

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

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

**Інститут Газу НАН України**

**Грузинський технічний університет**

*Присвячена 90-річчю кафедри Машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

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

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ТА ОБЛАДНАННЯ”**

28-29 листопада  
Київ 2018

УДК 66

ББК 35.11я43

Р 43

Збірник тез доповідей XV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (28-29 листопада 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 180 с

## **Збірник тез доповідей XV 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 № 5  
від 14 листопада 2018 р.

Рекомендовано до друку  
Кафедрою машин та апаратів  
хімічних  
і нафтопереробних виробництв  
Протокол № 4  
від 8 листопада 2018 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
- Снежкін Ю. Ф.** д.т.н., заступник директора Інституту технічної теплофізики НАН України
- Ільєнко Б. К.** к.т.н., Вчений секретар Інституту Газу НАН України
- 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 орагнізаційного 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



Шановні колеги, аспіранти, магістранти, студенти, дорогі друзі!

Щиро вітаю учасників та гостей ювілейної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" присвяченої 90-річчю кафедри Машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв та 120-річчю Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Гортаючи сторінки збірки тез доповідей, приємно відзначити, що з кожним роком зростає науковий рівень представлених досліджень та розширюється їх тематика. Добре, що молоді дослідники вчаться підходити до наукової проблеми системно, не бояться висувати сміливі гіпотези та застосовувати нові підходи.

**КАФЕДРИ МАШИН І АПАРАТІВ ХІМІЧНИХ І  
НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ – 80 РОКІВ**

к.т.н., доц. Андреев І.А., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

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

Кафедра машин і апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв була організована в 1928 році при хіміко-технологічному інституті і отримала назву – кафедра хімічного машинобудування, а після злиття інститутів у 1934 році і організації Київського індустріального інституту (КІІ) була переведена на машинобудівний факультет. Першим завідувачем кафедри був випускник КІІ 1914 року, член-кореспондент АН УРСР, професор Василь Юхимович Васильєв. У 1934 році, кафедра була переведена на машинобудівний факультет, а у 1938 році на новостворений факультет хімічного машинобудування і ливарної справи.



*В.Ю. Васильєв  
(8 (20) березня 1890 р  
— 14 серпня 1956 р.)*

У 1931 році відкривається вечірній напрям підготовки спеціальності «Хімічне машинобудування» під керівництвом доцента Олександра Сергійовича Плигунова, у подальшому професора, багаторічного ректора КІІ (1944-1952, 1955-1971 роки).

У 1933-1936 роках кафедра вела 3 курси: «Процеси і апарати хімічної технології», «Контрольно-вимірювальні прилади», «Хімічний опір матеріалів».

У 1937 р. кафедра початку вести наступні курси: «Загальна хімічна технологія», «Компресори хімічної промисловості», «Холодильні і газові установки, устаткування заводів основної хімічної промисловості, конструювання і розрахунки хімічних машин і апаратів».

Перший випуск інженерів-механіків хімічного машинобудування був у 1935 г.- 16 чоловік. У 1936 р. - 24; у 1938 - 25; у 1940 - 98.

З початком Великої Вітчизняної війни значна частина студентів і викладачів йде на фронт. Інститут був евакуйований в Ташкент і влився до складу Середньоазійського індустріального інституту, де кафедрою хімічного машинобудування, продовжував керувати професор Васильєв В.Ю.

В період Великої Вітчизняної війни тривав необхідний для оборонної промисловості і фронту випуск інженерів-механіків хімічного машинобудування. Під час війни колектив наукової школи кафедри надавав допомогу заводам «Ташсільмаш», «Червоний Аксай», вирішували завдання захисту від корозії устаткування Гирчикського хімічного комбінату, та іншим підприємствам.

Після визволення Києва з жовтня 1944 року кафедра машин та апаратів хімічних виробництв відновила підготовку спеціалістів.



*Чорнобильський Й.І.  
(1897-1972р.р.)*

З 1945 року по 1972 роки кафедрою керував відомий учений в області машин і апаратів хімічних виробництв, випускник КПІ 2922 року – професор Йосип Ілліч Чорнобильський.

Колектив кафедри продовжують науковий напрям кафедри – вивчення теплообміну в хімічному обладнанні та створюють на основі теоретичних та експериментальних досліджень нові машини та апарати хімічних виробництв: теплообмінники та випаровувачі, обладнання для переробки пластмас і отримання труб, плівок, профілів, сушарок та грануляторів, пиловловлюючих пристроїв і фільтрів, та багато іншого. З 1948 по 1954 р. кафедра МАХП входила в склад механічного факультету (ММФ зараз), а з 1954 р., після приєднання до КПІ Київського технологічного інституту силікатів, кафедра входить до складу відродженого факультету хімічного машинобудування. В післявоєнний час кафедра стала називатись МАХВ– «Машини і апарати хімічних виробництв».



*Лукач Ю.Ю.*  
*(11.09.1926-13.06.2014р.р.)*

З 1973 по 1999 роки кафедру очолював доктор технічних наук, професор Лукач Юрій Юхимович заслужений працівник НТУУ «КПІ», – відомий спеціаліст в галузі теорії і практики переробки полімерів, багаторічний голова спеціалізованої ченої ради «Процеси й обладнання хімічної технології», автор понад 300 наукових праць, в тому числі 7 монографій, 100 авторських свідоцтв та 15 іноземних патентів, відомий спеціаліст в галузі тепло - масообміну.

22 січня 1997 року кафедру МАХВ перейменовано на кафедру Машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв.



*Корнієнко Я.М.*

З 1999 року кафедру очолює доктор технічних наук, професор Корнієнко Ярослав Микитович, заслужений працівник Народної освіти України, колишній проректор університету (1996 – 2000 р.р.), автор більше 350 наукових праць, в тому числі 10 монографій та 3 підручників, відомий спеціаліст в галузі тепло - масообміну. Науковий керівник великої магістрантів та дисертантів.

Під його орудою кафедра продовжує підготовку спеціалістів широкого профілю, які можуть працювати на машинобудівних, хімічних, харчових підприємствах, в науково-дослідних та проектно-конструкторських організаціях, на викладацькій, профспілковій, партійній та державній роботі.

За час існування кафедри підготовлено понад 7000 інженерів, серед них з 1998 року по теперішній час підготовлено 274 магістри. З них за останні 5 років підготовлено 84 магістри, відбулося 4 захисти кандидатських дисертацій, а саме: Сачок Р.В. (2014 рік), Гулієнко С.В. (2016 рік), Новохат О.А. (2016 рік) та Швед Д.М. (2017 рік).



**СЕКЦІЯ 1**

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

**УДК 621.21**

**КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СТРУМЕНЕВО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ В АВТОКОЛИВАЛЬНОМУ РЕЖИМІ**

магістрант Денисенко В.Р., д.т.н., проф. Корнієнко Я.М., ас. Гайдай С.С.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

На сьогоднішній день виробництво та раціональне використання органо-мінеральних добрив нового покоління є надзвичайно актуальним для агропромислового комплексу, а для науки – поштовхом для пошуку природозберігаючих технологій виробництва та питань підтримки едафічних факторів ґрунту на необхідному рівні. Саме тому для виготовлення інноваційних добрив застосовують апарат з псевдозрідженим шаром, що працює в автоколивальному режимі.

З метою підвищення ефективності роботи апарата при реалізації процесу зневоднення і грануляції висоту нерухомого шару збільшено до 0,41 метра, що в 4 рази перевищує висоту пробою вертикального факела. Основною вимогою до гідродинаміки режиму при реалізації процесу зневоднення та гранулювання за підвищених висот матеріалу є відсутність застійних зон на поверхні ГРП та інтенсивне оновлення поверхні контакту фаз у зоні зрошення. Тому, дослідним шляхом необхідно визначити режим гідродинаміки при якому виконуються поставлені умови.

