викликаються накопиченням залишкових деформацій на прогонових будовах на відміну від шляхів на дорожньому полотні, також в зоні стикування двох конструкцій має місце перепад жорсткості (модуля пружності) шляху.

Ця проблема вирішувалася шляхом створення спеціальних ділянок змінної жорсткості, призначенням яких є спроба згладити перепад жорсткості та деформації шляхів.

Принцип роботи таких ділянок полягає в поступовому збільшенні жорсткості колії по мірі наближення до штучного спорудження. В інженерній практиці реалізовано декілька варіантів конструкцій в зоні сполучення шляху на баласті з безбаластною верхньою будовою шляху:

- застосування плит з різною опорною площею;
- заміна верхньої частини ґрунту підхідного насипу залізобетонними бездонними коробами, заповненими щебенем;
- заміна верхньої частини ґрунту підхідного насипу щебенем, пошарово армованим геосітками;
- замонолічування баластної призми на підході до безбаластного шляху.

Використання плоских геосіток, залізобетонних коробів, в'язучих матеріалів призводить до збільшення міцності елементів шляху, схильних до накопичення залишкових деформацій. Однак найбільшою стабільністю

можна досягти, не тільки збільшивши міцність шляху, але і знизивши вплив на його елементи. Знизити напруження в баласті і земляному полотні можна за допомогою зменшення жорсткості колії, тобто для усунення перепаду жорсткості шляху не підвищувати її на підході, а знижувати на інженерній споруді і берегових опорах. Таким чином, пропонується знижувати жорсткість шляху і основах при їх одночасному влаштуванні з метою підвищення міцності деформаційних елементів шляху сполучення в зоні стикання.

Основне завдання досліджень полягало в тому, що на підставі системного аналізу результатів проведених теоретичних розрахунків і фізичних експериментів необхідно зробити оцінку можливості використання комбінованого методу покращення властивостей системи ґрунт-шлях-споруда для підвищення техніко-економічних показників їх роботи.

Для вирішення основного завдання були сформульовані допоміжні завдання досліджень. У разі теоретичного напрямку до них відносяться:

- формулювання основних теоретичних аспектів оптимізації процесу розподілу щільності по висоті підходу;
- отримання на підставі теорії подоби основних критеріальних залежностей для моделювання процесу оптимізації;
- розробка математичної моделі деформаційних процесів.

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ ВИСОКОВ'ЯЗКИХ РОЗПЛАВІВ В ЕКСТРУЗІЙНІЙ ГОЛОВЦІ З КІЛЬЦЕВИМ ПОПЕРЕЧНИМ ПЕРЕРІЗОМ.

²д.т.н., проф.Іваницький Г.К., ¹к.т.н., с.н.с.Радченко Н.Л.,
²студ.Процюк О.О.

¹Інститут технічної теплофізики НАН України

²Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

В розробці конструкцій екструдерів зазвичай застосовують емпіричні підходи, оскільки, існуючі моделі і методи розрахунку описують процес екструзії з багатьма припущеннями, які не відображають реальних параметрів процесу, а тому не можуть застосовуватись на практиці. Основна мета математичного моделювання процесів екструзії полягає в поглибленні фізичного розуміння процесу та його кількісного опису з максимально можливим наближенням до реальної технологічної практики. Такий підхід дозволяє обґрунтувати раціональну конструкцію каналу екструзійної головки, що забезпечує оптимальний розподіл параметрів розплаву [1].

Як відомо, найбільш суттєвий вплив на глибину структурно-механічних перетворень, які визначають кінцеву структуру і властивості екструдату, відбувається саме у формуючому інструменті на виході з екструдера [2].

В доповіді представлено математичну модель, яка з урахуванням основних визначальних факторів описує гідродинамічні та реологічні процеси, що протікають у формуючій головці екструдера. Дана модель може бути застосована в технологіях екструзії різного виду рідинної сировини, зокрема, в технологіях виробництва полімерних труб.

Розглядається в'язка нестислива рідина, яка стаціонарно тече в ізотермічному режимі у вузькому кільцевому каналі між двома співвісними циліндрами під дією сталого перепаду тиску на кінцях каналу.

Задача вирішується в циліндричній системі координат (r, z)

Вхідними даними для розрахунку є геометричні розміри екструзійної головки (довжина каналу L , діаметри внутрішньої d_1 та зовнішньої d_2

поверхні кільцевого каналу, ширина зазору $\delta = (d_2 - d_1)/2$), перепад тиску по довжині каналу Δp , або градієнт тиску dp/dz , теплофізичні та реологічні характеристики розплаву.

В моделі застосовану систему диференціальних рівнянь які визначають розподіл у радіальному напрямі (по ширині каналу) напруження зсуву $\tau_{rz} = f(r)$, а також швидкості потоку $v_z = f(r)$. Вирішення цих рівнянь при заданих граничних умовах дозволяє, в кінцевому підсумку, визначити об'ємні (масові) витрати розплаву в залежності від величини перепаду тиску Δp або величину перепаду тиску для одержання заданої величини витрати. Одночасно визначається величина напруження тиску і швидкість в кожній точці каналу.

Для в'язких рідини, крива течії яких описується законом в'язкості Ньютона $\tau_{rz} = \mu \cdot (dv_z/dr)$, задача вирішується в аналітичному вигляді.

Для неньютонівських рідин, крива течії яких описується степеневим законом у вигляді рівняння Оствальда – Вейля $\tau_{rz} = K \cdot (dv_z/dr)^{n-1} \cdot (dv_z/dr)$, слід застосовувати чисельні методи розв'язання. В цьому випадку коефіцієнт консистентності K і ступінь неньютонівської поведінки в'язкої рідини n застосовуються як задані вхідні параметри моделі.

На основі розробленої моделі створено комп'ютерну програму, яка може застосовуватись при розрахунку кільцевої екструзійної головки різних типів екструдерів для різних видів сировини.

Перелік посилань:

1. Микаэли В. Экструзионные головки для пластмасс и резины: Конструкции и технические расчеты / Пер. с англ.; Под. ред. В.П. Володина.–СПб.: Профессия, 2007. –472 с.

2. Иваницкий Г.К., Шурчкова Ю.А., Радченко Н.Л. Моделирование процесса экструзии в предматричной зоне и в матрице при обработке растительного сырья. //Пром. теплотехника. – 2011. – Т.33, №6 – С.32–38.

УСТАНОВКА ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ФЕРМЕНТЕРА

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Лімітуючою стадією технологічного процесу виробництва кормових дріжджів є процес вирощування дріжджів [1].

Запропонований ферментер в технологічній схемі має нерівномірне розподілення повітря у всьому об'ємі рідини, в результаті чого спостерігається зниження швидкості перебігу реакцій, а як наслідок – зменшення загальної продуктивності процесу при значних енерговитратах.

В основу запропонованого рішення покладено задачу створити такий ферментер, в якому поєднано процеси перемішування і барботування завдяки обладнанню додатковими форсунками, розташованими на лопатях в зоні кріплення лопатей до вала (Рисунок 1) [2].

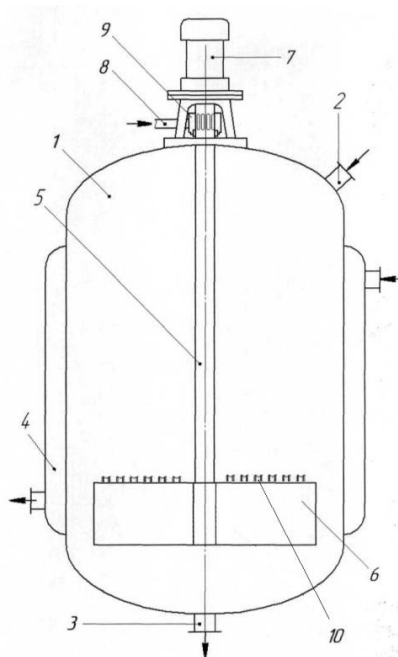


Рисунок 1 – Схема ферментера

Ферментер складається із корпусу 1 із патрубками подачі 2 і вивантаження 3, оболонки 4, перемішувального пристрою, який включає вал 5 перемішувального пристрою виконаний порожнистим із перфорацією у верхній частині, а система барботування виконана у вигляді додаткових форсунок 10, розташованих у верхній частині лопатей 6, а також приводу 7, розташованого за межами корпусу, системи аерації, яка включає трубопровід подачі повітря 8, манжетного елемента 9, розташованого у верхній частині порожнистого вала в зоні перфорації.

Ферментер працює наступним чином: середовище подається в корпус 1 через патрубок 2. Перемішування відбувається за допомогою перемішувального пристрою вал 5 якого виконаний порожнистим із перфорацією у верхній частині, а система барботування виконана у вигляді додаткових форсунок 10, розташованих у верхній частині лопатей 6, що забезпечує подачу по ньому повітря через трубопровід для подачі 8.

Вал обертається за допомогою приводу 7, при цьому у верхній частині валу 5 існує ділянка, де є зона перфорації. Ця ділянка охоплена манжетним елементом 9. Готова суміш виводиться через патрубок 3. Для регулювання температури використовується оболонка 4.

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

Перелік посилань:

1. Ковалевский К.А. Технология бродильных производств. Учебное пособие. — Киев: ИНКОС, 2004. — 340 с.
2. Заявка на деклараційний патент України № U201901646 від 18.02.2019 р.

УДК 662.767.2

МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТУ З МІШАЛКОЮ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

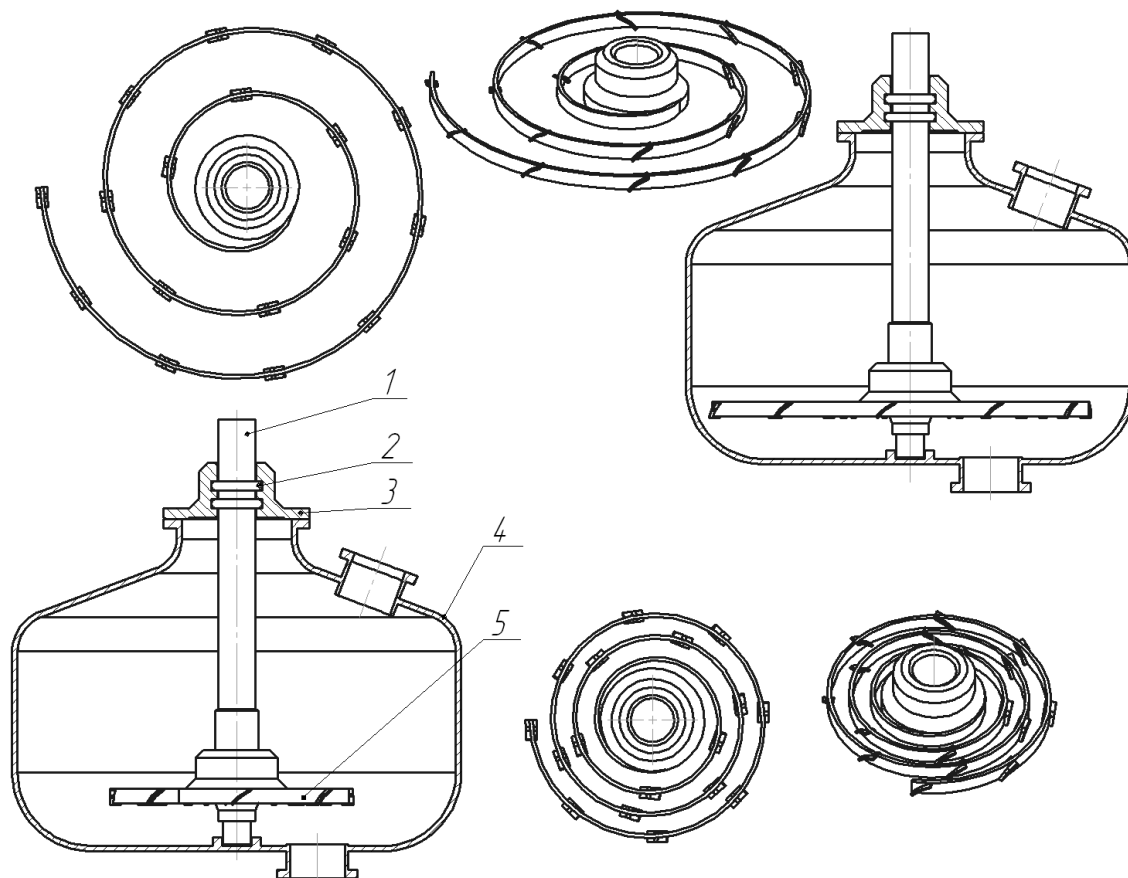
Процес розчинення дрібнодисперсних легкорозчинних матеріалів, таких як бікарбонат натрію ускладнюється утворенням в шарі частинок твердого матеріалу висококонцентрованого розчину, який має підвищену в'язкість (гель), внаслідок чого коефіцієнт дифузії значно зменшується, а вимушена конвекція у каналах шару частинок твердого матеріалу внаслідок потоків, генеруємих перемішувачем фактично припиняється. Відповідно, процес розчинення відбувається виключно на поверхні шару. Для інтенсифікації процесу розчинення пропонується організувати пульсаційний режим перемішування, який дозволить зруйнувати шар осаду і збільшити поверхню контакту фаз. Після руйнування шару матеріалу, що розчиняється інтенсивними гідродинамічними потоками мішалка переходить у повільний режим з метою оптимізації енерговитрат.

Спіральні мішалки поширені у хімічному машинобудуванні через їх гнучкість у роботі [1], вони мають не жорстку конструкцію і можуть деформуватись під час роботи без руйнування. Перемішуючи потоки мішалки такої конструкції переважно радіальні та тангенціальні.

З метою модернізації мішалки апарату для розчинення дрібнодисперсного бікарбонату натрію запропоновано використати спіральну мішалку з елементами для утворення осьових потоків, рисунок 1. Такі елементи дозволяють організувати циркуляційний потік в осьовому напрямку апарату.

Для руйнування агломератів матеріалу, що розчиняється після утворення у порах гелю пропонується збільшити оберти мішалки. Відповідно, конструкція мішалки буде деформуватись на кручення, а діаметр мішалки зменшиться, що змінить крутний момент. Таким чином, дана конструкція перемішувача при збільшенні обертів деформується і крутний момент на валу не буде відповідати відомим залежностям. Планується таким чином перевести режим роботи перемішувача

Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
з ламінарного, характерного для якірної мішалки до турбулентного, характерного для лопатевої конструкції.



1 – вал мішалки; 2 – ущільнення; 3 – кришка; 4 – корпус; 5 – мішалка

Рисунок 1 – Модернізована конструкція спіральної мішалки

Висновок: для перевірки можливості використання нової конструкції перемішуючого пристрою для розчинення дрібнодисперсних матеріалів, та оптимізації пульсаційного режиму її роботи необхідно провести додаткові дослідження, та провести обґрунтування вибору розмірів основних елементів нової конструкції.

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).

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ДЛЯ СУШІННЯ МОРСЬКОЇ СОЛІ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Під час виробництва морської солі велика кількість енергії витрачається на процес зневоднення отриманих кристалів. Для цього рекомендується використовувати барабанну сушарку.

Відома сушильна установка «Буккау-Вольф», яка складається з основного сушильного барабана та труби, що обертається, і в якій проходить прискорене видалення вологи. Вологий матеріал подається в трубу, куди також подаються топкові гази [1].

Основний процес сушіння відбувається в циліндричному барабані, звідки сухий продукт видаляється.

Недоліком швидкісної сушарки є низька ефективність висушування.