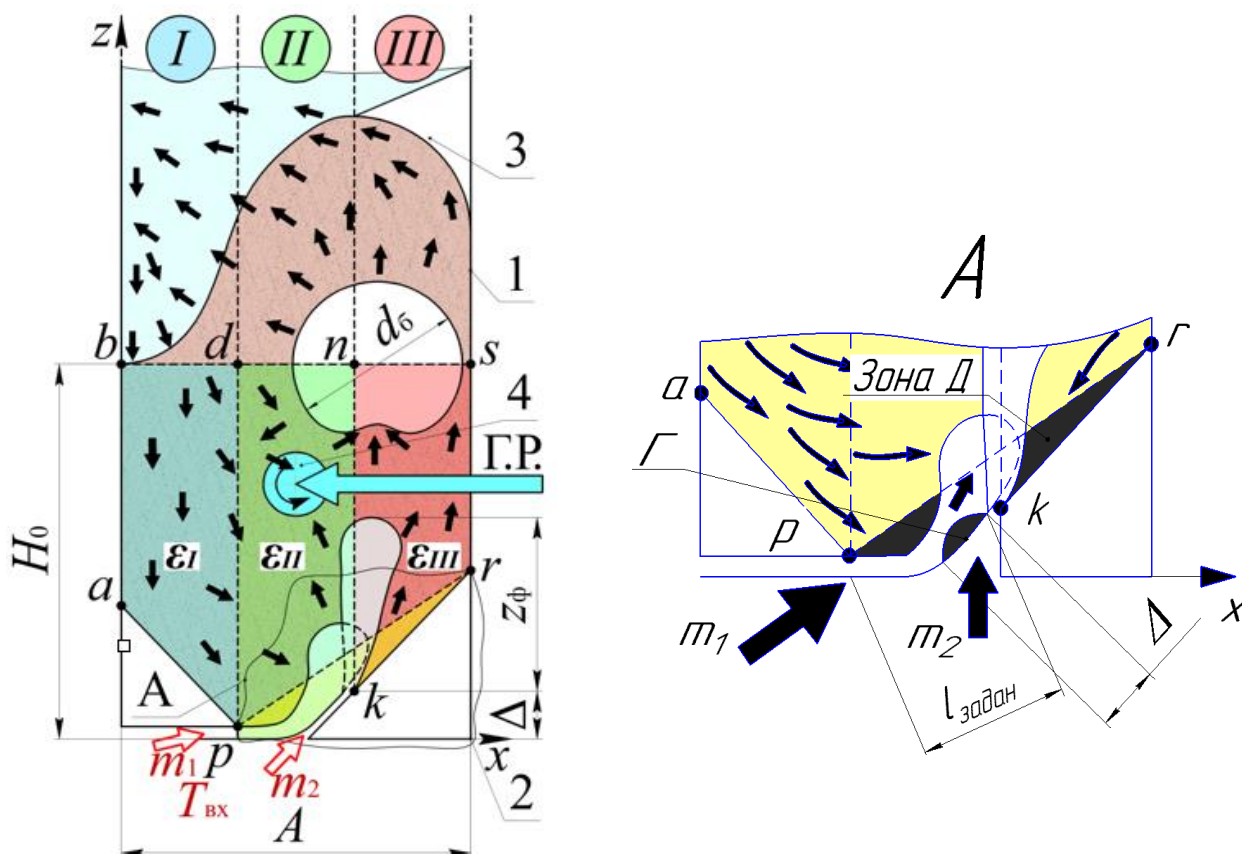
Довготривале перебування зернистого матеріалу на нагрітій поверхні ГРП призводить до оплавлення і безумовної зупинки процесу зневоднення та грануляції. Для усунення ризику утворення застійних зон на робочих поверхнях газорозподільного пристрою запропоновано дворівневе асиметричне введення зріджувального агенту через щілини ГРП у горизонтальному та вертикальному напрямках. При цьому кінетична енергія, яку необхідно підвести у шар зернистого матеріалу могла б збільшити кінетичну енергію шару майже у 2

рази. Це можна забезпечити з допомогою регулювання швидкості подачі газу шляхом зміни площі щілин ГРП, приймається  $w_{щ} = w_{щ1} = w_{щ2}$ .

$$E_k = \frac{(m_1 + m_2)w_{щ}^2}{2} \quad (1)$$

де  $m_1 + m_2$  – сумарні масові витрати зріджувального агенту, кг/с;  $w_{щ}$  – швидкість газу в щілинах ГРП, м/с.

Тому оцінка якості неоднорідного автоколивального режиму псевдозрідження проводилась шляхом визначення наявності мінімального об'єму твердих частинок в об'ємі, обмеженого лінією  $pr$  та робочими поверхнями ГРП, вираженою через порозність в зоні Д, а також мінімальним значенням довжини застійної зони Δ, рисунок 1 [1, 2].



1 – камера гранулятора; 2 – ГРП щілинного типу; 3 – направляюча вставка; 4 – диспергатор; Г – малорухливі гранули; ГР – гетерогенна рідка фаза.

Рисунок 1 – Схема до визначення якості гідродинамічного режиму псевдозрідження

Для кількісної оцінки якості гідродинаміки використано метод Тагуті, який дозволяє розрахувати показник втрати якості гідродинаміки [1, 2]:

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

де  $K_1 = 0,3$  та  $K_2 = 0,7$  – вагові коефіцієнти, які можуть бути;  $\varepsilon_{\text{задане}}$  – задане значення порозності шару в зоні ГРП;  $\varepsilon_{\text{дійсне}}$  – експериментально визначене поточне значення порозності при витратах  $V$  за висоти  $H_0 = 410$  мм;  $l_{\text{задане}}$  – робоча довжина пластини ГРП, м;  $\Delta z$  – експериментально визначене поточне значення довжини малорухомої області шару на пластині ГРП при витратах  $V$  і  $H_0 = 410$  мм.

Якість гідродинаміки при підвищених шарах нерухомого матеріалу [1, 2]:

$$Y_r = 1 - L \quad (3)$$

Область задовільної якості знаходиться при значенні якості гідродинаміки  $0,9 \leq Y_a \leq 1$ . Максимальне значення якості гідродинаміки  $Y_a = 1$  буде досягнуто при величині показника втрати якості  $L \rightarrow 0$  [1, 2]. Остаточне задовільне значення якості гідродинаміки при підвищених шарах зернистого матеріалу буде визначатися дослідним шляхом на пілотованій установці з використанням фото та відео аналізу стану шару.

### **Перелік посилань:**

1. Корнієнко Я.М. Критерій оцінки якості неоднорідного псевдозрідження / С.О. Турко, Я.М. Корнієнко, С.С. Гайдай // Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання: XII міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, 18-19 квітня 2017 р: збірник тез доповідей. – Київ. – 2017. – с. 6-8.

2. Корнієнко Я.М. Оцінка якості режиму псевдозрідження для високих шарів / С.О. Турко, Я.М. Корнієнко, С.С. Гайдай // Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання: XI міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, 18-19 квітня 2016 р: збірник тез доповідей. – Київ. – 2017. – с. 29-31.

## ГРП ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СТРУМЕННЕВО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ РЕЖИМУ ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ

магістрант Шевченко Я.М., д.т.н., проф. Корнієнко Я.М., ас.Гайдай С.С.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Стійкість роботи грануляторів із псевдозрідженим шаром, при підведенні теплоносія, температура якого перевищує температуру плавлення компонентів рідкої системи, що подається на зневоднення, визначається відсутністю застійних зон на робочих поверхнях газорозподільного пристрою (ГРП).

Оскільки висота шару зернистого матеріалу в апараті, визначена з умов масообміну, майже в три рази перевищує висоту пробою газового факелу  $H_0/z_\phi > 3$  (рис. 1) – застосування барботажного режиму псевдозрідження із

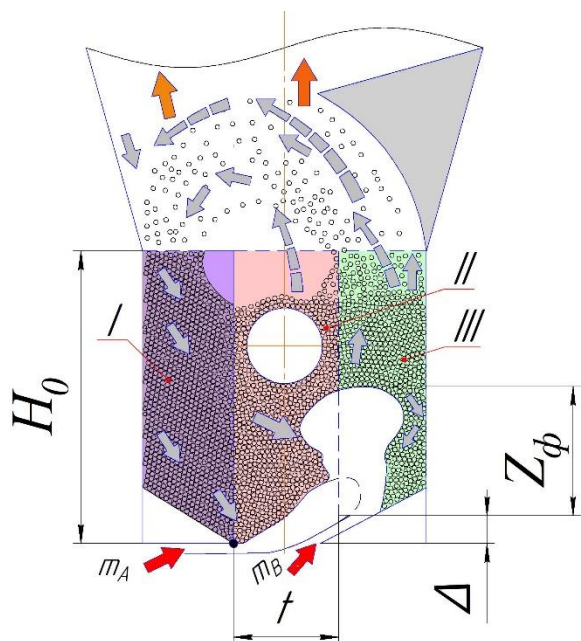
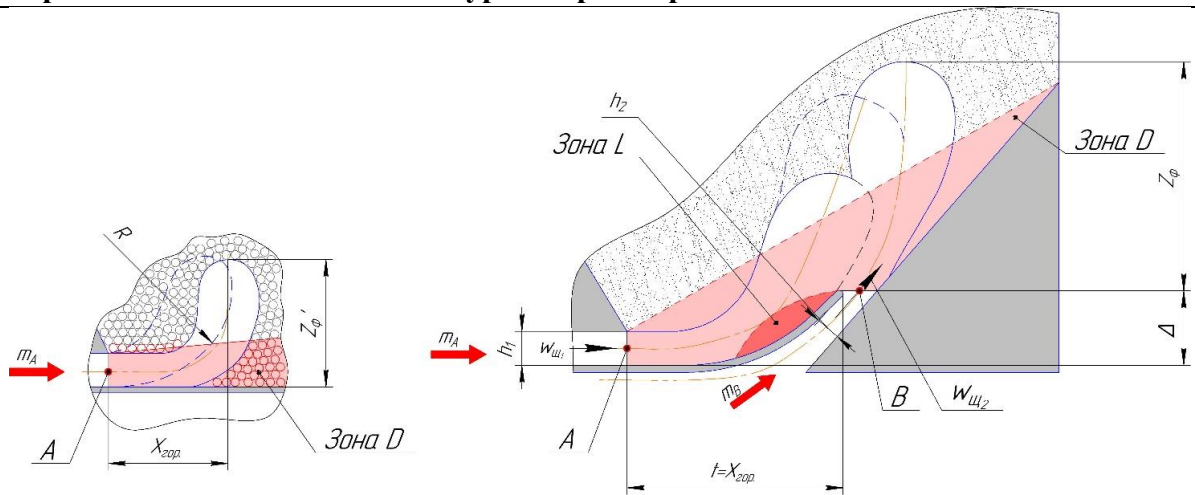


Рисунок 1 – Схема апарата з псевдозрідженим шаром призначеного для грануляції гуміно-мінеральних добрив

вертикальним введенням зріджувального агенту не забезпечує поставлені вимоги.

Тому запропоновано застосовувати ГРП щілинного типу із горизонтальним введенням газового струменя. Однак утворений факел при досягненні максимальної горизонтальної довжини пробою  $x_{гор}$  змінює свій напрям на вертикальний, що обумовлює утворення застійної зони  $D$  (рис.2 а). Тому необхідно, щоб поверхня ГРП повторювала форму утвореного горизонтального струменя  $m_A$  (рис. 2 б), яка залежить від приведенного значення числа Рейнольдса в щілинах і повинна визначатися експериментально.



а) схема горизонтальної подачі

б) схема взаємодії горизонтальної та вертикальної подачі

Рисунок 2 – Схеми подачі зріджувального агенту

Об'єднання горизонтального та вертикального факелу призводить до значного збільшення висоти пробую факелу  $Z_{\phi} \gg Z_{\phi}'$ . Утворена в результаті об'єднання газова бульбашка спричинює інерційний викид зернистого матеріалу в надшаровий простір із наступним перенесенням частинок на поверхню зони II. Це спричиняє пульсаційне збільшення висоти шару над точкою введення факела  $m_A$  та зумовлює його рух вздовж нелінійної поверхні ГРП (рис.2 б), що зменшує ризик утворення застійної зони L на ній. Для реалізації цього необхідно забезпечити виконання трьох основних умов:

1) Кінетична енергія струменя, що вводиться через щілину A ( $h_1 \times B_1$ ) повинна перевищувати енергію факела із щілини B ( $h_2 \times B_2$ ):

$$E_A > E_B, \text{ або } \frac{m_1 \cdot w_{\text{ш}}^2}{2} > \frac{m_2 \cdot w_{\text{ш}}^2}{2};$$

де  $m_1 = V_{r1} \cdot \rho_r = h_1 \cdot B_1 \cdot w_{\text{ш}} \cdot \rho_r$ ;  $m_2 = V_{r2} \cdot \rho_r = h_2 \cdot B_2 \cdot w_{\text{ш}} \cdot \rho_r$ . Співвідношення  $h_1/h_2 > 2$  та  $B_1/B_2 < 1$  визначаються експериментально.

2) Відстань між точками введення струменів  $t$  не повинна перевищувати горизонтальну далекобійність факела ( $m_A$ ) –  $x_{\text{гор}}$  [1]:

$$t \leq x_{\text{гор}} = \frac{U_0 r_0}{0,585 U_v C_1}; r_0 = \frac{2F}{\Pi},$$

де  $U_o$  – швидкість зріджувального агента у щілинах ГРП;  $r_o$  – приведений радіус щілини;  $U_v$  – швидкість зріджувального агента у верхній точці факела;  $C_1$  – коефіцієнт;  $F$  – площа щілини ГРП;  $L$  – периметр ГРП.

3) Точка введення вторинного струменя повинна бути зміщеною по осі  $z$  на величину  $\Delta$  значення якої визначається через гідростатичний тиск над точками  $A$  та  $B$ :

$$\Delta P_A = \rho \cdot g \cdot H_0 \cdot (1 - \varepsilon_0), \quad \Delta P_B = \rho \cdot g \cdot (H_0 - \Delta) \cdot (1 - \varepsilon_0).$$

За результатами попередніх досліджень гідродинаміки у псевдозрідженому шарі [2] при  $H_0=0,32$  м встановлено, що  $\Delta=0,04$  м. Тоді співвідношення:

$$\frac{\Delta P_A}{\Delta P_B} = \frac{H_0}{H_0 - \Delta} = \frac{0,32}{0,32 - 0,04} = 1,14.$$

Тобто, гідравлічний опір шару матеріалу в точці  $B$  повинен бути на 14% менший від опору в точці  $A$ , тому при зміні  $H_0$  величина зміщення точок введення зріджувального агента по осі  $z$  визначається як, м:

$$\Delta = H_0 - \frac{H_0}{1,14} = H_0 \left( 1 - \frac{1}{1,14} \right) = 0,123 \cdot H_0.$$

Таким чином, запропонований спосіб введення зріджуючого агента, дозволяє сформувати направлений потужний рух газового струменя вздовж робочої поверхні ГРП з наступним формуванням псевдо-поршневого режиму, що зменшує ризик утворення застійних зон та інтенсифікує процес масообміну, за рахунок інтенсивного оновлення поверхні контакту фаз.

#### **Перелік посилань:**

1. Буевич Ю.А. Струйное псевдожижение / Ю.А. Буевич, Г.А. Минаев // М.: Химия, 1984. – 136 с.
2. Корнієнко, Я. М. Моделювання безперервного процесу утворення багатошарових гуміново-мінеральних композитів // Я. М. Корнієнко, Р. В. Сачок // Вісн. Нац. техн. ун-ту України «Київ. політехн. ін.-т» : сер. «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2010. – № 2. – С. 39-44.

## ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ КРЕЙДОВИХ СУСПЕНЗІЙ

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

Крейдові суспензії набули широкого застосування у побуті та у промисловості, насамперед, у хімічній, целюлозно-паперовій, харчовій галузях, будівельній промисловості, нафтовидобуванні, а також при очищенні стічних вод. Це зумовлює постійне підвищення вимог до їх якості, у першу чергу, стійкості та однорідності, тому постає потреба у вдосконаленні технологій для отримання якісних суспензій.

У побуті, крейдові суспензії можуть використовуватися: для побілки стін та стель, у якості харчової добавки до тваринних комбикормів, у складі засобів для догляду за ротовою порожниною.

У хімічній промисловості крейдові суспензії використовуються як нейтралізатор, наприклад, при виділенні сульфокислот, що дає можливість здешевити виробництво продукції. Також, крейдяні суспензії використовуються як наповнювачі при виготовленні полівінілхлориду, що дозволяє досягти значного покращення його фізико-хімічних характеристик при температурах нижче 0 °С [1].

У нафтовидобуванні крейдяні суспензії використовуються і як бурова рідина, і як наповнювач бетону для закриття бурових свердловин. В останньому випадку, крейдові суспензії виготовляють з додатковим введенням сульфїт-спиртової барди, вуглецеволужного реагенту та гідролізованого поліакриламїду, а при проходженні глиняних пластів – з додатковим включенням до складу структуроутворювача (найчастіше рідкого скла) [2].

У будівельній промисловості крейдяні суспензії використовується при виробництві бетону для гідратації середньоалюмінатних цементів. Крейда зв'язує портландид у важкорозчинні з'єднання, а також сприяє підвищенню ступеня гідратації цементу. Це призводить до підвищення концентрації новоутворень в цементному камені та до підвищення міцності бетону. Заміна 20 % цементу крейдою, спочатку знижує його початкову міцність до 25 %, але з часом йде повільний набір міцності до певної межі, що перевищує межу міцності бетону без використання крейдяної суспензії. У випадку роботи з



піноутворювачами на основі суміші жирних та смоляних кислот, крейдяна суспензія одночасно виконує функції стабілізатора піни [3].