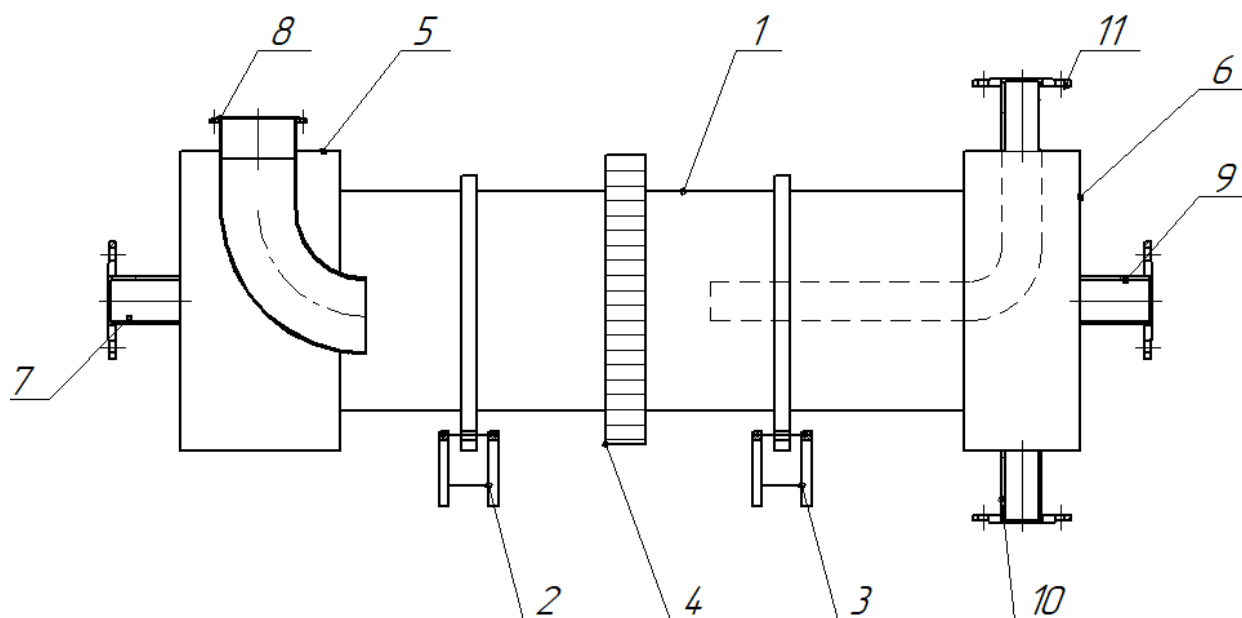
В основу модернізації поставлена задача вдосконалення конструкції барабанної сушарки шляхом встановлення штуцера подачі додаткового сушильного агента, що призведе до збільшення ефективності висушування.

Поставлена задача вирішується тим, що барабанна сушарка являє собою циліндричний барабан з розміщеними всередині нього насадками, встановлений на опорних роликах, має вінцеву шестірню та привід, причому до одного торця барабана приєднано завантажувальний пристрій та топкову камеру, а з іншого виконано відповідний пристрій.

Матеріал через штуцер 8 подається до циліндричного барабана. Барабан обертається за рахунок привідної станції 4, вінцевої шестерні, яка закріплена на барабані. Після висушування матеріал потрапляє в бункер 6, з якого видаляється через вивантажувальний штуцер 10.

Сушильний агент потрапляє в циліндричний барабан через штуцер 9, де контактуючи з рівномірно розподіленим по перерізу циліндричного

барабана вологим матеріалом, нагріває його та випаровує з нього вологу. Для збільшення ефективності сушіння через допоміжний штуцер 11 в середину циліндричного барабану подається додатковий сушильний агент. Суміш відпрацьованих сушильних агентів відводиться через штуцер 7.



1 – Циліндричний барабан; 2,3 – опорні та упорні ролики; 4 – привідна станція;

5,6 – бункери; 7 – штуцер відводу теплоносія; 8 – штуцер для подачі матеріалу; 9 – штуцер для подачі теплоносія; 10 – вивантажувальний штуцер; 11 – допоміжний штуцер;

Рисунок 1- Загальний вигляд апарату

Пропонована конструкція установки полягає в можливості видалення вологи при оптимальних умовах в одному сушильному барабані для різних періодів сушіння. Це дозволить збільшити ефективність 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. Заявка на корисну модель u2019 01035 від 01.02.2019р.

УДК 66.021.3

КОНТАКТНА ТАРІЛКА МАСООБМІННОГО АПАРАТА

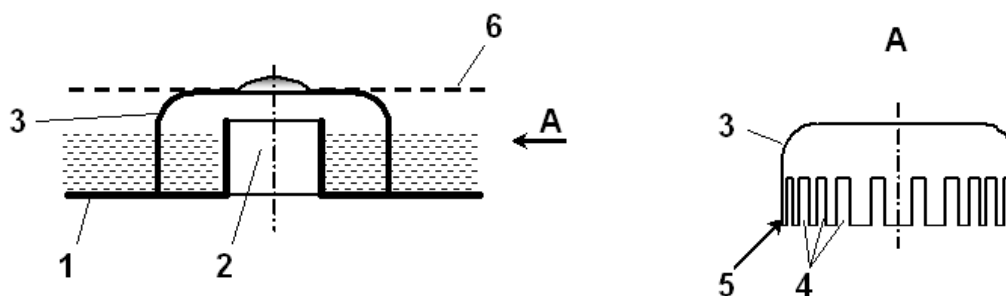
магістрант К. В. Чайківський, к.т.н., доц. І. А. Андреєв

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Одним з найбільш ефективних робочих елементів масообмінних апаратів є ковпачкові тарілки. Останнім часом в КПІ ім. Ігоря Сікорського було запропоновано декілька нових конструктивних рішень, що направлені на підвищення надійності фіксації елементів на таких тарілках і інтенсифікацію масообмінного процесу.

Для підвищення ефективності процесу масопередачі в широкому діапазоні навантажень тарілки по оброблюваних фазах авторами була запропоновано нова конструкція ковпачкової тарілки, яка забезпечує регулювання прохідного перерізу між ковпачками 3 й полотном тарілки 1. Для цього ковпачки 3 нерухомо закріплюють на перфорованому горизонтальному полотні 6, що встановлюються з можливістю регулювання відстані між ним і горизонтальним полотном 1 (рис. 1).



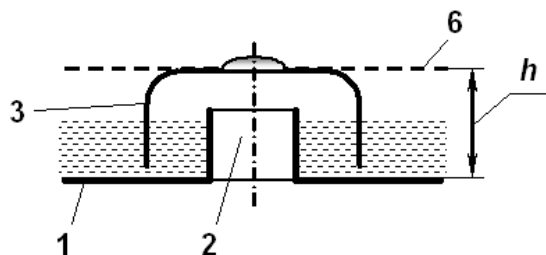
1 – горизонтальне полотно, 2 – патрубок, 3 – ковпачок, 4 – прорізь, 5 – нижня частина прорізі, 6 – перфороване горизонтальне полотно

Рисунок 1 – Контактна тарілка масообмінного апарата

Під час роботи масообмінного апарата важка фаза рухається по горизонтальному полотну 1 тарілки, а легка – проходить крізь патрубку 2, кільцевий простір між ними й ковпачками 3, їхні вертикальні прорізи та/або

щілини 4 і далі – крізь шар важкої фази, що рухається по горизонтальному полотні 1. Встановлене над ковпачками 3 перфороване горизонтальне полотно 6 затримує краплі важкої фази, що уносяться потоком легкої фази в напрямку верхньої тарілки (не показана), після чого затримані краплі поступово укрупнюються й повертаються в потік важкої фази, що рухається по горизонтальному полотну 1 тарілки і це істотно поліпшує умови масопередачі.

У разі зміни співвідношення навантажень по оброблюваних фазах внаслідок зміни відстані h між перфорованим горизонтальним полотном 6 і горизонтальним полотном 1 можна регулювати прохідний переріз між ковпачками 3 і полотном тарілки 1, що забезпечує високу ефективність процесу масопередачі (рис. 2).



1 – горизонтальне полотно, 2 – патрубок, 3 – ковпачок, 6 – перфороване горизонтальне полотно

Рисунок 2 – Поздовжній розріз тарілки в разі збільшеної відстані h

Запропонована контактна тарілка істотно поліпшує умови масопередачі на тарілці масообмінного апарата в широкому діапазоні навантажень тарілки по оброблюваних фазах.

Перелік посилань:

1. Рішення від 13.03.19 про видачу патенту України. МПК (2018.01) B01D 3/20. Контактна тарілка масообмінного апарата / Андреев І. А., Мікульонок І. О., Чайківський К. В.; заявник і патентовласник вони же. — № u201812365; заявл. 12.12.18.

КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЦЕОЛІТУ

магістрант Маргарян А.А., к.т.н., професор Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Цеоліти (в перекладі з грецької мови – киплячий камінь) – алюмосилікатні мінерали синтетичного і природного походження (осадові і вулканічні).

Аналіз властивостей цеолітів показує, що як об'єкт сушіння його можна віднести до групи капілярно-пористих мінеральних матеріалів з розвиненою пористою зовнішньою поверхнею і системою мікрокапілярів в обсязі матеріалу, утворених кристалами, в кристалічній решітці яких знаходиться цеолітна (очевидно, кристалогідратна) вода [1].

Для видалення цеолітної води шляхом висушування необхідні підвищена витрата теплової енергії і температура нагрівання до $350 \div 400$ °С. Це ускладнює процес сушіння цеоліту, тому що поряд з вільною вологою потрібно видаляти зв'язану цеолітну (кристалогідратну) воду і виводити пару через дуже тонкі ($2 \div 9$ Ангстрем) капіляри [2].

Отримані криві сушіння (рисунок 1) за формою аналогічні кривим сушки капілярно-пористих тіл.

Початкові прямолінійні ділянки кривих сушіння від $u_0 = 0,31$ до $u_1 = 0,13$ відображають випаровування поверхневої вологи і вологи великих капілярів. Швидкості цих процесів постійні. Зі збільшенням щільності теплового потоку пропорційно збільшується швидкість випаровування. Процес випаровування в першому періоді триває відповідно 50 с, 80 с, 100 с.

Тривалість другого періоду, в якому випаровується волога мікрокапілярів і цеолітів вода від $u_1 = 0,13$ до $u_2 = 0,001$, тобто до 1%, триває відповідно 130 с, 240 с, 340 с.

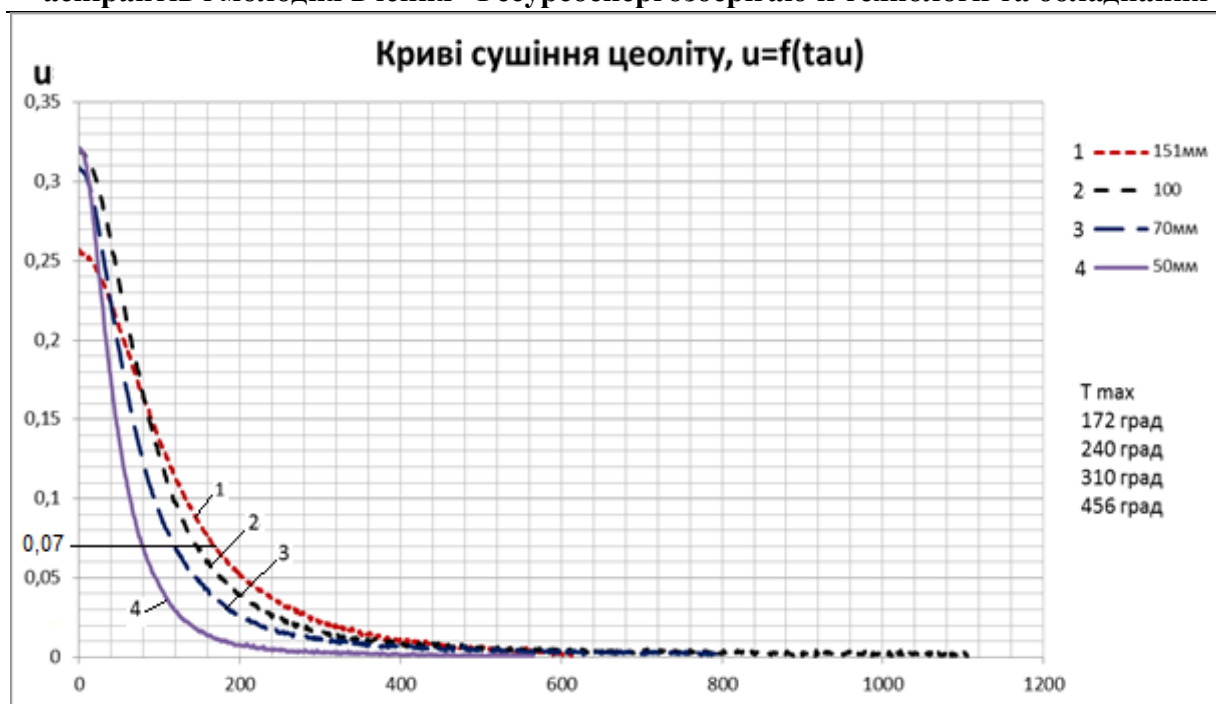


Рисунок 1 –Залежність вмісту вологи від часу сушіння

Загальний час сушіння в залежності від щільності теплового потоку становить 180 с, 320 с, 440 с. Аналіз розподілу часу протікання процесу сушіння в першому і другому періодах показує, що більш тривалим і повільним процесом є другий період, в якому відбувається випаровування води мікрокапілярів і цеолітної (кристалогідратної) води. Істотне збільшення швидкості сушіння в другому періоді спостерігається при максимальному збільшенні густини теплового потоку. Очевидно, це можна пояснити підвищенням температури цеоліту до 456 °С в кінці другого періоду сушіння. Тому, для вибору режимних (температурних) параметрів процесу сушіння цеоліту необхідно визначити закономірність зміни температури матеріалу в процесі сушіння.

Перелік посилань:

1. Лыков А.В. Теория сушки. М., «Энергия», 1968, 472 с. с ил.
2. <http://zeomix.ru/usefularticles/67-experience-in-use-in-the-purificationof-water-and-wastewater.html> [від 29.03.2019]

СЕКЦІЯ 2

«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРЬОХВАЛЬНОГО ПРЕСУ

КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

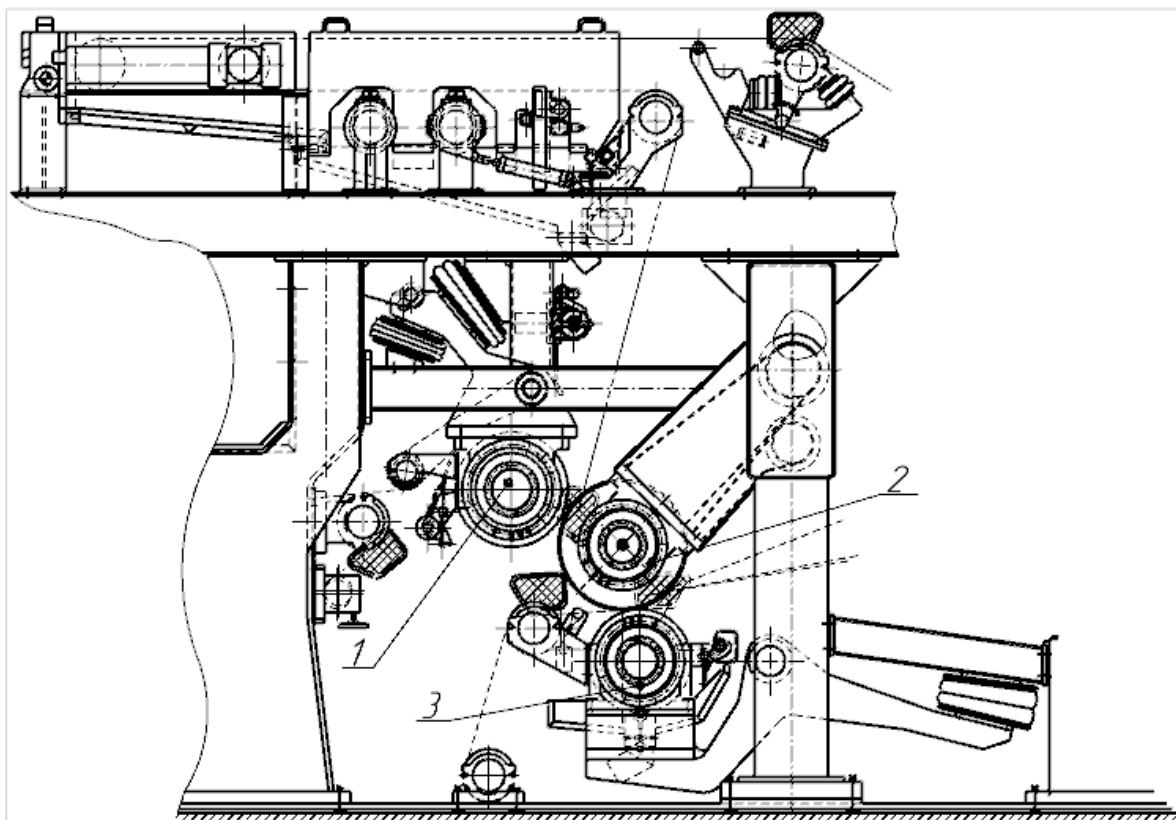
Виробництво картону та паперу – дуже енергозатратний процес. За витратами енергії картоноробне та папероробне виробництво стоїть на другому місці після металургійної промисловості в усьому світі. Саме тому будь-яка модернізація, яка націлена на зменшення енергозатрат є актуальною.

Дана робота присвячена модернізації трьохвального пресу з метою збільшення сухості після пресування. Важливо знати, що збільшенні кінцевої сухості на пресовій частині в 1 відсоток призводить до економії 5 відсотків теплової енергії на сушильній частині. 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 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 жолобчастими, що значно покращує якісні показники картону. Сухість картону після модернізованого пресу збільшується на 6 %.



1,3 – вали з гідропідтримкою оболонки; 2 – жолобчатий приводний вал

Рисунок 1 – Конструкція трьохвального пресу

Отже, модернізація пресової частини, шляхом покращення кінцевої сухості паперу після пресування призводить до значної економії теплової енергії, а також зменшення металоємності конструкції – це дві з основних проблем, які є актуальними.

Перелік посилань:

1. Технологія целюлозно-бумажного виробництва. Виробництво паперу і картону. Ч. 1. Технологія виробництва і обробки паперу і картону. — СПб.: Політехніка, 2005.— 423 с.: ил.
2. Інтернет – ресурс: <http://mash-xxl.info/info/600271/> від 25.02.2019 р.

ВИБІР МАСОНАПУСКНОГО ПРИСТРОЮ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

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

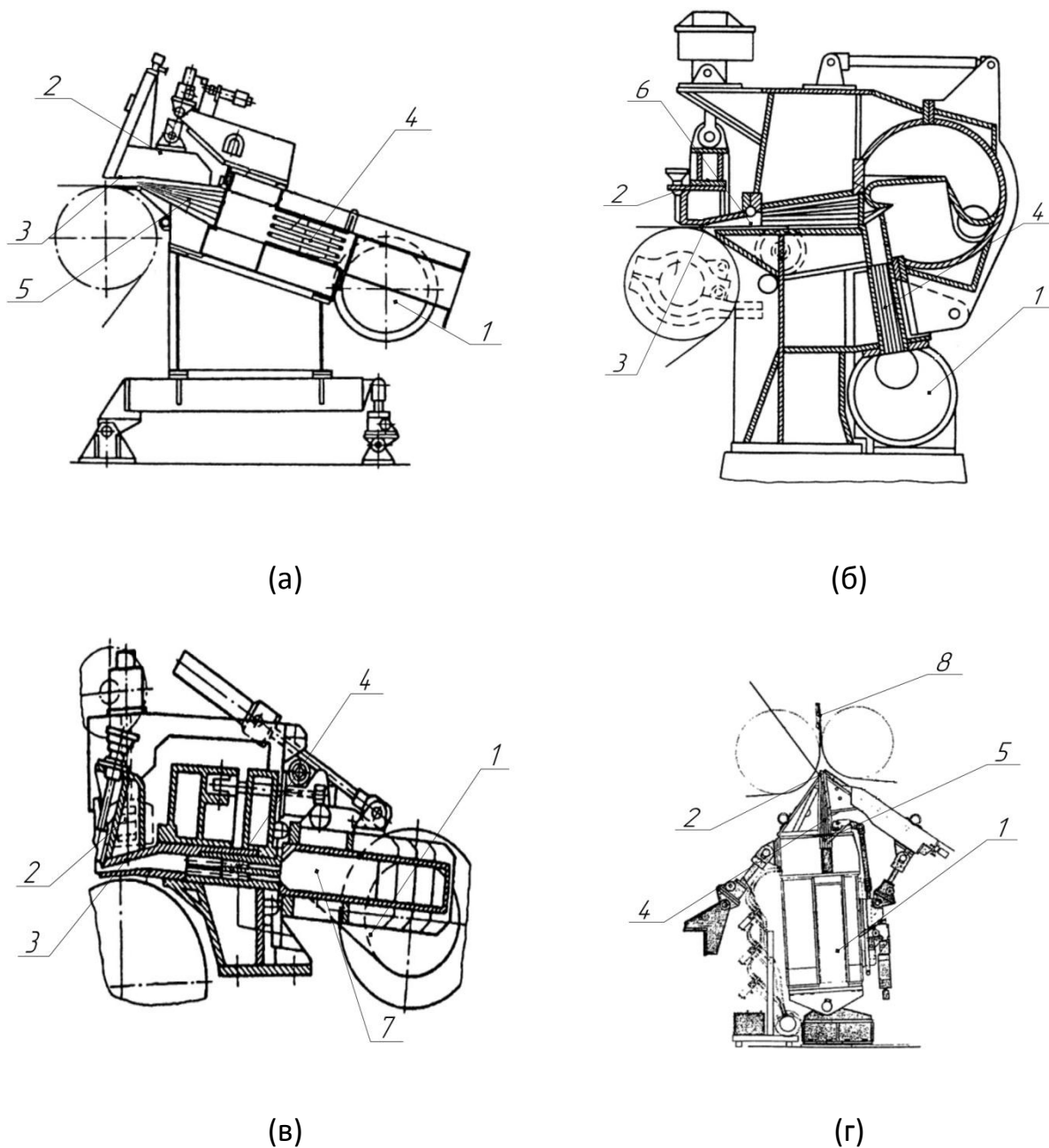
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Основним призначенням масонапускних пристроїв картоноробних машин є рівномірна подача підготовленої паперової маси на сітку машини. Якість напуску паперової маси на сітку впливає на якість одержуваного полотна картону і, в цілому, на безперебійну роботу машини. Напірний ящик є заключною ланкою в системі подачі паперової маси на машину. Він повинен забезпечувати сталість витрати і концентрації потоку паперової маси по ширині напуску, а отже і сталість маси на квадратний метр одержуваного картонного полотна в поперечному напрямку та сталість швидкості і концентрації потоку маси в часі. В цілому, в напірному ящику всередині волокнистої суспензії повинна бути сформована внутрішня структура картонного полотна, яка далі фіксується на сітці і доводиться до кондиційних параметрів готової продукції на наступних частинах машини [1].

Для формування картонного полотна існують різні типи напірних ящиків, що мають як переваги, так і недоліки. Провідними машинобудівними фірмами розроблений ряд напірних ящиків гідродинамічного типу для формуючих частин різних конструкцій. Напір маси в гідродинамічних ящиках створюється насосом, що подає паперову масу в потякорозділювач. Яскравими представниками цього типу є формуючі пристрої фірми Converflo (рисунк 1а), Voith (рисунк 1б), "Escher-Wis" (рисунк 1в) та напірний ящик фірми Beloit і Mitsubishi (рисунк 1г) [2].

Отже, сучасні конструкції паперо- та картоноробних формуючих частин здебільшого містять масонапускні пристрої гідродинамічного типу. Тому розробка та модернізація напускного ящика гідродинамічного типу є актуальною задачею.



1 – колектор; 2 – регулятор щілини; 3 – верхня губа; 4 – блок труб;
5 – Converflo плита; 6 – удавне сопло; 7 – прилад розділення потоків;
8 – випускна труба;

Рисунок 1. – Напірні ящики гідродинамічного типу

Перелік посилань:

1. Інтернет – ресурс <http://ugleprom.com.ua/> від 29.03.2019 р.
2. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины: Учеб. пособие / Под ред. В.С. Курова, Н.Н. Кокушина. Спб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006, 588 с.

МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРОбНОЇ МАШИНИ

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

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

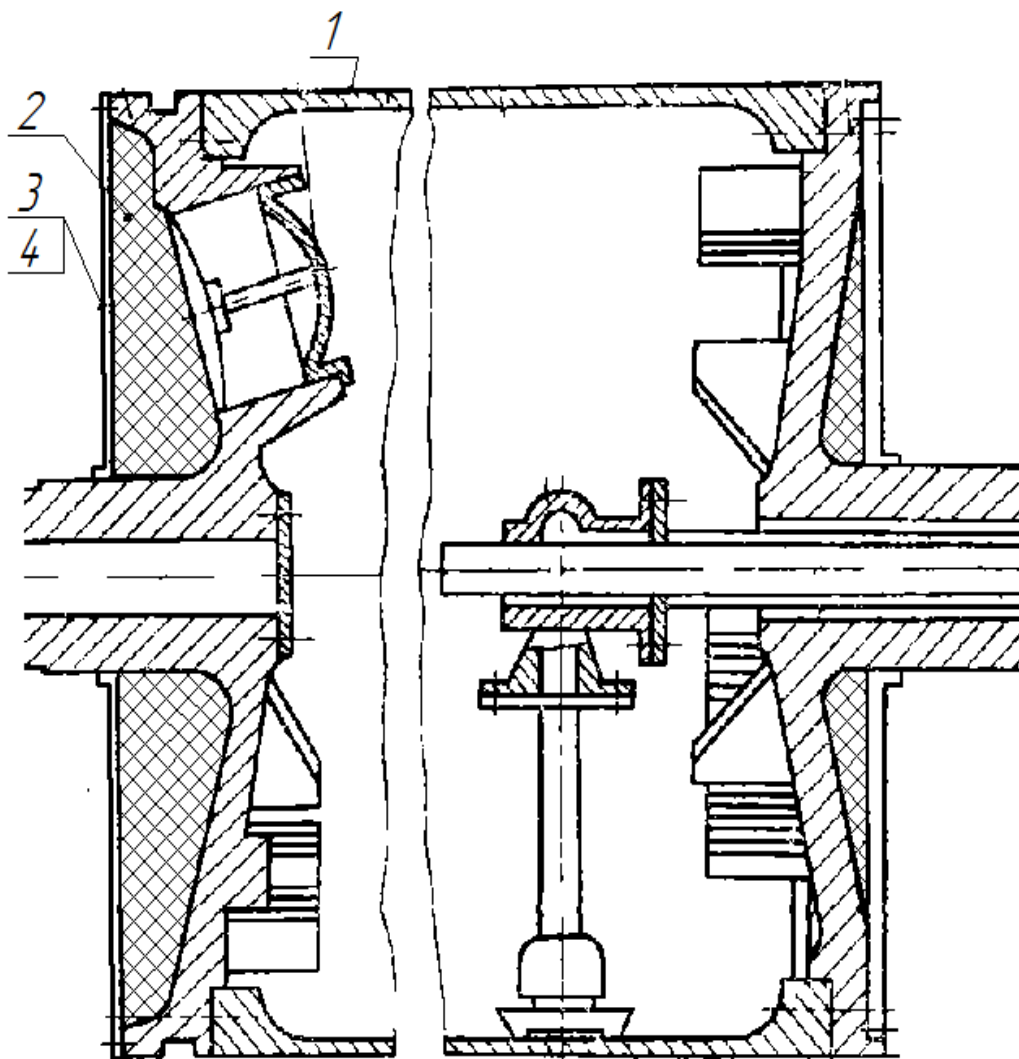
Вартість палива для отримання теплової енергії зростає кожний рік, тому модернізація сушильної частини картоноробної машини з метою зменшення витрат теплової енергії на тонну виробленої продукції є актуальною.

Сушильна частина картоноробної машини витрачає основну кількість енергії на вироблення картону. Важливо знати, що тепла енергія виділяється в сушильних циліндрах при конденсації водяної пари, на висушування 1 тони води з картону витрачається 2-2.5 тони пари, з них 10 відсотків втрачається в навколишнє середовище [1]. Основна кількість теплоти шляхом конвекції переноситься від поверхні торцевих кришок циліндрів в навколишнє середовище.

Дана робота присвячена модернізації сушильного циліндра з метою усунення втрат теплоти через торцеві кришки сушильних циліндрів. Модернізація полягає в тому, що на торцеві кришки сушильного циліндра нанесено ізоляцію з мінеральної вати.

Нова конструкція дозволить зменшити витрати теплової енергії на сушильній частині, що в свою чергу призводить до значної економії теплової енергії.

На рисунку 1 зображено 1 - сушильний циліндр, 2 - шар теплоізоляції, 3- щиток, 4 - гвинти кріплення щитка до кришки циліндра[2].



1 –сушильний циліндр; 2 – шар теплоізоляції; 3 – щиток; 4 –гвинти;

Рисунок 1 – Конструкція сушильного циліндра

Отже, модернізація сушильної частини, шляхом збереження теплової енергії призводить до значної економії теплової енергії, це є основною проблемою, яка є актуальна.

Перелік посилань:

1. 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 03.04.2019 р.

МОДЕРНІЗАЦІЯ МАШИННОГО КАЛАНДРА

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

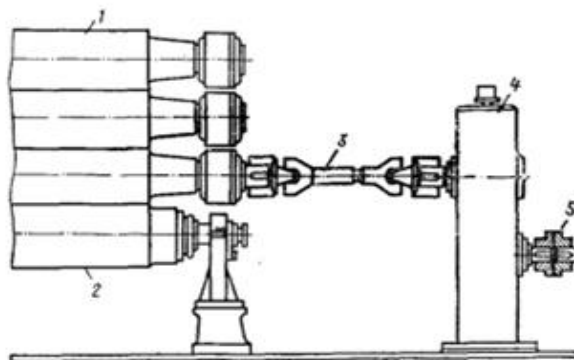
Велика увага в паперовій промисловості приділяється питанням зменшення металоємності обладнання та збільшення якості паперової продукції. В промисловості України використовують застарілі багатовальні машинні каландри. Для отримання гладкості картону 60-70 сек виготовляють шестивальні каландри з чавунними валами, робоча поверхня яких відбілена. В моїй конструкції вали, які працюють на згинання, замінені валами з гідропідтримкою оболонки. Встановлено карданний вал і дано привід на другий вал. Така конструкція дає змогу зменшити кількість валів до 4 за рахунок збільшення лінійного тиску та збільшує гладкість картону [1].

В цьому каландрі картон може оброблятися або в одному захваті (між двома нижніми валами) при високому лінійному тиску, або в трьох захватах (як в звичайному багатовальному каландру) [2].

Привід в каландрі другого з низу вала передається через карданний вал, що дозволяє здійснювати підйом і опускання другого валу (Рисунок 1).

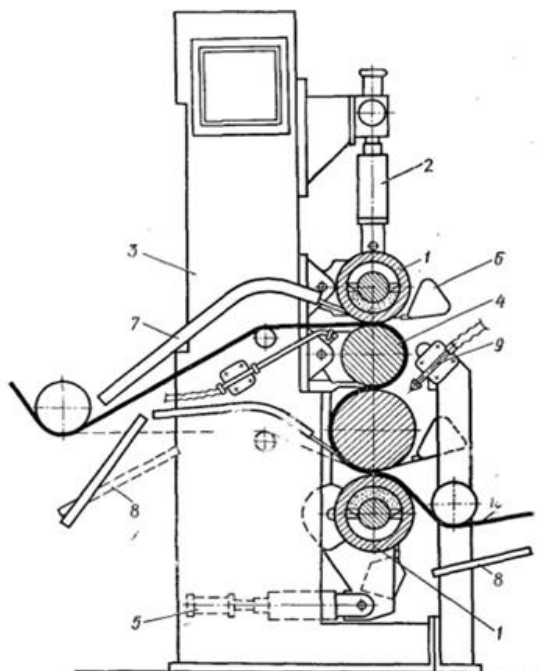
Модернізований каландр зображений на рис 2.