При очищенні стічних вод відвалів розкривних порід суспензія крейди використовується для нейтралізації стічних вод та зниження концентрації заліза у воді. Використання крейдяної суспензії дозволяє досягти суттєвого зменшення: кислотності води на 50 %, концентрації розчиненого заліза на 40 % та алюмінію на 85 % [4].

У целюлозно-паперовій промисловості крейдові суспензії використовуються для покращення якісних показників одержаного паперу та картону. Композиційна крейдова суспензія у складі: каоліну – 90 %, крейди – 10 %, NaOH – 0,1 %, крохмалю – 5 %, карбоксиметилцелюлози – 1 %, при виготовленні паперу дозволяє досягти поліпшення білизни (до 89,7 %), непрозорості (до 96,2 %) та капілярної вбираності (до 3,7 мм) [5].

Проведений аналіз свідчить про доцільність вдосконалення і розробки нових технологій виготовлення крейдяних суспензій та їх промислового використання, що зумовлено поєднанням їх позитивного впливу на якість деяких видів продукції з такими безперечними перевагами як дешевизна і доступність.

#### **Перелік посилань:**

1. Сидоров Ю.І. Процеси і апарати хіміко-фармацевтичної промисловості./ Сидоров Ю.І., Чуєшов В.І. //: Навч. посіб. для фарм. і хім. спец. ВНЗ. – 2012. – С. 163-172.

2. Промысловые жидкости и тампонажные растворы. Меловые растворы. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://teplozond.ru/promyvochnye-zhidkosti-i-tamponazhnye-rastvory/melovye-rastvory.html>

3. Технология изготовления бетона [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://allbeton.ru/read.php?f=1&i=3735&t=3731>

4. Гладышев. В.В. Выбор способа и средств нейтрализации сточных вод бурогоугольного разреза. / Гладышев. В.В. // Геоэкология – 2003 – С. 23-29.

5. Кусмаров. И.В. Изучение зависимости свойств мелованной бумаги от соотношения веществ, входящих в состав меловальной суспензии / Кусмаров И.В. // Весник бумажной технологии. – 2015 – С. 47-50.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ РЕАКТОРА-ПОЛІМЕРИЗАТОРА ВИРОБНИЦТВА ПОЛІСТИРОЛУ

магістрантка Борисенко А. С., к.т.н., доц Степанюк А. Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Під час виробництва полістиролу використовують реактор-полімеризатор, який являє собою апарат з мішалкою, обладнаний теплоізоляційною рубашкою, в якому забезпечується рівномірне розподілення реагентів по об'єму та відведення тепла реакції.

В таких реакторах можуть використовувати такі мішалки як: лопатева, шнекова, якірна, стрічкова та ін.. В нашому випадку використовується якірна мішалка.

Якірна мішалка - ця мішалка відноситься до групи тихохідних перемішуючих пристроїв. У тих випадках, коли необхідно виключити відкладення осаду на стінках апарату або поліпшити теплопередачу через стінку, застосовують якірну мішалку [1].

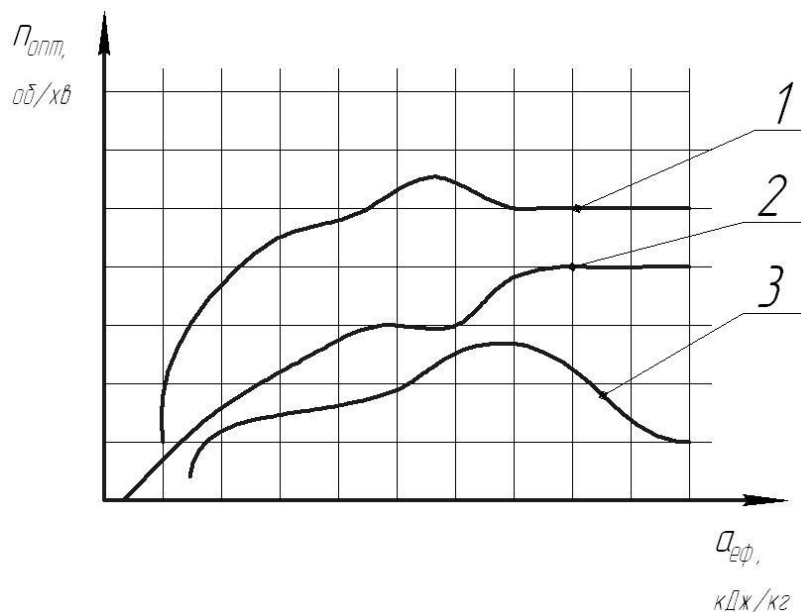
Якірна мішалка складається з циліндричної втулки, до зовнішньої поверхні якої приварені два профільовані лопаті. Профіль лопатей мішалки відповідає внутрішній поверхні корпусу апарату, у нижній своїй частині лопаті мають еліптичну або конічну форму, а у верхній - вони являють собою дві плоскі вертикальні пластини, торець яких паралельний циліндричній частині корпусу апарату. Якірні мішалки використовують для обробки в'язких, забруднених і застигаючих рідин [1].

Ефективний коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_{\text{до}} = \alpha - \frac{Q_{\text{дсип}}}{F \cdot \Delta\theta}, \text{ де}$$

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі,  $Q_{\text{дсип}}$  – теплота дисипації,  $F$  – поверхня теплообміну,  $\Delta\theta$  – температурний напір.

Інтенсивність перемішування визначається часом досягнення заданого технологічного результату або числом оборотів мішалки при фіксованому тривалості процесу (для механічних мішалок). Чим вище інтенсивність перемішування, тим менше часу потрібно для досягнення заданого ефекту перемішування. Інтенсифікація процесів перемішування призводить до зменшення розмірів проекрованої апаратури і збільшення продуктивності діючої [1].



1 – якірна, 2 – лопатева, 3 – стрічкова

Рисунок 1 – графік залежності ефективності перемішування мішалок

Як бачимо - на рисунку зображено графік ефективності перемішування всіх типів мішалок.

Хоча заявлена якірна мішалка, яка використовується в нашому дослідженні знаходиться на першому місці, тому для заданої в'язкості рідини і даного матеріалу (полістирол) вона буде найкращою.

#### **Перелік посилань:**

1. <https://ukrbukva.net/page,3,117379-Peremeshivanie-Vidy-i-konstrukcii-meshalok.html> від 12.10.18

2. Ю. И. Трохин. Методические указания по применению вчислительной техники по курсу «Машины и аппараты химических производств» /Алгоритм расчета реактора-полимеризатора/. Для студентов всех форм обучения специальности 0516. Киев: КПИ, 1981, -38 с.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ З РОЗРОБКОЮ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ТА ТЕПЛООБМІННИКА**

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

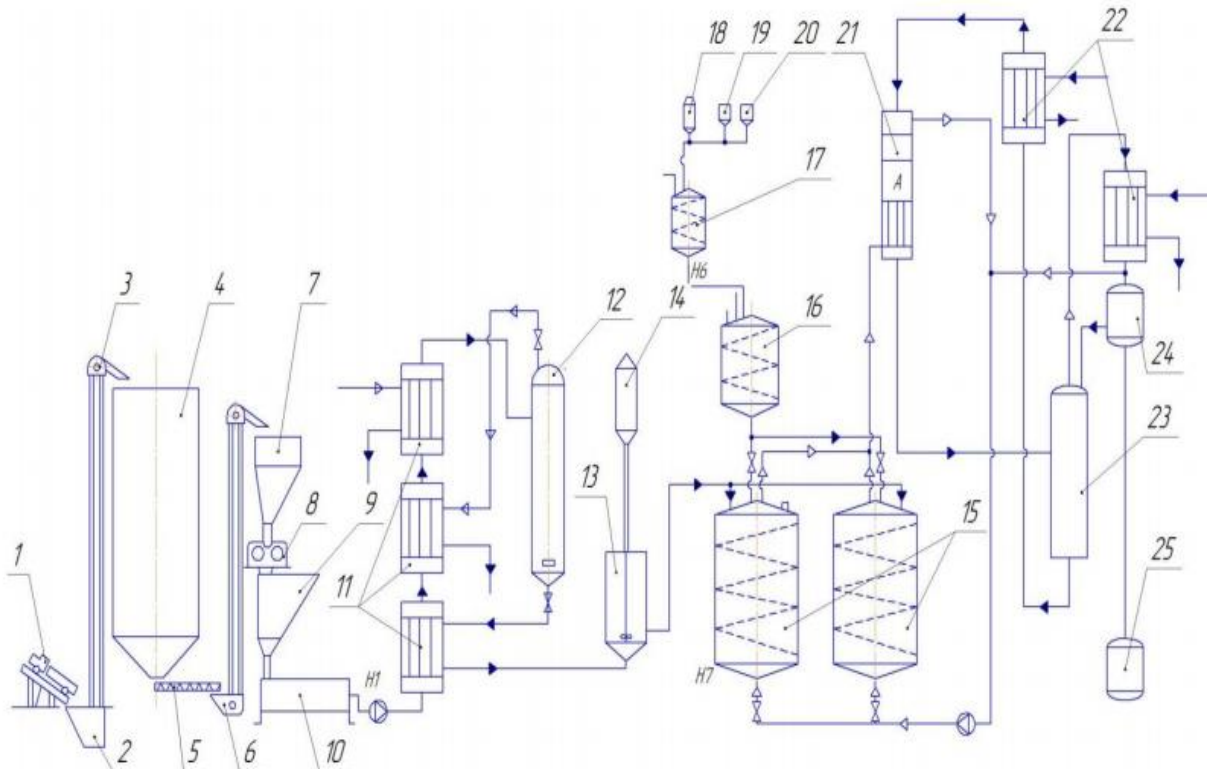
**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Біоетанол, який виробляється під час переробки рослинної сировини, широко використовується як біопаливо або як паливна добавка. Біоетанол, на відміну від нафти, є відновлюваним джерелом енергії. У зв'язку з цим виробництво біоетанолу зростає. У світі до 85% спирту застосовується в технічних цілях, у тому числі 80% в якості біопалива, яке за своїми властивостями практично не поступається бензину. При цьому світовий ринок паливного біоетанолу щорічно зростає на 20...25%, та, за прогнозами експертів, виробництво та використання етанолу до 2020 року сягне на планеті 120 млрд, літрів на рік. Він одержується з сільськогосподарської сировини: коренеплодів, злаків, цукрового очерету, кукурудзи, меляси [1].