З рисунка 1 видно, що компоновка валів каландра забезпечує двохсторонню систему притискання валів, що розвантажує станину каландра і дозволяє суттєво збільшити лінійний тиск в захватах валів. Передача крутного моменту карданним валом дозволяє використати в якості першого валу спрощену конструкцію вала з гідропідтримкою оболонки без приводу.



1-вали звичайної конструкції; 2-нижній вал з регульованим прогином; 3-карданний вал ; 4-редуктор ; 5- з'єднуюча муфта;

Рисунок 1 – Каландр із приводним другим валом



1-вал з регульованим прогином ; 2-механізм прижима верхнього вала ;
3-станина ; 4-вал ; 5-механізм прижима нижнього вала ; 6-шабер ;
7-лоток з шабером ; 8-лоток ; 9-сопла охолодження; 10-полотно паперу

Рисунок 2 – Каландр зі стаціонарним другим валом:

Перелік посилань

1. Чичаев А.А. «Оборудование целлюлозно-бумажного производства» в двух томах. Том 2 «Бумагоделательные машины» / Чичаев А.А. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264 с.
2. Иванов С.Н. Технология бумаги.-М.: Школа бумаги ,2006-643 с.

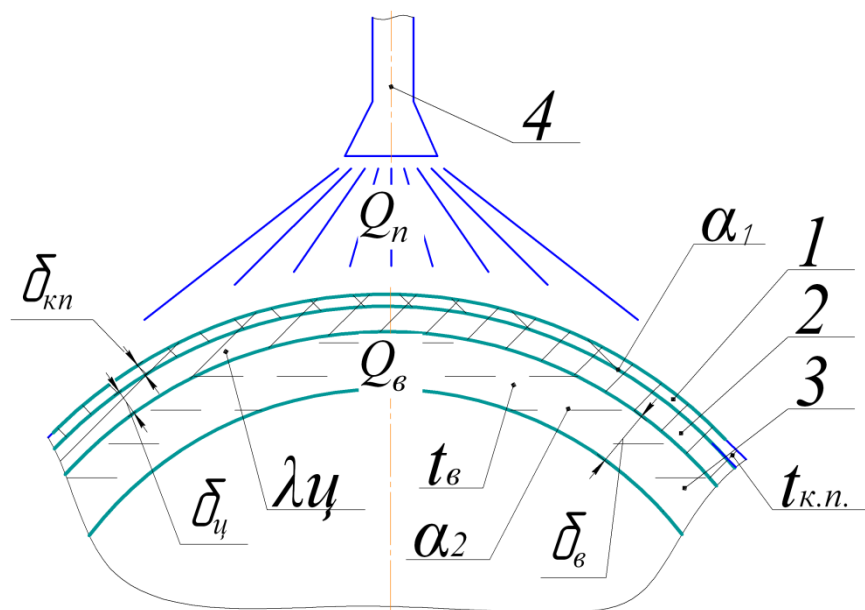
МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИЛІНДРУ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Процес охолодження картонного або паперового полотна являється важливим етапом в технології отримання паперової та картонної продукції. Охолодження полотна необхідно проводити для запобігання електризації сухого матеріалу під час тертя, а також додаткового зволоження матеріалу перед процесом каландрування. Процес охолодження відбувається на холодильній групі циліндрів, що розміщена в кінці сушильної частини картоноробної або папероробної машини. Зазвичай в якості холодоагенту використовується холодна вода. Схема теплообміну між полотном і холодоагентом зображена на рисунку 1.



1 – полотно; 2 – металева стінка циліндру;

3 – холодоагент (холодна вода); 4 – повітряний сприк

Рисунок 1 – Схема теплообміну між полотном і холодоагентом

Конструкція холодильного циліндру передбачає, що тепловий потік направлений від гарячого полотна через стінку циліндра до холодоагенту:

$$Q=K \cdot F \cdot \Delta T, \quad (1)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; F – поверхня теплообміну, м^2 ;

ΔT – температурний напір, К .

Коефіцієнт теплопередачі у даному випадку визначається як:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ц}}}{\lambda_{\text{ц}}} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (2)$$

де α_1 - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні полотна до зовнішньої поверхні холодильного циліндру, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; $\delta_{\text{ц}}$ - товщина оболонки циліндру, м ; $\lambda_{\text{ц}}$

- теплопровідність матеріалу оболонки циліндру, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$; α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні оболонки циліндру, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Дослідження теплообміну при охолодженні картонного або паперового полотна [1] показали, що коефіцієнт α_1 приймає достатньо малі значення 5-10 $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ і залежить від шорсткості поверхні оболонки холодильного циліндру. Внаслідок цього для підвищення ефективності процесу охолодження полотна необхідно збільшити тепловий потік Q , кВт від полотна до холодоагенту. Для рішення цієї задачі пропонується встановити для додаткового охолодження полотна повітряний сприск (рис. 1). Тому результируючий тепловий потік становитиме:

$$Q = Q_{\text{в}} + Q_{\text{п}}, \quad (3)$$

де $Q_{\text{в}}$ – тепловий потік від полотна до холодної води, кВт;

$Q_{\text{п}}$ – тепловий потік від полотна до холодного повітря, кВт.

Дана модернізація конструкції холодильної частини дозволить інтенсифікувати процес охолодження полотна і збільшити швидкість машини.

Перелік посилань:

1. Чичаев А.А. «Оборудование целлюлозно-бумажного производства» в двух томах. Том 2 «Бумагоделательные машины» / Чичаев А.А. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264 с.

РОЗВИТОК КОНСТРУКЦІЙ ПРЕСІВ ПАПЕРО- ТА КАРТОНОРОБНИХ МАШИН

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

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

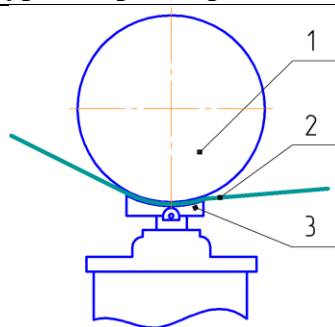
У виробництві паперу і картону важливу роль відіграє пресова частина, на якій механічним стисканням видаляється значна частина води, що міститься у полотні після формера.

Пресова частина впливає на якість полотна, його товщину, об'єм та поверхневі характеристики. Підвищення сухості полотна на виході з пресової частини, дозволяє підвищити рентабельність виробництва за рахунок зменшення витрат енергії в сушильній частині.

До класичних конструкцій відносять пресові частини з використанням поворотних, гарячих, жолобчатих та офсетних пресів. Більш ефективними конструкціями, які останнім часом все ширше використовуються у складі пресових частин є башмачний та Ніпко преси.

Башмачний прес (рисунок 1) встановлюється в пресовій частині КРМ. Являє собою прес з розширеною зоною пресування.

Башмачний вал оснащений стаціонарною балкою, на якій встановлена система гідроциліндрів, які притискають башмак до гнучкої сорочки вала. Профіль башмака визначений формою верхнього притискного вала. Еластична сорочка нижнього валу ковзає по масляній плівці. Завдяки системі гідравлічних циліндрів можна регулювати поперечний профіль паперового полотна. Встановлюється зазвичай як останній прес, який здатний, при сухості паперового полотна 35-40% на вході, досягати сухості полотна на виході 48-52%. [1]



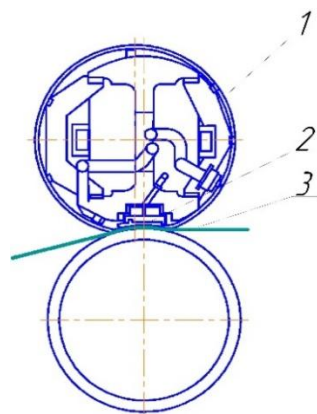
1 – башмачний вал; 2 – паперове полотно; 3 – башмак;

Рисунок 1. – Башмачний прес

Ніпко прес (рисунок 2) розроблений для економії ресурсів, значно зменшуючи їхні витрати на енергію, а також збільшувати продуктивність.

Ніпко прес має набагато простішу конструкцію порівняно з першим поколінням башмачного преса. Два пристрої для стискання гумового сільфона замість декількох поршнів уздовж ширини машини забезпечують менше необхідних елементів керування та простіше працюють.

За допомогою Ніпко преса можна збільшити сухість до 5%, в порівнянні з башмачним пресом. Все це можливо без шкоди для якості паперу. Крім того, економія електроенергії до 20% можлива завдяки підвищенню якості сушіння [2].



1 – прес рукав; 2 – башмак; 3 – паперове полотно

Рисунок 2 – Ніпко прес

Перелік посилань:

1. Інтернет-ресурс www.papcel.ru/paticka/paticka-znacky/gorostidi/, від 20.10.2018 р.

2. Інтернет-ресурс <http://voith.com/corp-en/papermaking/nipcoflex-t.html> від 20.10.2018 р.

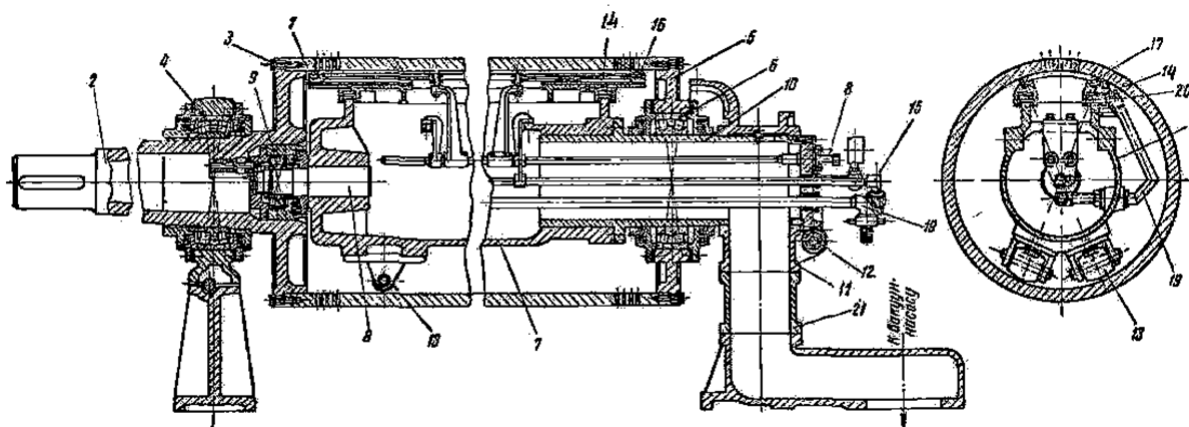
ЗАСТОСУВАННЯ ВІДСМОКТУВАЛЬНОГО ГАУЧ-ВАЛА ЯК СПОСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРЕСУ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Пресування паперово полотна зазвичай починається з мокрого преса. Для більш інтенсивного зневоднення полотна в якості першого або другого преса доцільно використовувати відсмоктувальний гауч-вал (рис. 1). Завдяки цьому значна кількість вологи видаляється з полотна ще на першій стадії пресування. Це призводить до зменшення кількості пресових валів та металоємності в цілому.



1 - циліндр, 2- подовження приводна цапфа, 3 – болти, 4,6,9 – підшипник кочення, 5 – лицева кришка, 7 – відсмоктувальна камера, 8,10 – хвостовик відсмоктувальної камери, 11 – станина, 12 – механізм повороту камери, 13 – ролики для викатування камери, 14 – шланг пневматичного прижиму, 15 – труба для подачі повітря, 16 – поперечне ущільнення камери, 17 – повздовжнє ущільнення камери, 18 – гвинт для переміщення поперечних ущільнень, 19 – труба для подачі води в сприск, 20 – спорск, 21 – підставка.

Рисунок 1. – Відсмоктувальний гауч-вал

Гауч-вал складається з перфорованого циліндра, що обертається. В середині нього знаходиться нерухома відсмоктувальна камера. Залежно від швидкості картоноробної машини камера складається з однієї або двох секцій (камер).

Після аналізу конструкції відсмоктувального валу для сучасної картоноробної машини встановлено такі конструкційні особливості:

- для картоноробних машин зі швидкістю понад 250 м/хв доцільно використовувати двокамерні гауч-вали;
- для зменшення шуму рекомендується отвори розташовувати не по утворюючим валу, а по спіралі. Оптимальний кут нахилу спіралі - кут, при якому шум від сусідніх по ходу валу отворів буде відставати на півперіоду і взаємно заглушуватись;
- загальна ширина відсмоктувальних камер до 400 мм, причому перша по ходу камера в 1,5-2 рази ширша другої;
- для меншої корозії доцільно відсмоктувальну камеру виготовляти з нержавіючої сталі;
- оптимальне розташування камери визначається в процесі експлуатації машини.

Літературний склад показав, що для інтенсифікації пресування та зменшення кількості пресів (або досягнення вищої кінцевої сухості) в якості другого преса доцільно використовувати прес з відсмоктувальним валом. Надані відповідні конструкційні особливості відсмоктувальної камери.

Перелік посилань:

1. Новиков Н.Е. Прессование бумажного полотна. М.: Лесная промышленность, 1972. - 240 с.

2. Відсмоктувальний гауч-прес. Режим доступу: <https://msd.com.ua/oborudovanie-cellyulozno-bumazhnogo-proizvodstva/otsasyvayushhij-gauch-val/>

СЕКЦІЯ 3

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

**МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНОГО КУКУРУДЗЯНОГО
КРОХМАЛЬНОГО КЛЕЮ В ПРОЦЕСІ ВИГОТОВЛЕННЯ
ПАПЕРУ ДЛЯ ГОФРУВАННЯ**

магістрант Букіна Я.І., доцент, к.т.н. Плосконос В.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою даної дослідницької роботи є розроблення математичних моделей для вивчення особливостей впливу модифікованих кукурудзяних крохмальних клеїв на комплекс фізико-механічних показників паперу для гофрування.

Вирішення такого класу задач має базуватися на проведенні серії експериментальних досліджень в лабораторних умовах та подальшого розроблення математичних моделей з метою визначення оптимальних умов виготовлення паперу для гофрування з використанням катіонних модифікованих крохмалів.

В табл.1 наведено фактори та діапазони їх значень. Враховуючи критерії максимальної інформативності та шумостійкості, а також особливості використання модифікованих кукурудзяних крохмальних клеїв [1], розроблено матрицю та виконано експериментальні дослідження (див. табл.2).

Таблиця 1 - Найменування факторів та діапазони їх значень

Діапазон варіювання факторів	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
	Градус млива, °ШР	Вид проклеювання	Ступінь заміщення клею	Витрата клею,%
Нижній	45	0	0,000	0,8
Верхній	70	1	0,053	1,8

В якості параметрів оптимізації вибрано такі показники:

- абс.опір продавлюванню, кПа, (Y₁);
- питомий опір розриванню в маш.напрямку, кН\м, (Y₂);
- опір торцевому стисненню, кН\м, (Y₃);
- поверхнева вбирність води, г, Кобб₃₀, (Y₄).

У відповідності з результати експериментальних досліджень, які наведено табл.2, розроблено математичні описи для дослідження впливу

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

ступеня заміщення крохмального клею на показники міцності зразків паперу для гофрування.