Сировина подається на бункер 7, після чого відбувається подрібнення на валковій дробарці 8, після чого теплообмінник підігріває суміш перед подачею на колону розварника 12. Потім до охолодженої суміші додається солодове молоко в оцукрювачі 13. Після оцукрення суміш потрапляє до бродильного чану 15 куди подаються дріжджі. Пари біоетанолу потрапляють до абсорберу 21, абсорбуються водою і потрапляють до ректифікаційної колони 23, після колони пари етанолу з водою конденсуються у дефлегматорі 22, майже чистий етанол через бак 24 частково повертається до ректифікаційної колони, частково в бак 25, як кінцевий продукт.

Технологічна схема виділення біоетанолу наведено на рисунку 1 [2].



1 – автозавантажувач; 2, 4, 7 – бункер; 3, 6 – транспортер; 5 – конвеєр гвинтовий; 8 – валкова дробарка; 9 – дозатор; 10 – змішувач перед розварним чаном; 11 – підігрівач замісу; 12 – колона розварника; 13 – оцукрювач; 14 – вакуумний випарник; 15 – бродильний чан; 16 – зброжувач; 17 – дріжжанка; 18 – маточник; 19 – збірник розчину солей; 20 – збірник сірчаної кислоти; 21 – абсорбер; 22 – конденсатор; 23 – ректифікаційна колона; 24 – бак для біоетанолу; 25 – бак для кінцевої продукції

Рисунок 1- Технологічна схема виробництва біоетанолу.

Метою роботи є модернізація ректифікаційної колони та теплообмінника для збільшення продуктивності та зменшення енерговитрат.

### Перелік посилань

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Біоетанол> від 19.10.2018р.
2. Яровенко В. Л., Устинков Б.А. "Справочник по производству спирта"

## РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ ФІБРОБЕТОННОЇ СУМІШІ В УДОСКОНАЛЕНОМУ ВІБРОЕКСТРУДЕРІ

студент Гайдін Є.М., к.т.н., доц. Андреев І.А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені І. Сікорського"

Для виготовлення якісних фібробетонних плоских плит з переважно поздовжньою орієнтацією фібр у всьому виробі авторами був запропонований віброекструдер, який містить направляючий пристрій, що у поздовжньому перерізі має вигляд дельтоїда [1]. Розрахувати необхідне орієнтування дисперсної арматури у сформованому виробі можна за допомогою методики [2].

У формуючому віброекструдері здійснюється остаточне перемішування фібробетонної суміші. Для розрахунку сумарної деформації зсуву треба поділити внутрішній простір бункера віброекструдера на чотири зони (рис. 1). У першій, другій і четвертій зонах плин суміші здійснюється у плоских каналах, які звужуються, а у третій зоні – у плоскій щілині (так званий плоский пуазейлевий плин).

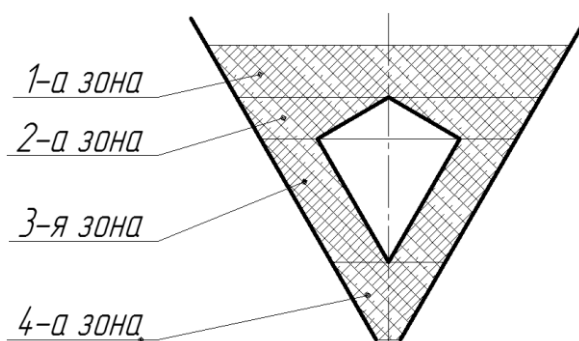


Рисунок – Розрахункова схема процесу змішування

При плинні в плоскій щілині шириною  $2h$ , у якій вісь  $Z$  збігається з віссю симетрії потоку, рівняння для розрахунку середньої деформації зсуву приймає вигляд:

$$\gamma_3 = \frac{1,5 \cdot l}{h},$$

де  $l$  – довжина каналу.

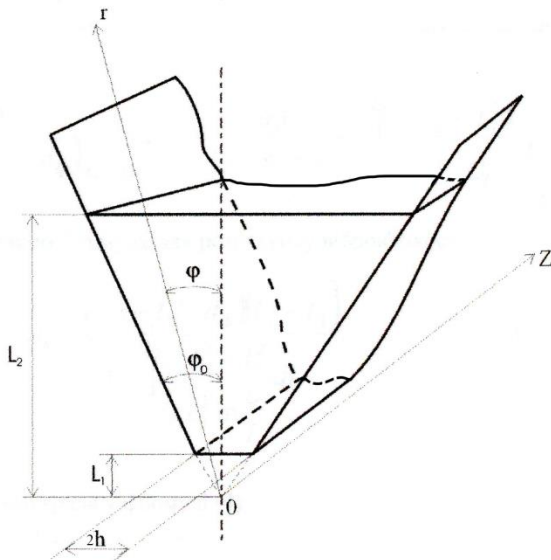


Рисунок – Розрахункова схема плинуну фібробетону у 1, 2 і 4 зонах

Для 1, 2 і 4 зон середнє значення деформації зсуву можна визначити за формулою:

$$\bar{\gamma}_c = -\frac{2(L_2 - L_1)^2 (1 - \cos 2\varphi_0)}{L_1 L_2 \ln \frac{L_2}{L_1} (\sin 2\varphi_0 - 2\varphi_0 \cos 2\varphi_0)},$$

де  $\varphi_0$  - кут нахилу похилої стінки до вертикалі, рад.;  $L_1$  – відстань від початку координат до вихідного зрізу бункера, м;  $L_2 - L_1$  – висота стовпа суміші в бункері, м.

Розрахована таким чином сумарна деформація зсуву, яка досягається при формуванні плоских виробів товщиною 40 мм на дослідно-промисловій віброекструзійній установці становить 39,7, що є задовільним результатом.

### Перелік посилань:

1. Пат. 123183 У Україна МПК (2017.01) В28В 13/00. Віброекструдер для формування плоских фібробетонних виробів / Андреев І. А., Гайдін Є. М.; заявник і патентовласник вони ж. – № у 201709867; заявл. 12.10.2017; опубл. 12.02.2018, Бюл. № 3.
2. Андреев І.А. Віброекструзійне формування плоских фібробетонних виробів з підвищеною поздовжньою орієнтацією фібо / І.А. Андреев, Є.М. Гайдін // Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2018. – №1(17). – С. 7-10.

**ПРОЦЕСИ ТЕПЛООБМІНУ 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"**

Сільське господарство є однією з провідних галузей економіки, основною метою якого є забезпечення продовольчих потреб населення. Сільське господарство України окрім забезпечення якісним, безпечним та доступним продовольством населення країни здатне забезпечити конкурентоспроможною продукцією країни Західної Європи, Азії та Африки.

На даний момент товарна частка експортованої рослинної сільськогосподарської продукції становить 17,8 % до загального обсягу зовнішньої торгівлі України, з них 13,3 % складає експорт зернових культур [1].

Для забезпечення продовольчих потреб в Україні розораність ґрунтів становить близько 57,3%, що перевищує даний показник в порівнянні з країнами Західної Європи в 1,5 – 2 рази. Збільшення розораності ґрунтів призводить до значного погіршення екологічної рівноваги, тому важливою задачею є збільшення та збереження високої продуктивності сільськогосподарських виробництв [2].

Підвищення врожайності сільськогосподарських культур є комплексною задачею, яка перш за все залежить від родючості ґрунту. Для підвищення родючості перспективним є застосування комплексних органо-мінеральних добрив, що містять в своєму складі азот, фосфор та органічні гумінові сполуки.

Застосування гранульованих органо-мінеральних добрив дозволяє найбільш ефективно підвищити родючість ґрунту найважливішими поживними елементами, таких як азот, фосфор, калій, кальцій, гумінові сполуки тощо, запобігти негативним наслідкам застосування мінеральних добрив (накопиченню нітратів у рослинах, розмиванні добрив та забрудненні водою)



тощо). Також великою перевагою гранульованих добрив є їх зручне застосування, зберігання та транспортування.

Для утворення гранул застосовують гранулятори барабанного, тарілчастого, швидкісного, вібраційного та псевдозріженого шару. Останній тип гранулятора дозволяє отримати гранули з пошаровою структурою шляхом диспергуванням рідкої фази в двофазну систему: зернистий матеріал – газовий теплоносій, завдяки дії адгезійно-сорбційних сил утримується на поверхні твердих частинок у вигляді надтонкої плівки, до якої від нагрітих твердих частинок і газового теплоносія підводиться енергія. Внаслідок чого розчинник випаровується і на поверхні твердих частинок утворюється тонкий шар з мікрокристалів мінеральних речовин та осаджених між ними колоїдних часток гумінових сполук [3, с. 29].

При проведенні процесу псевдозрідження було розглянуто гідродинамічні процеси, що відбуваються, однак для підвищення інтенсивності гранулоутворення необхідно розглянути теплообмінні процеси, що відбуваються при цьому та розробити методику визначення найбільш раціонального розміщення диспергатора.

### **Перелік посилань:**

1. Товарна структура зовнішньої торгівлі у січні–липні 2018 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/zd/tsztt/tsztt\\_u/tsztt0718\\_u.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/zd/tsztt/tsztt_u/tsztt0718_u.htm) від 25.10.18 р.
2. Корнієнко Я. М., Мельник М. П., Мартинюк О. В. – Струменевопульсаційний режим псевдозрідження. / Монографія [Електронний ресурс]. – Київ : НТУУ «КПІ» 2013. – 235 с.: іл.
3. Корнієнко Я. М., Сачок Р. В. – Процес гранулоутворення мінерально-гумінових добрив / Монографія. [Електронне видання]. – Київ : НТУУ «КПІ» 2014. – 158 с.: іл.

## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ РОЗПЛАВУ НА ЛИСТИ (ПЛИТИ) З СПІНЕНОГО ПОЛІСТИРОЛУ

студент Гребелюк І.В., ст.викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Зростання виробництва і споживання композиційних листів з спіненого полістиролу (XPS) обумовлено високою ефективністю їх застосування, вигідним сполученням технологічних і робочих властивостей, експлуатаційною надійністю і взаємозамінністю з виробами з традиційних матеріалів.

Значною проблемою в процесі формування плит з спіненого полістиролу є температурна неоднорідність, яка досягає 50 градусів по Цельсію, і викликає неоднорідність в'язкості розплаву у перерізі екструдуюмого виробу та у часі. Відповідно, неоднорідність в'язкості розплаву не дозволяє забезпечити рівномірне заповнення робочих каналів формуючого інструменту, тому оцінка впливу температурної неоднорідності на умови течії у робочих каналах формуючого інструменту та різновитовинність виробу актуальна.

В результаті чисельного експерименту встановлено, що при збільшенні температури розплаву полістиролу марки Eastman 9921 з 558,15К до 590 К, та сталому перепаді тиску об'ємна продуктивність збільшується на 6,5% на кожен градус і не залежить від геометричних розмірів плаского зазору, загалом об'ємна продуктивність збільшується в 2,07 рази за рахунок зменшення в'язкості розплаву. Прийняті припущення, – стінка плаского зазору адіабатична, та має ту саму температуру, що і розплав, а процес течії ізотермічний. Отриманий результат враховує зменшення в'язкості розплаву при збільшенні об'ємної продуктивності розплаву (збільшується швидкість зсуву).

Після проведеного імітаційного моделювання збудовано графік швидкості розплаву по довжині плаского зазору – рисунок 1, фактично максимальна швидкість потоку розплаву.

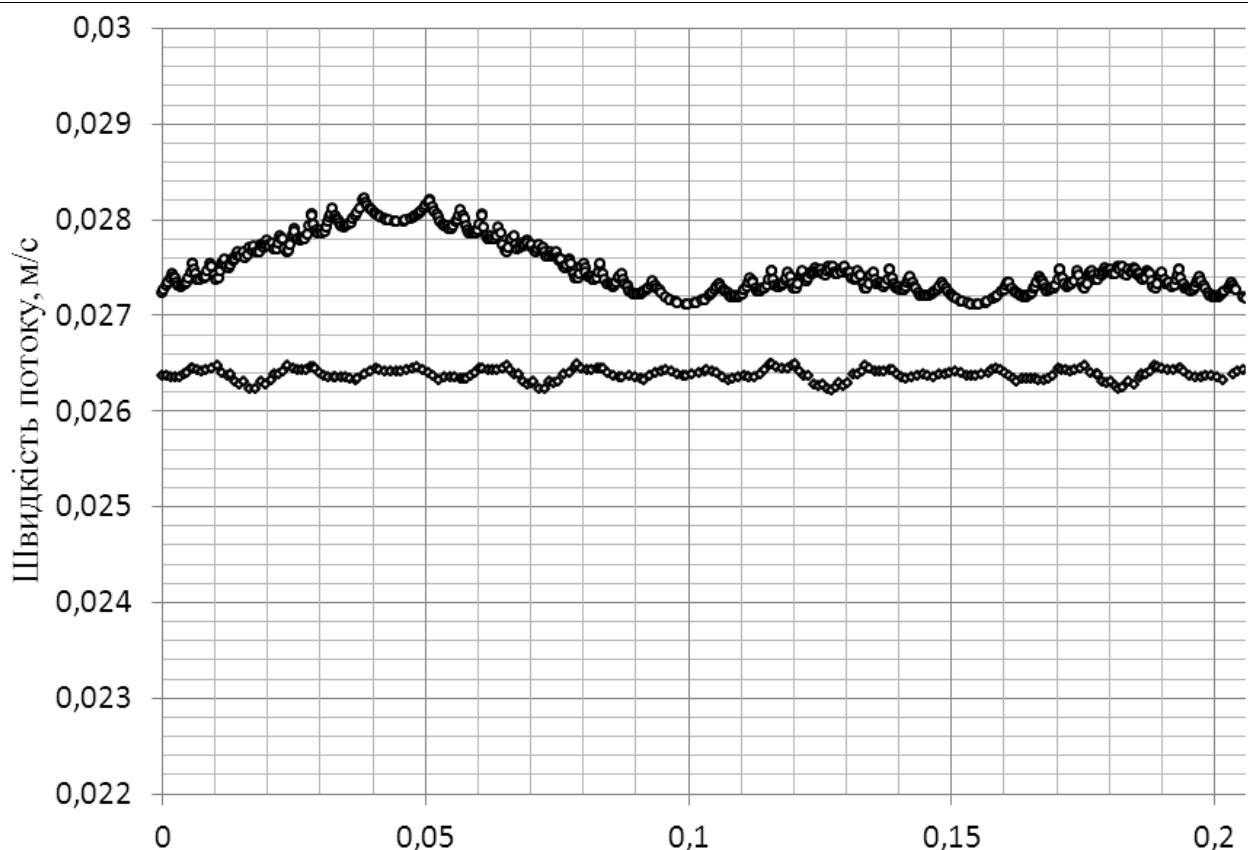


Рисунок 1 – Результати імітаційного моделювання до та після модернізації головки

**Висновок:** Методика оцінки впливу температурної неоднорідності розплаву на виході з екструдера та вході до головки дозволяє враховувати конструктивні, технологічні параметри, реологічні властивості розплаву та початкові умови, основною рекомендацією для конструювання нового та модернізації існуючого формуючого інструменту переробки спіненого полістиролу з жорсткою залежністю реологічних параметрів від температури є необхідність встановлення статичного змішувача.