Таблиця 2 – Результати експериментальних досліджень

Ном ер дослі ду	Фактори					Параметри оптимізації			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅ [*]	Y ₁	Y ₃	Y ₄	Y ₅
1	67	0	0,0	0,0	105,9	352,7	5,33	10,10	156,6
2	77	0	0,0	0,0	120,8	405,2	7,53	22,20	163,0
3	77	1	0,0	1,8	127,9	495,4	8,20	23,23	163,9
4	42	1	0,0	1,35	127,0	314,4	5,40	15,33	177,2
5	42	1	0,042	1,0	117,2	297,7	3,93	13,69	182,4
6	67	1	0,053	1,0	142,5	397,8	8,13	15,49	181,5
7	42	1	0,053	1,6	123,2	309,5	4,20	15,26	197,9
8	67	1	0,053	1,8	125,6	467,0	5,93	21,27	159,0
9	77	1	0,035	1,8	141,4	564,6	9,73	52,67	151,6
10	49	1	0,042	1,8	139,0	500,3	6,00	29,01	163,5
11	57	1	0,035	1,35	118,1	398,3	6,53	15,57	183,1
12	65	1	0,042	1,6	133,4	385,5	4,93	15,41	167,4
13	44	0	0,0	0,0	119,0	282,0	4,40	10,96	243,5
14	57	1	0,035	1,6	129,1	432,1	6,73	14,79	182,9
15	49	1	0,0	1,8	116,2	344,3	5,00	18,88	141,4
16	57	0	0,0	0,0	110,6	284,0	2,80	11,11	169,7

* - фактор X₅ - маса, (г) 1 м² (врахування змінної маси відливка)

Якщо результати експериментальних досліджень являють собою інформаційний (цифровий) макет об'єкта, який ми досліджуємо, то математичні моделі (описи) – це закодована (стисла) інформація про вплив, який мають вхідні фактори на параметри оптимізації.

Математична модель, у відповідності із своїм призначенням, повинна з максимальним ступенем істинності відображати механізми процесів, що вивчаються.

а) математична модель за показником абсолютного опору продавлюванню, кПа.

Математична модель має такий вигляд:

$$\begin{aligned}
 1 = & - 3,04 + 3,50 \cdot 10^{-1} \cdot \sqrt{X_1} \cdot X_5 - 4,48 \cdot 10^1 \cdot \sin(X_1) \cdot \cos(X_5) + \\
 & + 3,41 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_3) \cdot X_4 + 3,90 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_1) \cdot X_2 + 4,56 \cdot 10^1 \cdot \sin^2(X_1) - \\
 & - 2,41 \cdot 10^1 \cdot \sin^2(X_5)
 \end{aligned}
 \quad (1)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 5,22 %.

б) математична модель за показником питомого опору розриванню в машинному напрямку, кН\м

Математична модель має такий вигляд:

$$1,05 + 5,55 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot \cos(X_3) \cdot X_5^2 + 8,71 \cdot 10^{-3} \cdot X_1^2 \cdot \cos(X_1) \cdot X_3$$

$$2 = - \quad 2)$$

$$- 2,03 \cdot 10^{-2} \cdot \cos(X_1) \cdot \cos(X_4) + 2,37 \cdot 10^{-2} \cdot \cos(X_1) \cdot \cos(X_4) \cdot \cos(X_5) - 9,41 \cdot 10^{-4} \cdot X_1 \cdot X_3 \cdot X_4 \cdot X_5 + 1,37 \cdot X_1 \cdot X_4 \cdot \cos(X_4)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 5,05 %.

в) математична модель за показником опору торцевому стисненню, кН/м

Математична модель має такий вигляд:

$$3 = 8,50 + 3,61 \cdot 10^{-1} \cdot X_1 \cdot \sin(X_1) \cdot \sin(X_2) \cdot \cos(X_4) + 8,08 \cdot 10^{-4} \cdot \sin^2(X_1) \cdot X_5^2 + 6,23 \cdot X_1 \cdot X_3 \cdot \cos^2(X_4) + 6,79 \cdot 10^{-4} \cdot X_1^2 \cdot \sin(X_1) \cdot \cos(X_3) + 1,28 \cdot 10^{-6} \cdot \cos(X_1) \cdot X_5^3 \quad 3)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,55 %.

г) математична модель за показником поверхневої вбирності води Кобб₃₀, г

Математична модель має такий вигляд:

$$4 = 160,47 + 4,30 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_1) \cdot \cos(X_2) \cdot \cos(X_5) + 4,17 \cdot 10^1 \cdot \cos^2(X_1) \cdot \cos^2(X_3) - 4,18 \cdot 10^{-1} \cdot \operatorname{tg}(X_3) \cdot \operatorname{tg}^2(X_4) \cdot \cos(X_5) - 1,99 \cdot 10^1 \cdot \cos(X_1) \cdot \operatorname{tg}(X_1) \cdot X_4 \cdot \cos(X_4) - 1,49 \cdot 10^1 \cdot \cos^3(X_1) \cdot X_2 \quad 4)$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,80 %.

Таким чином, аналіз розроблених математичних моделей дозволяє зробити висновок, що всі створені математичні моделі логічні і дають можливість моделювати ситуацію в тих точках факторного простору, де експеримент фізично не проводився, і отримувати цінну інформацію стосовно вкладу кожного із досліджуваних факторів на процес.

Перелік посилань:

1. Букіна Я.І., Плосконос В.Г. "Дослідження особливостей використання модифікованих кукурудзяних крохмальних клеїв для підвищення фізико-механічних показників паперу для гофрування" // Зб. тез доповідей ХУ міжнародної наук.-практ. конф. студ., аспірантів та молодих учених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання", К., 2018, 28-29 .11, с.133-134 .

2. Примаков С. П., Барбаш В. А. Технологія паперу і картону: навчальний посібник для ВУЗів. - Кит: ЕКМО. - 2008. - 425 с.

ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВО САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНОГО ПАПЕРУ

магістранти Лисенко Г.І., Рудзей Ф.П., к.т.н., доц. Трембус І.В.

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

Виробники санітарно-гігієнічного паперу (СГП) докладають значних зусиль для того, щоб забезпечити стабільні умови праці і високі показники якості кінцевої продукції. Показники якості СГП залежать, насамперед, від якості вихідної сировини (целюлози, макулатури) та технології виробництва, яка є досить складною. Важливу роль у формуванні якості паперу СГП відіграють методи облагородження вторинної сировини (знебарвлення та флотаційна очистка), які уможливають підвищення білості та гігієнічності паперу. До СГП пред'являють певні вимоги такі як: пухкість, м'якість, вбирність, пористість, при цьому маса 1 м^2 повинна бути низькою, а саме $10\text{-}40 \text{ г/м}^2$.

На підприємства целюлозно-паперової промисловості для виробництва СГП нині застосовують технологію TAD (Through Air Drying), але рентабельність машин, побудованих за цією технологією, падає, і такі підприємства втрачають прибуток. Тому технологія TAD відходить в минуле, а на її місце приходить високоякісна технологія виробництва санітарно-гігієнічного паперу зі значно меншим енерговживанням і витратою волокна – технологія Atmos [1].

Технологія Atmos, цілком відповідає своїй назві – «пара» із грецького і може стати новим проривом в процесі виготовлення санітарно-гігієнічного паперу. Ключовий елемент даної системи – відсмоктувальний вал, по якому проходить спеціально створена для цієї мети сітка під назвою Atmosmax, яка підтримує полотно паперу. Як і в технології TAD, дана сітка має рельєфну структуру, яка надає вологому полотну об'ємність. Але замість сушіння

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

гарячим повітрям полотно проходить по відсмоктувальному валу, в якому створюється зона розрідження близько 0,5 бара, що дозволяє видаляти воду з паперу. В процесі проходження по валу сітка з полотном супроводжується іще двома допоміжними елементами: під сіткою проходить зневоднювальне сукно AtmosFlex, яке підвищує відсмоктувальний ефект вакууму, а зверху – повітропроникна стрічка AtmosBelt, яка додатково віджимає воду з полотна. Для зниження в'язкості води в простір над відсмоктувальним валом подається гаряче і вологе відпрацьоване повітря з під ковпака янки-циліндра. Трьохвимірна структура сітки і м'яке пресування попереджує ущільнення паперу і втрату пухкості (рис.1).

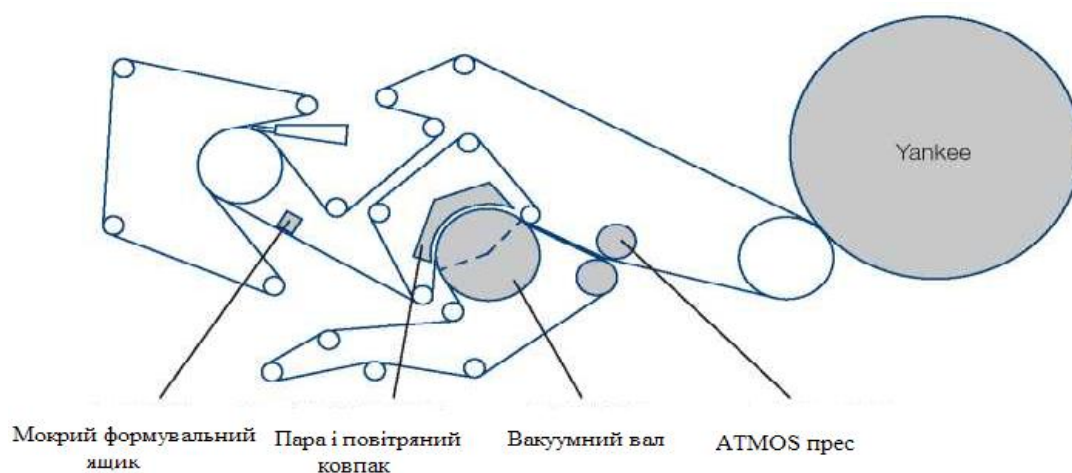


Рисунок 1 – Технологічна схема виготовлення санітарно-гігієнічного паперу за технологією Atmos

Санітарно-гігієнічний папір, отриманий за технологією Atmos, потребує на 20 % менше витрати волокна, а ніж папір, виготовлений на традиційних машинах, при більш високій вбирності і однаковій міцності.

Завдяки технології Atmos високоякісний санітарно-гігієнічний папір можна виготовляти за більш низьких енергозатрат.

Перелік посилень:

1. Сайт компанії «Фойт Пейпер» <http://voith.com>.

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗКОНТАКТНОГО СУШІННЯ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА

магістранти Личак Р.Г., Рудзей Ф.П., к.т.н., доц. Трембус І.В.

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

В силу постійного збільшення виробничих швидкостей і зростаючих вимог до якості та системи сушіння тому і концепції безконтактного сушіння паперу і крейдованого покриття все частіше підбираються індивідуально, залежно від їх призначення. Одночасно з цим необхідно забезпечувати ефективність використання енергії, безперебійне проведення полотна по сушильній частині папероробної машини.

У той час як розроблення інфрачервоних сушарок, які працюють на газі, направлені на використання нових матеріалів і спрощення їх технічного обслуговування та ремонту, діяльність багатьох компаній в області безконтактного сушіння орієнтована на поліпшення експлуатаційних параметрів і підвищення ефективності таких систем.

У багатьох випадках для сушіння крейдованого покриття підходить поєднання інфрачервоного сушіння, повітряного сушіння та використання сушильних циліндрів. Функція інфрачервоного сушіння полягає в тому, щоб максимально швидко нагріти полотно до високої температури і одночасно досягти випаровування якомога більшої кількості утримуючої в покритті води. В залежності від складу покриття, за великої частки інфрачервоного сушіння, в процесі сушіння покриття температура полотна може перевищити 100 °С. З цієї причини краще використовувати на цій ділянці повітряні сушарки серії СВ, оскільки вони забезпечують відносно високу швидкість сушіння за більш низьких температур полотна [1].

Завдяки різним типам сушарок серії СВ, можливе застосування сучасної системи повітряного сушіння, яка, крім рівномірної, безконтактної

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

передачі полотна характеризується високоефективною теплопередачею, а також максимальною термостійкістю. Однією з відмінних рис сушарок серії СВ є сопло СВ2 з отвором, яке дозволяє досягати найбільших швидкостей теплопередачі. Встановлення сопла СВ2 забезпечить не тільки максимальну теплопередачу, але і дозволить досягнути оптимальної несучої здатності. Крім того, воно дозволяє домогтися найменшої чутливості до температурної деформації.

Дослідження показали, що сопла з отворами мають явну перевагу над звичайними щілинними соплами. При тій же швидкості потоку повітря сопла з отворами дозволяють домогтися збільшення швидкості теплопередачі на 50 % щодо швидкості, що досягається за використання щілинних сопел. Більш того, сопло типу СВ2 забезпечує рівномірне перенесення тепла, тому що в порівнянні зі щілинними соплами тут неможливі термічні зміни в геометрії сопла. При використанні матеріалів з відносно низьким коефіцієнтом теплового розширення забезпечується підвищена теплостійкість сушіння [1].

Сушильні установки серії СВ є важливими елементами оптимізації робочих параметрів сушіння будь-якого покриття картону чи паперу в залежності від його застосування, особливо в поєднанні з іншими безконтактними (інфрачервоними) системами сушіння. Як правило, тільки правильне поєднання систем забезпечує бажаний рівень експлуатаційних параметрів і якості.

Перелік посилань:

1. Сайт компанії «Фойт Пейпер» <http://voith.com>.

ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОГО ВОЛОКНА ВІД ВІДХОДІВ УПАКОВКИ ВИРОБНИЦТВА ТЕТРА ПАК

магістри Ляшова Г.В., Ніколаєвська Т.В., к.т.н. доц. Трембус І.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Близько 160 тис. гектарів земельних угідь, які можна було б використати для сільськогосподарських потреб, передано під полігони для сміття. На величезній території зберігається близько 35 млрд. т. відходів [1]. Тільки нещодавно в Україні ввели систему роздільного збору відходів, яка допоможе вилучити з загального обсягу сміття такі побутові відходи, як упаковку виробництва Тетра Пак. На відміну від звичайної картонно-паперової макулатури, цей матеріал складається з різних компонентів - волокна, плівки та фольги, які необхідно відокремити одне від одного. Завдяки своїм асептичним властивостям упаковку використовують для фасування соків, вина та продуктів харчування. Її склад по волокну становить 75 % високоякісної целюлози та 25 % тонкого шару плівки та алюмінію (фольги).

На сьогодні на території України існує лише одне підприємство, якому вдається переробляти понад 5000 т на рік побутових відходів, а саме упаковки виробництва Тетра Пак – це ТОВ «Зміївська паперова фабрика». В подальшому з вилученого вторинного волокна на підприємстві виготовляють папір з високими механічними показниками якості. В лабораторії ТОВ «Зміївська паперова фабрика» було проведено дослідження з визначення впливу ступеня мливу на довжину волокна сульфатної вибіленої целюлози та відходів виробництва Тетра Пак (табл. 1).

Як свідчать результати досліджень (табл. 1), довжина волокна відходів упаковки виробництва Тетра Пак не в значній мірі відрізняється від довжини волокна сульфатної вибіленої целюлози, тому їх доцільно використовувати повторно.

Таблиця 1 – Показники довжини волокна різних волокнистих напівфабрикатів

Назва сировини	Ступінь млива, °ШР	Довжина волокна, мм
Целюлоза сульфатна вибілена	14 ± 2	1,6
Упаковка Тетра Пак	33 ± 2	1,2

Вторинна упаковка Тетра Пак надходить на виробництво в пресованих кіпах, які потім подаються в гідророзбивач для розволокнення і відділення волокна від плівки та алюмінію. Паперове волокно перекачується насосами на основне виробництво, а плівка промивається і подається в установку прес - віджиму води, після чого агломерується, в результаті отримують полімерну гранулу. Завдяки високому вмісту поліетилену, гранула використовується у виробництві різних виробів: тротуарних люків та плитки, ящиків. Завдяки переробці відходів упаковки виробництва Тетра Пак ТОВ «Зміївська паперова фабрика» не тільки допомагає переробити і зменшити кількість сміття на сміттєзвалищах, а і повторно використовує вторинне волокно для виготовлення паперу, що дозволяє заощадити первинні волокнисті напівфабрикати – целюлозу.

Керівниками ТОВ «Зміївська паперова фабрика» разом з представниками виробництва упаковки Тетра Пак було випущено у 2017 році пробну партію паперу, який отримав назву «ЕСО» (від слова екологічний, ecological), який завдяки своєму складу став широко використовуватись у виробництві зошитів, книжок, блокнотів та навіть дитячих книжок. Особливістю цього паперу є заощадження 30% вибіленої сульфатної целюлози від загального обсягу сировини, бо вона була замінена вторинним волокном. ТОВ «Зміївська паперова фабрика» дає друге життя сировинній складовій упаковки виробництва Тетра Пак, зменшуючи споживання целюлози на виробництві.