#### Перелік посилань:

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

2. Заявка на деклараційний патент України на корисну модель № u201807008, від 22.06.2018.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ДІЛЬНИЦІ ФІЛЬТРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ГЛІЦЕРИНУ

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

Національний технічний університет України

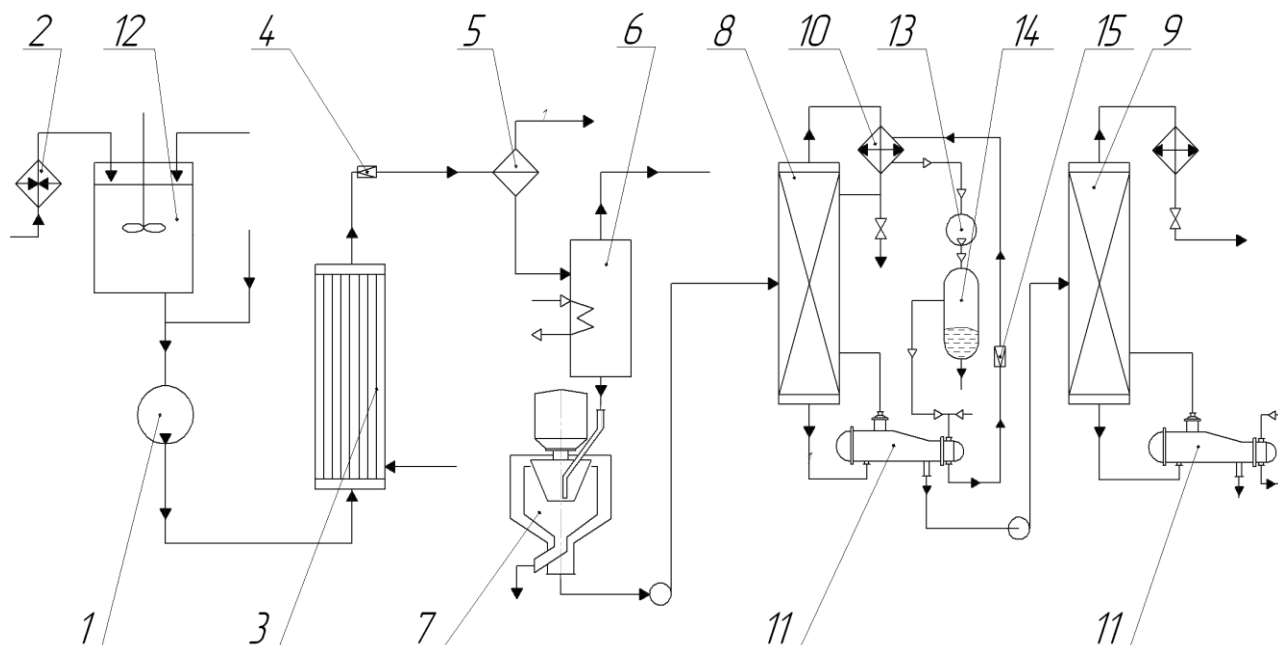
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В промисловості гліцерин отримують головним чином при гідролітичному розщепленні жирів. Гліцерин випускають трьох видів — сирий, дистильований та технічно чистий. В косметиці дозволено застосування двох останніх. Гліцерин гігроскопічний. Завдяки властивості поглинати з повітря до 40—50% води по відношенню до його початкової маси, він отримав широке розповсюдження в косметиці, як речовина, що швидко відбирає воду з тваринної та рослинної тканини. Він застосовується майже у всіх косметичних препаратах як пом'якшувачий засіб та є одним з основних видів сировини для виготовлення зубних паст. Синтетичний гліцерин, на відміну від гліцерину рослинного походження не містить жирів, дистильований має чистоту 99,5%, і на сьогоднішній день імпортується до України.

Хлорний метод синтезу гліцерину незважаючи на його недоліки (витрати хлору і лугів), зберіг своє значення до теперішнього часу. Метод отримання гліцерину через епіхлоргідрин допускає заміну приблизно половини каустичної соди дешевим вапном, що зменшує вартість виробництва і цей спосіб є найбільш оптимальним, тому метою роботи є вдосконалення очищення гліцерину, отриманого хлорним методом.

Епіхлоргідрин з 5÷6% розчином карбонату натрію емульгуються в насосі. В трубчастий реактор суміш потрапляє за тиску до 0,6 – 1,0 МПа. В реакторі протікає реакція і утворюється гліцерин. Реакційну суміш дроселюють до атмосферного тиску. Наступне випаровування води з суміші дозволяє отримати концентрат з вмістом гліцерину до 80%. При такій концентрації утворюється осад з хлориду натрію, який традиційно фільтрується. Подальше зневоднення гліцерину відбувається у ректифікаційній колоні. Пропонується заміна

фільтрувального обладнання на центрифугу фільтруючу з підвісом ротору, та інерційним вивантаженням осаду, негерметичну, модель ФП-1321К-01. Дана центрифуга спроектована для відокремлення цукрових утфелів. Перевагою такої схеми є безперервність роботи, простота конструкції, відсутність фільтрувального матеріалу.



- 1 – насос; 2 – підігрівач; 3 – реактор; 4 – дросельний вентиль; 5 – сепаратор;  
6 – випарні куби; 7 – центрифуга; 8 – колона відгону води; 9 – колона  
відділення важкої фракції; 10 – конденсатор–дефлегматор; 11 – кип'ятильники;  
12 – мішалка

Рисунок 1 – Модернізована технологічна схема отримання гліцерину хлорним методом

Висновок: заміна станції фільтрування кристалів хлориду натрію після випарних апаратів у виробництві гліцерину хлорним способом на центрифугу пропонується вперше, тому для розрахунку визначальних геометричних параметрів робочих органів (кут нахилу стінок ротора) необхідно провести експерименти та необхідні параметричні та конструктивні розрахунки, провести пошук аналогів і зробити порівняльний аналіз.

#### Перелік посилань:

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

## ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЦТВА НІЗИНУ

магістрант Драгузя К.В., к.т.н, доцент Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

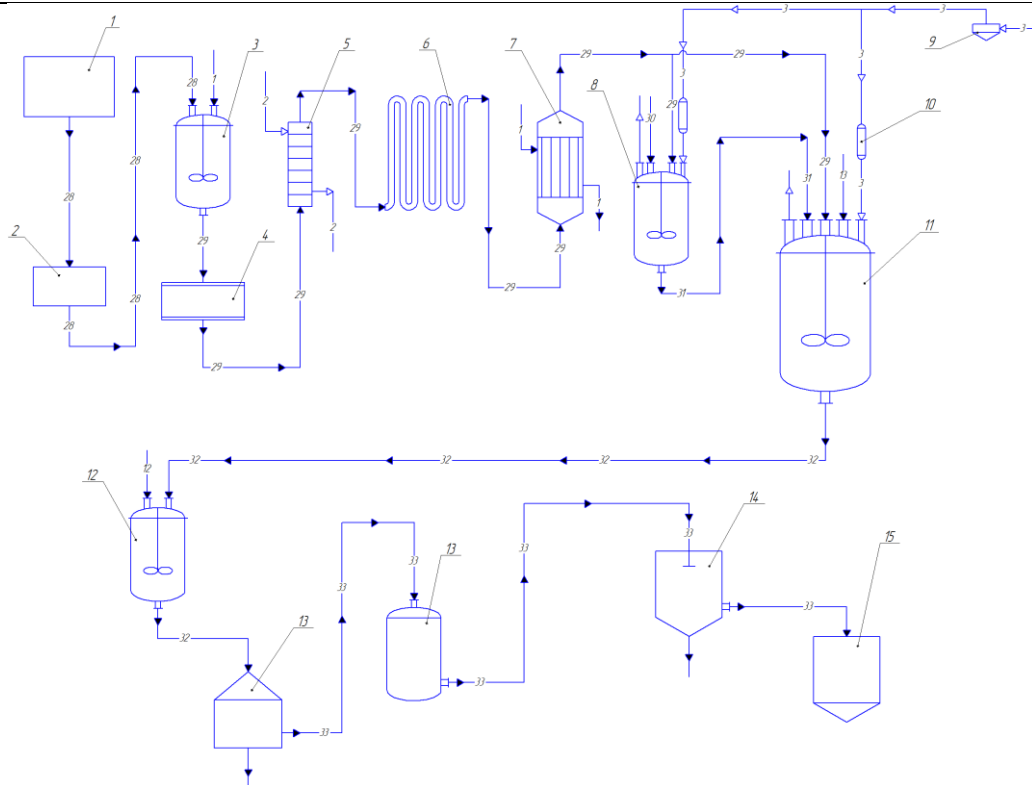
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Нізін – природний консервант, бактеріоцид, що утворюється мікроорганізмом *Lactococcus lactis*. В якості харчової добавки нізін має властивість пригнічувати грампозитивні бактерії, велику кількість спороутворюючих та деякі кислотостійкі бактерії. Застосування нізину, крім того, дозволяє скоротити час або зменшити вплив температури теплової обробки, що дає змогу зберегти корисні речовини в продуктах [1].