Перелік посилань:

1. Женихов Ю.Н., Иванов В.Н. Обращение с опасными отходами: Учеб. пос. – Тверь: ТГТУ, 2004. – 224 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НОВИХ ЕКОЛОГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

магістрантка Ніщименко А.Ю., доцент Овсянкіна В.О.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Умови сучасності вимагають розробки нових екологічних технологій та матеріалів, які б можливо було використовувати в різних галузях промисловості та народного господарства. Одним із таких перспективних напрямків є створення гібридних органо-неорганічних матеріалів, які в подальшому можуть бути використані для отримання протонпровідячих мембран водневих двигунів.

В даній роботі синтезовано зшиті ПОСС (поліедральні олігомерні силсесквіоксани)-вмістні ПУ (поліуретани). Методом диференційно-скануючої калориметрії (ДСК) досліджено теплофізичні властивості отриманих матеріалів. Встановлено, що на отриманих термограмах спостерігаються тільки скачки теплоємності, що відповідають процесам склування. Це підтверджує висновки досліджень методом ШКРРП(ширококутове розсіяння рентгенівських променів), що до аморфності зшитих гібридних ПУ на основі суміші олігосилсесквіоксанів. Визначено температури склування, T_g , для зшитих поліуретанів (табл. 1).

Таблиця 1 - Значення температури склування та долі неорганічної фази для зшитих ПОСС-вмістних ПУ

Зразок	T_g , К	Вміст неорганічної частини W, %
зшиті ПУ		
ПЕГ- SO ₃ K	276	-
ПЕГ- SO ₃ Li	262	-
ПЕГ- SO ₃ Na	266	-

З табл. 1 видно, що варіювання природи кінцевих груп гнучкого блоку в зшитих ПУ призводить до зміни величини температури склування на 14 К відповідно.

Таким чином було встановлено, що варіювання природи бічних груп ПОСС призводить до змін температури склування досліджуваних гібридних систем. Отже, вищі перераховані зміни призводять до змін характеру структурування в гібридних ПУ.

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ОЛІГОМЕРНИХ СИЛСЕСКВІОКСАНІВ.

доцент Овсянкiна В.О., магістрантка Ніщименко А.Ю.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Дослідження в напрямку створення наноструктурованих гібридних органо-неорганічних систем та нанокомпозитів одержали новий поштовх при появі поліедральних олігомерних силсесквіоксанів (ПОСС). Завдяки можливості прививати до поліедральних ядер силсесквіоксанів бічні групи різної природи можна регулювати ступінь спорідненості силсесквіоксанів з полімерною матрицею та проводити програмування структури та властивостей гібридних матеріалів на нанорівні. Це значно розширює діапазон використання даних матеріалів для створення сучасних екологічних технологій.

В даній роботі досліджено структуру зшитих ПОСС-вмістних ПУ, гнучкий блок яких містить ПЕГ методом рентгеноструктурного аналізу. Вперше встановлено, що ПУ на основі олігоетерів (ППГ, ПЕГ) та сумішей ПОСС незалежно від типу полімерної матриці та морфології формують повністю аморфну структуру, на відміну від аналогічних систем на основі октаедральних ПОСС. Причому утворенню кристалів з органічної фази заважає наявність суміші ПОСС, своєю присутністю олігосилсесквіоксани призводить до зменшення щільності полімерної матриці. В свою чергу неорганічна фаза теж не утворює кристали чи кристаліти, оскільки, в порівнянні з октаедральними олігосилсесквіоксанами, суміш ПОСС має набагато меншу здатність до кристалізації. Варіювання природи кінцевих груп гнучкого блоку в зшитих ПУ на основі суміші ПОСС практично не впливає на полідисперсність та характер просторового розподілу нанообластей, збагачених ПОСС фрагментами полімерних ланцюгів.

РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ОЛІГОМЕРНИХ СИЛСЕСКВІОКСАНІВ.

доцент Овсянкін В.О., магістрантка Ніщименко А.Ю.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Дослідження в напрямку створення наноструктурованих гібридних органо-неорганічних систем та нанокомпозитів одержали новий поштовх при появі поліедральних олігомерних силсесквіоксанів (ПОСС). Завдяки можливості прививати до поліедральних ядер силсесквіоксанів бічні групи різної природи можна регулювати ступінь спорідненості силсесквіоксанів з полімерною матрицею та проводити програмування структури та властивостей гібридних матеріалів на нанорівні. Це значно розширює діапазон використання даних матеріалів для створення сучасних екологічних технологій.

В даній роботі досліджено структуру зшитих ПОСС-вмістних ПУ, гнучкий блок яких містить ПЕГ методом рентгеноструктурного аналізу. Вперше встановлено, що ПУ на основі олігоетерів (ППГ, ПЕГ) та сумішей ПОСС незалежно від типу полімерної матриці та морфології формують повністю аморфну структуру, на відміну від аналогічних систем на основі октаедральних ПОСС. Причому утворенню кристалів з органічної фази заважає наявність суміші ПОСС, своєю присутністю олігосилсесквіоксани призводить до зменшення щільності полімерної матриці. В свою чергу неорганічна фаза теж не утворює кристали чи кристаліти, оскільки, в порівнянні з октаедральними олігосилсесквіоксанами, суміш ПОСС має набагато меншу здатність до кристалізації. Варіювання природи кінцевих груп гнучкого блоку в зшитих ПУ на основі суміші ПОСС практично не впливає на полідисперсність та характер просторового розподілу нанообластей, збагачених ПОСС фрагментами полімерних ланцюгів.

ВПЛИВ ДОЗИ КАЛЬЦИТУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ОЧИСТКИ ВІД ІОНІВ $Mn(II)$

магістрантка Головач К.В., доцент Овсянкіна В.О.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Вміст марганцю у водному середовищі обумовлюється мінералами вихідних порід. На території України знаходиться найбільший в світі Нікопольський марганцевий басейн, а отже великі запаси марганцевої руди обумовлюють присутність марганцю у більшій частині вод країни, тому є досить важливим пошук ефективних та недорогих методів для деманганзації води.

В роботі проводилися дослідження впливу дози кальциту на залишкову концентрацію іонів марганцю у розчині. Отримані результати показали, що зі зростанням дози кальциту відбувається зменшення залишкової концентрації іонів Mn . При початковому $pH = 3,3 - 3,76$ спостерігається зменшення концентрації за 5 днів експерименту з 2, 771 мг/дм³ до 2,08 мг/дм³. В пробі, без використання кальциту, за п'ять днів концентрація іонів Mn^{2+} зменшилася з 2, 771 мг/дм³ до 2,48 мг/дм³. Найменша концентрація іонів Mn зафіксована для маси кальциту 1,5 г. Це пояснюється тим, що ефективність осадження іонів марганцю значно зростає при $pH > 7$. Під час експерименту в даній пробі був зафіксований найвищий показник $pH = 7,12$, тобто було створене сприятливе середовище для видалення іонів марганцю. Даний ефект пов'язаний з тим, що кальцит видаляє розчинений марганець за рахунок прискорення процесу переведення його в нерозчинну форму, відбувається каталітичне окислення. Швидкість цього процесу різко залежить від рівня pH середовища, де відбувається реакція. Підвищення pH тільки на 1 (наприклад з 7 до 8 pH) збільшує швидкість реакції утворення гідроксиду в 1000 разів.

ТЕРМІЧНЕ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ШЛАМУ

магістранти Ніколаєвська Т.В., Ляшова Г.В., к.т.н., доц. Трембус І.В

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Відмінні риси сучасних рішень для підприємств паперової промисловості – інтегровані і екологічно безпечні технологічні процеси перероблення шламу з високим рівнем рентабельності. Новітня розробка в цій області – технологія «Контрольованого Термічного Перетворення» («Controlled Thermal Conversion» (СТС)). Це процес для переробки шламу, що утворюється при виробництві паперу на корисні мінеральні речовини та теплову енергію, що дозволяє максимально скоротити не тільки витрати на утилізацію відходів, але і енергоспоживання.

Сьогодні у світі в процесі переробки макулатури утворюється більше 25 міл. т. шламу [1]. Ця тенденція зростає, так як діапазон застосування вторинного волокна розширюється, в тому числі і у виробництві високоякісного паперу. Це призводить до посилення вимог до якості вторинного волокна, які можна виконати тільки за рахунок збільшення частки відходів в процесі підготовки маси, в результаті збільшується кількість шламу.

В основному шлам спалюють в котлах з метою одержання пари та електроенергії. Однак, у шламу дуже низька теплотворна здатність. Крім того, близько 25 % від кількості спалюваного шламу, становить зола, яка також потребує утилізації. В теперішній час, завдяки технології СТС, стало можливим переробляти шлам на мінеральні речовини і теплову енергію. Мінеральні речовини, вилучені зі шламу за технологією СТС, мають велику реакційну поверхню тому можуть використовуватися для застосування в якості зв'язувальних речовин в різних галузях промисловості. Крім того, технологія СТС дозволяє одержувати електроенергію і пару, які можна

Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
повторно використовувати для потреб підприємств. Тому кількість відходів, що вимагають утилізації, істотно скорочується.

В технології СТС спалювання в котлі з киплячим шаром відбувається в контрольованих умовах, чітко за заданої температури. У цьому процесі мінеральні речовини, що знаходяться у шламi, піддаються дегідратації. Каолін перетворюється в метакаолін, який характеризується більш високою реакційною здатністю. З карбонату кальцію видаляється частина карбонату, що відповідає процесу випалювання вапна або цементу (кальцинуванню).

Отримані таким чином мінеральні речовини володіють високою реакційною здатністю, а саме здатністю вступати в реакцію з водою і кальцієм з утворенням сполук твердої структури. Тому їх доцільно додавати в цемент, так як вони покращують сполучні і механічні характеристики звичайного цементу. Інші області застосування – процеси адсорбції в рідкому і газоподібному стані, наприклад, для зв'язування важких металів, де мінеральні речовини з великою реактивною поверхнею виступають в якості сорбентів [1]. Завдяки низькій температурі горіння шламу велика частина карбонату зберігається, тим самим скорочується об'єм викидів парникового газу. Навіть низької теплотворної здатності шламу досить, щоб вести процес СТС без додавання палива.

Не дивлячись на те, що інвестиційні витрати на установку СТС вище, ніж на звичайні установки для спалювання відходів, вона дуже швидко окупається за рахунок продажу мінеральних добрив. Технологія СТС – це ще один ключовий компонент Інтегрованої екофабрики, економічного і екологічно безпечного підприємства з виробництва паперу.

Перелік посилань.

1. Асоціація підприємств целюлозно-паперової галузі «УкрПапір»
<http://www.ukrpaper.org>.

2. Бикбулатов И.Х., Шарипов А.К. Хранилище реактор для избыточного активного ила, сырых остатков и шламов // Инженерная экология. 2000, №5, С. 47 – 52

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАПЕРОРОБНОЇ КРУГЛОСІТКОВОЇ
МАШИНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БАНКНОТНОГО ПАПЕРУ ІЗ
ШИРОКОЮ ЗАХИСНОЮ СТРІЧКОЮ «ВІКОННОГО» ТИПУ**

магістр Хмельков В. В., к.т.н., доц. Трембус І. В.

«Національний технічний університет України

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Виготовлення банкнотного паперу – складний технологічний процес, який передбачає використання сучасного обладнання, наявність передового досвіду та новітніх технологій. Головною метою даного процесу є забезпечення стабільності показників якості готової продукції – банкнотного паперу.

Сучасний банкнотний папір налічує в собі більше двадцяти елементів захисту. Частина із них вводиться в папір на етапі формування паперового полотна на папероробній машині. Одними із найпоширеніших у світі елементів захисту, які досить швидко і легко ідентифікуються населенням, являються широка полімерна захисна стрічка «віконного» типу та водяний знак. Для ефективного введення в паперове полотно захисної стрічки та формування водяного знаку необхідні наступні умови: розмелена паперова маса до ступення млива 60-65° ШР та ефективне зневоднення паперового полотна на початку формування.

Круглосіткові папероробні машини облаштовані гауч-валом звичайного типу. Після проходження гауч-валу паперове полотно за допомогою сітки знімається із формуючого циліндра і передається в пресову частину папероробної машини. На виході із зони гауч-валу полотно зневоднюється лише на 1-2 % та зазнає пружні навантаження. В цей момент ефект «вікна» стрічки та якість водяного знаку спотворюється. «Вікна» та локальні водяні знаки змінюють свої геометричні параметри, що є недопустимим для банкнотного паперу.

Для вирішення цієї проблеми шотландська компанія Woollard&Henry пропонує технологічне рішення – заміну гауч-валу звичайного типу на гауч-вал з відсмоктуючими камерами (рис. 1) [1].

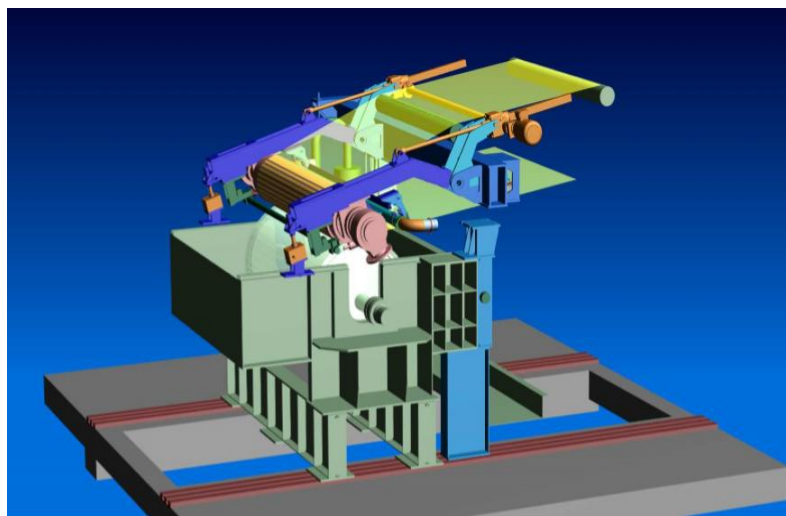


Рисунок 1 – Формуючий пристрій із гауч-валом компанії Woollard&Henry

Запропоноване рішення полягає в заміні контактної на безконтактний спосіб передачі паперового полотна з формуючого пристрою в пресову частину. Основною відмінністю нової конструкції є наявність зазору між валом та формуючою сіткою. Зневоднення паперового полотна у зоні формування проводиться безконтактним методом за допомогою вакуумного відсмоктування рідини. Внаслідок цього паперове полотно на виході із зони гауч-валу буде мати сухість на рівні 10-15 %.

У разі оснащення папероробної машини гауч-валом із відсмоктуючою камерою сітка уникне додаткових навантажень, завдяки чому подовжиться термін її експлуатації, паперове полотно під час формування збереже рельєф, якість водяного знаку та ефект «вікна» захисної стрічки покращиться. При цьому геометричні параметри вищезгаданих елементів захисту не зазнають змін. Також прогнозується збільшення терміну служби фосфористо-бронзової сітки формуючого циліндра та зменшення рівня шуму в зоні формування паперового полотна.

Перелік посилань:

1. Компанія Woollard&Henry – <http://www.woollardandhenry.com>

НОВІ ДЖЕРЕЛА СИРОВИНИ

магістрант Татарова К. О., доц., к.т.н. Черьопкіна Р.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського

Пошук альтернативних джерел сировини для отримання волокнистих напівфабрикатів безперечно пов'язаний з дефіцитом деревини, а також з наявністю недеревних запасів. Потенційно будь-які види рослин у своєму складі містять в більшій або меншій кількості холоцелюлозу, яка складається з целюлози та геміцелюлоз, що є основою паперотворних властивостей паперу і картону. Співвідношення між цими компонентами залежить від виду сировини, умов вирощування, морфологічних особливостей та ін.. Відомо, що більшість однорічних рослин процес «здерев'яніння» проходять приблизно за 9-10 міс. в результаті чого отримується сировина, яка за хімічним складом схожа до листяної деревини [1]. До переваг однорічних треба віднести короткий термін відновлення, великі щорічні запаси маси, особливості будови, що полегшує їх використання щодо переробки на волокнисті напівфабрикати та ін..

В кожному конкретному випадку вибір виду сировини та способу його переробки повинен бути обумовлений особливостями морфологічної будови та хімічного складу, вимогами до волокнистого напівфабрикату.

Після очищення качанів кукурудзи отримують листя, що нині не має цільового призначення, тому нами було прийнято рішення щодо перероблення його на волокнисті напівфабрикати.

Мета роботи полягає у дослідженні паперотворних властивостей напівфабрикатів, отриманих із листя качанів кукурудзи.

Результати. Про доцільність хімічного перероблення листя кукурудзи можна судити за його хімічним складом, який було проведено в лабораторних умовах. Вміст целюлози визначали азотнокислим способом – 36%, вміст пентозанів – бромід-броматним способом – біля 27%, вміст СЖВ – спирто-бензольною сумішшю – 1,8%, вміст лігніну – визначення масової частки лігніну у волокнистих напівфабрикатах та сировині з однорічних рослин – 14%, вміст золи – спалюванням та прокалюванням сировини – 2,5-3,0% за стандартними методиками [2].

Виходячи із отриманих даних видно, що загальна кількість вуглеводів знаходиться на рівні листяних порід деревини та може успішно перероблятися на напівфабрикати. Оскільки недеревна сировина містить підвищений вміст золи, тому лужна обробка є найбільш прийнятною. Лужне середовище спонукає до розчинення мінеральної складової сировини, а також досягається вищих показників міцності. Обробку проводили натронно-содовим розчином за рН12,0, за витрат акт. лугу 10% в од. Na₂O з просочуванням впродовж 15 хв від 80°C до 100°C та подальшим варінням за температури 100°C 15 хв. та 30 хв.

За наведеного режиму варіння отримано напівфабрикати у вигляді напівцелюлози з виходом 68-72%. Прослідковується позитивний вплив просочування січки, що призводить до рівномірності проварювання маси. Отримані напівфабрикати піддавали розмелюванню в ЦРА. Необхідно зауважити, що розмелювання маси відбувалося не рівномірно, тобто в наявності були згустки, не достатньо фібрильовані волокна поряд із сильно укороченими волокнами. Частково таку закономірність можна пояснити будовою волокна, а саме будовою його клітинної стінки, де фібрили розташовані під кутом до їх осі, що утруднює розщеплення. З іншої сторони є припущення, щодо недостатньої дії на первинну стінку клітин волокна [3].

Висновок. Показано доцільність використання листя качана кукурудзи для отримання напівфабрикатів. Питанню розмелювання напівфабрикатів необхідно приділити додаткову увагу у наступних дослідженнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технология целлюлозно-бумажного производства: в 3-х томах. Т.1. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч. 2. Производство полуфабрикатов. – Санкт-Петербург: Политехника, 2003. – 633 с.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт та контрольних завдань з дисципліни «Технологія целюлози» / Примаков С. П., Антоненко Л. П., Барбаш В. А., Дейкун І. М., Черьопкіна Р. І. – К.: КПІ, 2003. – 72 с.
3. Фляте Д. М. Свойства бумаги. Изд. 2-е испр. и доп. – Лесная промышленность, 1976. – 648 с.

СЕКЦІЯ 4

«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА ТА ДЕТАЛІ МАШИН»

ДВІ ОСНОВНІ ЗАДАЧІ В ТЕОРІЇ ПОТЕНЦІАЛЬНОГО СИЛОВОГО ПОЛЯ

студент Ковальов Р.В., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Існують дві основні задачі, що виникають в теорії потенціального силового поля. Перша з цих задач, що полягає у визначенні силової функції за заданою силою, яка діє на матеріальну точку, вирішується шляхом інтегрування елементарної роботи сили в потенціальному силовому полі:

$$U = \int d'A + C. \quad (1)$$

Щоб розв'язати другу задачу — визначити силу за відомою силовою функцією, скористаємося співвідношенням (1), Виразимо елементарну роботу у вигляді:

$$d'A = \bar{F} \cdot d\bar{r} = F_x dx + F_y dy + F_z dz.$$

Подамо повний диференціал силової функції трьох змінних $U(x, y, z)$ у розгорнутому вигляді:

$$dU(x, y, z) = \frac{\partial U}{\partial x} dx + \frac{\partial U}{\partial y} dy + \frac{\partial U}{\partial z} dz.$$

З урахуванням того, що $d'A = dU$, отримаємо:

$$F_x dx + F_y dy + F_z dz = \frac{\partial U}{\partial x} dx + \frac{\partial U}{\partial y} dy + \frac{\partial U}{\partial z} dz.$$

В остаточному вигляді запишемо:

$$\begin{aligned} & \left(F_x - \frac{\partial U}{\partial x}\right) dx + \left(F_y - \frac{\partial U}{\partial y}\right) dy + \left(F_z - \frac{\partial U}{\partial z}\right) dz \\ & = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

З урахуванням того, що диференціали dx, dy, dz вільні та лінійно незалежні, а отже в рівності (2) коефіцієнти при диференціалах повинні дорівнювати нулю, отримаємо:

$$F_x = \frac{\partial U}{\partial x}; \quad F_y = \frac{\partial U}{\partial y}; \quad F_z = \frac{\partial U}{\partial z}. \quad (3)$$

Отже, проекції сили дорівнюють частинним похідним від силової функції за відповідними координатами.

Так, як:

$$\bar{F} = \bar{i} \frac{\partial U}{\partial x} + \bar{j} \frac{\partial U}{\partial y} + \bar{k} \frac{\partial U}{\partial z}, \text{ то}$$

$$\bar{F} = \overline{grad}U = \nabla U.$$

Для випадку, коли в потенціальному силовому полі рухається система із n матеріальних точок, то матимемо:

$$F_{x_i} = \frac{\partial U}{\partial x_i}; \quad F_{y_i} = \frac{\partial U}{\partial y_i}; \quad F_{z_i} = \frac{\partial U}{\partial z_i}, \text{ бо}$$

$$\bar{F}_i = \overline{grad}_i U = \nabla_i U, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Користуючись властивістю других змішаних частинних похідних від силової функції $U(x, y, z)$ за змінними x, y, z дістанемо:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial x}; \quad \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} = \frac{\partial^2 U}{\partial z \partial x}; \quad \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} = \frac{\partial^2 U}{\partial z \partial y}.$$

З урахуванням виразу (3), отримаємо:

$$\frac{\partial F_x}{\partial y} = \frac{\partial F_y}{\partial x}; \quad \frac{\partial F_x}{\partial z} = \frac{\partial F_z}{\partial x}; \quad \frac{\partial F_y}{\partial z} = \frac{\partial F_z}{\partial y}. \quad (4)$$

Рівність (4) є необхідними і достатніми аналітичними умовами існування силової функції $U(x, y, z)$.

ВПЛИВ ВИДУ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ДЕФОРМАЦІЙ ПОВЗУЧОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ХІМІЧНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ.

к.т.н., доцент Т.М. Можаровська

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Підвищення довговічності елементів конструкцій сучасного обладнання хімічної галузі можливо досягнути внаслідок удосконалення методів їх розрахунку з урахуванням впливу широкого спектру факторів, які виникають в результаті реальних умов їх експлуатації.

В даній доповіді будуть розглянуті закономірності пластичного деформування сталі 08X18H9 ($T = 600^{\circ}\text{C}$) в умовах повзучості при довготривалому статичному навантаженні та складному напруженому стані.

Співвідношення між інтенсивністю деформацій повзучості ε_{ic} і інтенсивністю напружень σ_i можна прийняти у вигляді [1,2]:

$$\varepsilon_{ic} = \left[\frac{Lt}{\beta} \right]^{\beta} \exp \left[\frac{\beta \sigma_i}{D} \right], \quad (1)$$

де L, β, D – постійні матеріалу при заданій температурі випробувань.

Експериментальні дослідження різних конструкційних матеріалів [3, 4, 5, 6 та ін.] свідчать про відсутність кривої повзучості інваріантної до виду напруженого стану.

Тому, були проведені дослідження повзучості розглядаємої сталі згідно розробленої програми [7] в координатах А.А. Ільюшина [8], де вид напруженого стану характеризувався кутом φ :

$$\varphi = \arctg \frac{\sqrt{3} \tau_{z\theta}}{\sigma_{zz}}$$

Отримані криві повзучості задовільно описуються рівнянням:

$$\varepsilon_{ic}(\sigma_i, \varphi, t) = \left[\frac{L(\varphi)t}{\beta(\varphi)} \right]^{\beta(\varphi)} \exp \left[\frac{\beta(\varphi)\sigma_i}{D(\varphi)} \right], \quad (2)$$

де $L(\varphi), D(\varphi)$, - параметри матеріалу, які залежать від виду напруженого стану [2, 9], а $\beta(\varphi)$ виявився величиною постійною ($\beta = 0,24$).

Таким чином, при розрахунках конструкційних матеріалів, які працюють в умовах повзучості при довготривалому статичному навантаженні і складному напруженому стані, рівняння (2) дозволить удосконалити методи розрахунку конструкційних матеріалів з точки зору їх довговічності та несучої здатності.

Література:

1. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М. : Машиностроение, 1975. – 387с.
2. Работнов Ю. Н. Ползучесть элементов конструкций. –М. : Наука, 1966. -752с.
3. Горев Г. В., Рубанов В. В, Соснин О. В. О построении уравнений ползучести для материалов с различными свойствами на растяжении и сжатие.-Прикл. матем. и техн. физика.- 1979.-№4. – С. 121-128.
4. Ермаков В.П., Рабинович А. И. Ползучесть теплопрочного алюминиевого сплава при сложном напряженном состоянии.- Прикл. механика. и техн. физика.-1971. -№2. –С.83-86.
5. Можаровский Н. С., Антипов Е. А., Бобырь Н, И., Ползучесть и долговечность материалов при программном нагружении.- Киев: Изд-во Вища школа, 1982. - 130с.
6. Наместников В. С. О ползучести при сложном напряженном состоянии. – В кн: Ползучесть и длительная прочность. Новосибирск, изд-во СО АН СССР, 1963,- С. 100-109.
7. Можаровская Т. Н. Программа и методика исследования ползучести и длительной прочности материалов с учетом вида девиатора напряжений и истории нагружения. – Пробл.прочности. -1984. -№11.-С. 83-98.
8. Ильюшин А. А. Пластичность. –М.: Изд-во АН СССР, 1963.-272 с.
9. Зельдович Я. Б., Мышкис А. Д. Элементы прикладной математики.-М.: Наука, 1972.-592с.

ТРИБОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛІ 12X18H10T ПІСЛЯ ЇЇ ІОННОАЗОТУЮЧОЇ ОБРОБКИ

к.т.н., доц. О. В. Радько¹, к.т.н., доц. А. К. Скуратовський²,
к.т.н., с.н.с. А. В. Рутковський³

¹Національний авіаційний університет

²Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

³Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України

Значного підвищення довговічності сучасних машин хімічної і нафтопереробної галузей можливо досягнути внаслідок застосування нових методів інженерії поверхні. Нами проведені дослідження триботехнічних характеристик високолегованої антикорозійної сталі 12X18H10T після її обробки за допомогою імпульсного термоциклічного іонного азотування (ТЦ ІА). Параметри технологічного процесу ТЦ ІА: температура - 400...480°C; тиск реакційної суміші у вакуумній камері — 110...150 Па; тривалість обробки — 3...5 год.; склад реакційної суміші – 70% Ar + 30% N₂. Триботехнічні характеристики зміцнених поверхневих шарів визначалися на машині тертя [1]. Дослідження проводилися в таких умовах: мастильне середовище – мастило ЦИАТИМ-201; питоме навантаження – 5...20 МПа; швидкість ковзання - 0,4; 1,3 м/с. Аналіз результатів проведених досліджень показав, що інтенсивність зношування та коефіцієнт тертя зразків зі сталі 12X18H10T, зміцнених імпульсним ТЦ ІА, порівняно з обробленими за традиційною технологією зменшилися у 1,4...1,7 та у 1,5...1,9 разу відповідно. З урахуванням отриманих результатів можна зробити висновок про перспективність та доцільність використання імпульсного ТЦ ІА для зміцнення конструкційних елементів зі сталі 12X18H10T, яка широко застосовується у хімічній та нафтопереробній галузях, що призведе до збільшення їх термінів служби й ресурсу, а також зменшення витрат на ремонт.

Перелік посилань:

1. Машина тертя: Пат. України №24695 оп. 10.07.2007, бюл. № 10.

ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЇ РАУСА ПРИ ВЕВЧЕННІ СФЕРИЧНОГО РУХУ ТВЕРДОГО ТІЛА

студент Сацердотов О.О., доцент, к.т.н. Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Дослідимо питання про побудову і застосування функції Рауса в окремих випадках руху твердого тіла. Складемо функцію Рауса при русі твердого тіла навколо нерухомої точки у випадку Лагранжа, виключивши з R циклічну координату φ (φ — кут власного обертання). На підставі виразу для функції L у випадку руху твердого тіла навколо закріпленої точки, розглянутому Лагранжем, а саме:

$$L = \frac{I_{\xi}}{2} (\dot{\theta}^2 + \dot{\psi}^2 \sin^2 \theta) + \frac{1}{2} I_{\zeta} (\dot{\varphi} + \dot{\psi} \cos \theta)^2 - mg\zeta_o \cos \theta,$$

та рівностей, які називають узагальненими імпульсами:

$$p_{\sigma} = \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} = \frac{\partial L}{\partial v^{\sigma}},$$

знаходимо:

$$p_{\varphi} = \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} = I_{\zeta} (\dot{\varphi} + \dot{\psi} \cos \theta). \quad (1)$$

З (1) отримуємо:

$$\dot{\varphi} = \frac{p_{\varphi}}{I_{\zeta}} - \dot{\psi} \cos \theta. \quad (2)$$

Тепер будемо функцію Рауса у формі:

$$R = \dot{\varphi} p_{\varphi} - L = \frac{p_{\varphi}^2}{2I_{\zeta}} - p_{\varphi} \dot{\psi} \cos \theta - \frac{I_{\xi}}{2} (\dot{\theta} + \dot{\psi}^2 \sin^2 \theta) + mg\zeta_c \cos \theta. \quad (3)$$

Так як перший член у (3) — стала, то ним можна знехтувати.

РІВНЯННЯ ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ ТІЛА ЗМІННОЇ МАСИ

студент Хоменко М. В., к.т.н., доцент Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Дослідимо рівняння поступального руху тіла змінної маси.

Тіло змінної маси – це механічна система, маса якої неперервно змінюється внаслідок змінення складу системи через приєднання до неї або відокремлення від неї матеріальних частинок. У найпростішому випадку тіло, що рухається поступально, замінюють матеріальною точку змінної маси.

І.В. Мещерський (1859-1935) в дослідженнях взяв за основу гіпотезу близькодії частинок, що відокремлюються. При цьому він припустив, що під час відокремлення частинки від тіла за дуже малий проміжок часу відбувається удар, при якому частинка набуває відносну швидкість і припиняє подальшу взаємодію з тілом. Використавши ці припущення й було виведено основне рівняння динаміки тіла змінної маси.

Для того щоб отримати і дослідити рівняння поступального руху тіла змінної маси (рівняння Мещерського), потрібно застосувати закон незалежності дії сил і теорему про зміну кількості руху системи. Так як під час руху тіла змінної маси діє сила \vec{F} , прикладена до тіла, і сили, зумовлені відокремленням або приєднанням нових частинок. А також повинна виконуватись умова, що швидкість частинок не дорівнює швидкості тіла, щоб змінилась кількість руху.

Отже, нехай у момент часу t маса тіла M дорівнює m і його абсолютна швидкість \vec{v} , і до цього ж тіла приєднується частинка масою dm з абсолютною швидкістю \vec{u} . Через проміжок часу dt , коли частинка масою dm приєднається до тіла M , їх спільна швидкість (за відсутності зовнішніх сил) буде $\vec{v} + d\vec{v}$.

Розрахувавши кількість руху тіла до приєднання частинки:

$\vec{Q} = m\vec{v} + \vec{u}dm$ і після:

$$\vec{Q}_1 = (m + dm)(\vec{v} + d\vec{v}) = m\vec{v} + \vec{v}dm + md\vec{v} + dmd\vec{v},$$

елементарний приріст кількості руху тіла:

$$\begin{aligned} d\vec{Q} &= \vec{Q}_1 - \vec{Q} = m\vec{v} + \vec{v}dm + md\vec{v} + dmd\vec{v} - m\vec{v} - \vec{u}dm \\ &= md\vec{v} + dmd\vec{v} - (\vec{u} - \vec{v})dm. \end{aligned}$$

З теореми імпульсів $d\vec{Q} = \vec{F}dt$, розділивши вираз на dt , отримаємо:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} + \frac{dm}{dt} \vec{v}_r, \quad \text{де } \vec{u} - \vec{v} = \vec{v}_r \quad - \quad \text{відносна швидкість}$$

приєднувальної до тіла частинки, а вектор $\frac{dm}{dt} \vec{v}_r = \vec{\Phi}$ – реактивна сила. Тоді остаточно запишемо:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} + \vec{\Phi}. \quad (1)$$

Реактивна сила $\vec{\Phi}$ пропорційна зміненню маси тіла за одиницю часу і відносній швидкості частинок, що відокремлюються (або приєднуються).

Зазначимо, що навіть при відсутності зовнішніх сил ($\vec{F} = 0$), тіло змінної маси може рухатися з прискоренням, а рівняння (1) набуде вигляду:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{\Phi}.$$

Рівняння (1) є основним законом руху тіла змінної маси: *під час руху тіла зміненої маси у будь-який момент часу добуток маси цього тіла на його прискорення дорівнює геометричній сумі зовнішньої сили \vec{F} і реактивної сили $\vec{\Phi}$, що діють на тіло.*

У більшості випадків приймаємо гіпотезу К.Е. Ціолковського про те, що відносна швидкість \vec{v}_r частинок, що відокремлюються, постійна за величиною, направлена по дотичній до траєкторії руху тіла змінної маси в бік, протилежний швидкості \vec{v} руху тіла. Тоді з урахуванням цього рівняння (1) набуде вигляду:

$$m(t) \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} + \vec{\tau} v_r \frac{dm}{dt}. \quad (2)$$

Якщо абсолютна швидкість частинок, що відокремлюються (приєднуються), дорівнює нулю ($\vec{u} = 0$), рівняння Мещерського збігається з формою запису другого закону Ньютона $m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} - \frac{dm}{dt} \vec{v}$ або $\frac{d(m\vec{v})}{dt} = \vec{F}$. А коли відносна швидкість \vec{v}_r частинок, що відокремлюються, дорівнює нулю, то реактивна сила $\vec{\Phi}$ дорівнює нулю і рівняння (2) набуде вигляду основного рівняння руху матеріальної точки постійної маси $m\vec{w} = \vec{F}$.

ОКРЕМИЙ ВИПАДОК ВИЗНАЧЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО ІНТЕГРАЛА ЕНЕРГІЇ

студент Ясеньчук В. В., к.т.н., доцент Штефан Н. І.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут" імені Ігоря Сікорського

В своєму дослідженні припустимо, що система рухається у консервативному полі, а в'язі, накладені на точки системи, нестационарні. Нехай також частинна похідна від функції Лагранжа L по часу t дорівнює нулю, тобто функція L явно від часу t не залежить. Звичайно це буває у випадках стаціонарних в'язей та стаціонарного силового поля. Розглянемо окремий випадок, коли при нестационарних в'язях функція L явно не залежить від часу, і тому:

$$\frac{\partial L}{\partial t} = 0.$$

Отже, якщо взяти до уваги всі припущення, про які вище йшла мова, то з рівності

$$d\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}^\sigma} \dot{x}^\sigma - L\right) = X'_\sigma dx^\sigma - \frac{\partial L}{\partial t} dt$$

впливає:

$$d\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}^\sigma} \dot{x}^\sigma - L\right) = dH^* = 0 \quad (1)$$

або

$$\frac{\partial L}{\partial \dot{x}^\sigma} \dot{x}^\sigma - L = H^* = \text{const} = h \quad (2)$$

Останнє співвідношення називається узагальненим інтегралом енергії.

Оскільки в загальному випадку в лівій частині рівності (2) не стоїть повна механічна енергія, то термін "Узагальнений інтеграл енергії" треба розуміти лише умовно.

У випадку стаціонарних в'язей узагальнений інтеграл енергії перетворюється у звичайний інтеграл енергії:

$$T + \Pi = h,$$

де h визначається з початкових умов.

СЕКЦІЯ 1

5

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

ГІДРОДИНАМІКА НЕОДНОРІДНОГО ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ВИСОТАХ ШАРУ ЗЕРНИСТОГО МАТЕРІАЛУ	
Денисенко В.Р., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С.	6
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЛОВЛЮВАННЯ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК З УТВОРЕННЯМ ПЛІВКИ	
Новодворський В.В., Кичак Р. В., Степанюк А.Р.	8
ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛАСТИЧНОЇ СІТКИ В КАМЕРІ ГРАНУЛЯТОРА НА ІНЕРЦІЙНЕ ВИНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК ПРИ НЕОДНОРІДНОМУ ПСЕВДОЗРІДЖЕННІ	
Шевченко Я.М., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Денисенко В.Р.	10
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КАЛЬЦИНАЦІЇ ДРІБНОДИСПЕРСНОГО ВАПНЯКУ В ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ ІНЕРТНОГО ЗЕРНИСТОГО МАТЕРІАЛУ.	
Жайворонок В.А., Роман С.М., Собченко Г.О.	12
ДЕРИВАТОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ФОРМ ЗВ'ЯЗКУ ВОДИ В ЯБЛУКАХ	
Гусарова О.В., Михайлик В.А.	14
ВИКОРИСТАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ЕФЕКТІВ В АПАРТАХ, ЩО РЕАЛІЗУЮТЬ МЕХАНІЗМИ ДІВЕ	
Коник А.В., Радченко Н.Л., Целень Б.Я., Недбайло А.Є.	17
ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕМПЛОМАСОПЕРЕНОСУ В КОЛОЇДНИХ КАПЛЯРНО – ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛАХ	
Петрова Ж.О., Слободянюк К.С.	19
НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНЕ СУШІННЯ КОЛОЇДНИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ	
Малащук Н.С., Снежкін Ю.Ф.	21
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	
Іваницький Г.К., Коник А.В.	23
СТАН ПРОБЛЕМИ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ В АТМОСФЕРУ ВІД ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК	
Коник А.В., Целень Б.Я., Демченко В.В., Радченко Н.Л.	25
СПОСІБ БЕЗРЕАГЕНТНОЇ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ КОНДЕНСАТУ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	
Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Коник А.В., Недбайло А.Є., Радченко Н.Л.	27

СИСТЕМИ ВЛОВЛЮВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ВИКИДІВ ПРИ ГРАНУЛЯЦІЇ	
Новодворський В.В., Кичак Р.В., Степанюк А.Р.	29
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА БІОПОЛІМЕРІВ	
Бишко М.А., Семінський О.О.	31
ВИРОБНИЦТВО КАРБОНАТУ КАЛІЮ КАРБОНІЗАЦІЄЮ РОЗЧИНУ ГІДРОКСИДУ КАЛІЮ	
Валько М.П., Гулієнко С. В.	35
МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ	
Волошин І.Л., Степанюк А.Р.	37
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕПООБМІНУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГРАНУЛЬОВАНИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ	
Гоцький Я.Г., Степанюк А.Р.	39
МОДЕРНІЗАЦІЯ ВІДСТІЙНОЇ ЦЕНТРИФУГИ	
Гришин О.Ю., Двойнос Я.Г.	41
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЛЕГУЮЧИХ ПОЛІМЕРНИХ ДОБАВОК З РОЗРОБКОЮ ЕКСТРУДЕРА	
Ковба А.М., Швед М.П.	43
НАСАДКА МАСООБМІННОГО АПАРАТУ	
Король А. Ю., Двойнос Я. Г.	45
МЕТОДИ ПІНОГАСІННЯ ТА ЗАПОБІГАННЯ ПІНОУТВОРЕННЮ	
Косенко В.В., Семінський О.О.	47
МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТУ З МІШАЛКОЮ	
Крестошина О.П., ст. викладач Двойнос Я.Г.	49
ЕКСПЕРИМЕНТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОНЦЕНТРУВАННЯ КАРБАМІДУ ЗВОРОТНІМ ОСМОСОМ	
Кушнірук В.М., Гулієнко С.В.	51
МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ДЛЯ СУШІННЯ КОКСУ	
Нурадінов І.А., Степанюк А.Р.	53
ТАРІЛКА МАСООБМІННОГО АПАРАТА	
Орел О.Ю., Андреев І.А.	55
МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ВИРОБНИЦТВА МАСТИЛА	
Пінчук А.Є., Степанюк А.Р.	57
МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ГЛІЦЕРИНУ ХЛОРИМ МЕТОДОМ	
Пінчук В.В., Двойнос Я.Г.	59
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ КАЛІБРАТОРА	
Подиман Г.С., Двойнос Я.Г.	61

МОДЕРНІЗАЦІЯ ГІБРИДНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗНЕСОЛЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДЕСТИЛЯЦІЇ ТА ЗВОРОТНЬОГО ОСМОСУ	
Процюк О.О., Гулієнко С. В.	63
ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕХІДНИХ ДІЛЯНОК МОСТОВИХ СПОРУД	
Рубльов А.В.	65
МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ ВИСОКОВ'ЯЗКИХ РОЗПЛАВІВ В ЕКСТРУЗІЙНІЙ ГОЛОВЦІ З КІЛЬЦЕВИМ ПОПЕРЕЧНИМ ПЕРЕРІЗОМ.	
Іваницький Г.К., Радченко Н.Л., Процюк О.О.	67
УСТАНОВКА ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ФЕРМЕНТЕРА	
Тертус О.Г., Степанюк А.Р.	69
МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТУ З МІШАЛКОЮ	
Тищенко К. В., Двойнос Я.Г.	71
МОДЕРНІЗАЦІЯ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ДЛЯ СУШІННЯ МОРСЬКОЇ СОЛІ	
Ткачук М.В., Степанюк А.Р.	73
КОНТАКТНА ТАРІЛКА МАСООБМІННОГО АПАРАТА	
Чайківський К. В., Андреев І. А.	75
КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЦЕОЛІТУ	
Маргарян А.А., Марчевський В.М.	77
СЕКЦІЯ 2	
«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»	79
МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРЬОХВАЛЬНОГО ПРЕСУ КАРТОНОРІВНОЇ МАШИНИ	
Котенко Д.В., Марчевський В.М.	80
ВИБІР МАСОНАПУСКНОГО ПРИСТРОЮ КАРТОНОРІВНОЇ МАШИНИ	
Матохнюк М.Б., Новохат О.А.	82
МОДЕРНІЗАЦІЯ СУШИЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРІВНОЇ МАШИНИ	
Нечипоренко Р.А., Марчевський В.М.	84
МОДЕРНІЗАЦІЯ МАШИННОГО КАЛАНДРА	
Сапіга Є.А., Марчевський В.М.	86
МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИЛІНДРУ	
Холод І.І., Гробовенко Я.В.	88
РОЗВИТОК КОНСТРУКЦІЙ ПРЕСІВ ПАПЕРО- ТА КАРТОНОРІВНИХ МАШИН	
Чусовлянкін О.С., Семінський О.О.	90

ЗАСТОСУВАННЯ ВІДСМОКТУВАЛЬНОГО ГАУЧ-ВАЛА ЯК СПОСІБ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПРЕСУ Яновський Д.І., Новохат О.А.	92
СЕКЦІЯ 3	
«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»	94
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНОГО КУКУРУДЗЯНОГО КРОХМАЛЬНОГО КЛЕЮ В ПРОЦЕСІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАПЕРУ ДЛЯ ГОФРУВАННЯ Букіна Я.І., Плосконос В.Г.	95
ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВО САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНОГО ПАПЕРУ Лисенко Г.І., Рудзей Ф.П., Трембус І.В.	98
ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ БЕЗКОНТАКТНОГО СУШІННЯ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА Личак Р.Г., Рудзей Ф.П., Трембус І.В.	100
ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОГО ВОЛОКНА ВІД ВІДХОДІВ УПАКОВКИ ВИРОБНИЦТВА ТЕТРА ПАК Ляшова Г.В., Ніколаєвська Т.В., Трембус І.В.	102
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НОВИХ ЕКОЛОГІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ Ніщименко А.Ю., Овсянкін В.О.	104
РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ОЛІГОМЕРНИХ СІЛСЕСКВІОКСАНІВ. Овсянкін В.О., Ніщименко А.Ю.	105
РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ОЛІГОМЕРНИХ СІЛСЕСКВІОКСАНІВ. Овсянкін В.О., Ніщименко А.Ю.	106
ВПЛИВ ДОЗИ КАЛЬЦИТУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОЧИСТКИ ВІД ІОНІВ MN(II) Головач К.В., Овсянкін В.О.	107
ТЕРМІЧНЕ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ШЛАМУ Ніколаєвська Т.В., Ляшова Г.В., Трембус І.В.	108
МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАПЕРОВОРОБНОЇ КРУГЛОСІТКОВОЇ МАШИНИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БАНКНОТНОГО ПАПЕРУ ІЗ ШИРОКОЮ ЗАХИСНОЮ СТРІЧКОЮ «ВІКОННОГО» ТИПУ Хмельков В. В., Трембус І. В.	110
НОВІ ДЖЕРЕЛА СИРОВИНИ Татарова К. О., Черьопкіна Р.І.	112

СЕКЦІЯ 4

«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА ТА ДЕТАЛІ МАШИН» 114

**ДВІ ОСНОВНІ ЗАДАЧІ В ТЕОРІЇ ПОТЕНЦІАЛЬНОГО
СИЛОВОГО ПОЛЯ**

Ковальов Р.В., Штефан Н.І. 115

**ВПЛИВ ВИДУ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ
ДЕФОРМАЦІЙ ПОВЗУЧОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ ХІМІЧНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ.**

Можаровська Т.М. 117

**ТРИБОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛІ 12Х18Н10Т
ПІСЛЯ ЇЇ ІОННОАЗОТУЮЧОЇ ОБРОБКИ**

О. В. Радько, А. К. Скуратовський, А. В. Рутковський 119

**ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЇ РАУСА ПРИ ВЕВЧЕННІ
СФЕРИЧНОГО РУХУ ТВЕРДОГО ТІЛА**

Сацердотов О.О., Штефан Н. І. 120

РІВНЯННЯ ПОСТУПАЛЬНОГО РУХУ ТІЛА ЗМІННОЇ МАСИ

Хоменко М. В., Штефан Н. І. 121

**ОКРЕМИЙ ВИПАДОК ВИЗНАЧЕННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО
ІНТЕГРАЛА ЕНЕРГІЇ**

Ясеньчук В.В., Штефан Н.І. 123

Рішення

XVI 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.

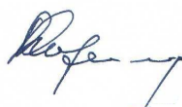
5. Видати збірник праць конференції.

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
виробництва



виробних
Я.М.Корнієнко

**Підписано до друку 19.04.2019 р. Формат 60x90 1/16.
Папір офсетний. Умовн. др. арк. 5,4
Друк різнограф. Тираж 200 прим. Зам. № 1904/02.**

**Надруковано ФОП Гузік О.М.
Податковий номер №2705814113
м. Київ, вул. Б. Гаврилишина, 16
Тел.: 338-16-61.**