Нізін являє собою порошок кремового або сірого кольору. Він добре розчинний у воді, термостабільний, не втрачає своїх властивостей при  $pH = 3,5-8,0$ .

На рисунку 1 приведена технологічна схема виробництва нізину [2].

Для отримання нізину спершу готують стерильний водний розчин гідроксиду натрію в співвідношенні 1:10. Розчин фосфорної кислоти готують в співвідношенні 1:1. Для приготування поживного середовища розсол молочної сироватки зі сховища 1 подається через проміжну ємність 2 у реактор змішувач 3, в якому додають воду і збирають у буферній ємності 4. Стерилізують поживне середовище парою у колоні 5, після чого подають у витримувач 6 і теплообмінник 7. Культивування нізину відбувається у ферментері 11, в який також додають поживне середовище, посівний матеріал, гідроксид натрію, повітря, яке попередньо очищується в циклоні 9 повітря і в індивідуальному фільтрі 10 подають у ферментер 11. Тривалість процесу ферментації 8-10 годин. По закінченню ферментації культуральну рідину перекачують у збірник культуральної рідини 12, в який додають фосфорну кислоту, закисляючи розчин до кінцевого рН 2,5. Виділення нізину з концентрованого розчину культуральної рідини відбувається в сепараторі 13. Осушений в розпилюючій сушарці 14, нізін збирають у бункері 15.



1 – сховище розсолу молочної сироватки; 2 – проміжна ємність; 3 – реактор-змішувач; 4 – буферна ємність; 5 – стерилізаційна колона; 6 – витримувач трубний; 7 – теплообмінник; 8 – посівний апарат; 9 – циклон; 10 – індивідуальний фільтр; 11 – ферментер; 12 – збірник; 13 – сепаратор; 14 – сушарка; 15 – бункер.

Рисунок 1 – Принципова технологічна схема виробництва нізину.

Аналіз наведеної технологічної схеми дозволяє зробити висновок, що ефективність виробництва нізину залежить від стадії ферментації, та забезпечення якості та кількості матеріалу та на стадії сушіння цільового продукту. З огляду на це доцільно, перш за все, модернізувати будову та роботу ферментера.

### **Перелік посилань:**

1. <http://infodiplom.ru/Tekhnologiya-proizvodstva-nizina.-Antibioticheskie-svoyjstva.html>. [Технология производства низина. 28.03.2018];
2. <http://www.findpatent.ru/patent/258/2585521.html> [Способ и технологическая линия производства низина. 12.10.2018].

## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ РІДКИХ МИЮЧИХ ЗАСОБІВ

магістрант Драгузя О.В., к.т.н, доцент Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Миючі засоби – це сполуки, основною складовою яких є миючі речовини. До них відносять мило й миючі засоби. Вони є товарами першої необхідності для особистого застосування й відіграють значну роль у різних галузях промисловості.

За консистенцією миючі засоби класифікують на порошкові, рідкі та пастоподібні. В останній час з'явилась тенденція збільшення долі рідких миючих засобів. Рідкі миючі засоби мають ряд суттєвих переваг в порівнянні з порошками: легко вимиваються, швидко та повністю розчиняються в воді, м'яко впливають на тканину [1].

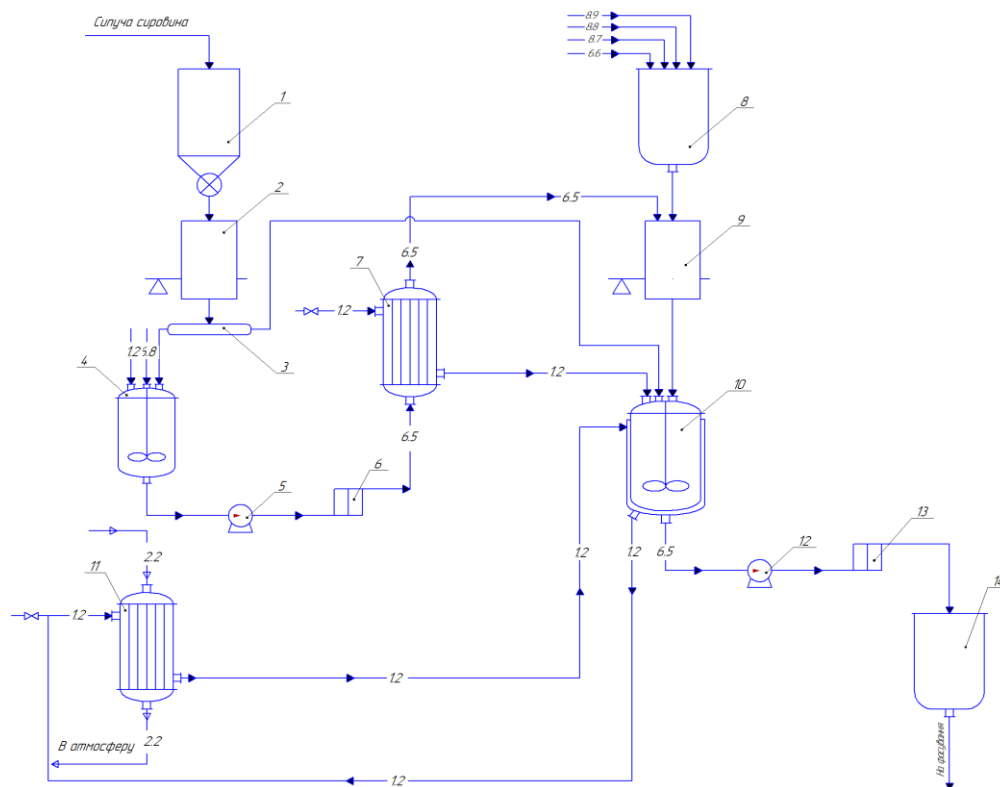
На рисунку 1 приведена технологічна схема виробництва рідкого миючого засобу для прання [2].

Для отримання рідких миючих засобів (РМЗ) спочатку готують водний розчин лаурилсульфат натрію в співвідношенні 1:6, потім додають амідопропіл бетаїну та гліцерин. Сипучу сировину з бункера 1 через шлюзовий затвор послідовно подають на ваговий дозатор 2. Транспортером 3 сипучі компоненти направляють в реактор 4 для приготування розчину або в змішувач 10. Готовий розчин з реактора 4 насосом 5 подається на фільтр 6, де його фільтрують, а потім охолоджують до 20 – 25 °С у теплообміннику 7. Рідкі компоненти (лимонна кислота, піногасник, цитрат натрію) в змішувач 10 надходять з ємності 8 через вагові дозатори 9. Після їх завантаження додають необхідну кількість води, яка не містить солей жорсткості, нагрівають розчин до 60 °С, перемішують, а потім через дозатор 9 подають розчин лаурилсульфат натрію з амідопропіл бетаїном або транспортером 3 сипучі компоненти, барвник. Розчинення відбувається при 60 °С і перемішуванні в апараті 10, підігрів якого здійснюється за рахунок нагрітої в



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

теплообміннику 11 води. Отримавши в результаті перемішування однорідний розчин, припиняють підігрів і при температурі 30 - 35 °С вводять при перемішуванні віддушку. Одержаний гомогенний розчин зі змішувача 10 насосом 12 через фільтр 13 направляють в збірник 14, звідки РМЗ подають на фасування.



1 – бункер сипучої сировини ; 2,9 – ваговий дозатор; 3 – транспортер;  
4 – реактор; 5,12 – насос; 6,13 – фільтр; 7,11 – теплообмінник; 8 – видаткова  
ємність рідкої сировини; 10 – змішувач; 14 – збірник.

Рисунок 1 – Принципова технологічна схема

З вищенаведеної схеми стає зрозуміло, що найбільш енергоємним комплексом обладнання лінії виробництва миючих засобів є змішувач. Тому доцільно вдосконалити його будову за рахунок модернізації.

**Перелік посилань:**

1. Ковалев В.М., Петренко Д.С. **Технология производства синтетических моющих средств**. М: Химия, 1992. – 164 с.
2. Николаев П.В. **Основы химии и технологии производства синтетических моющих средств**. — Иваново, 2007. — 85 с.

3. УДК 668.621.6

**МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕАКТОРНОГО БЛОКУ  
КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ**

студент Іваненко М.С., доц., к.т.н. Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Бензини є одним з основних видів пального для двигунів сучасної техніки. Виробництво бензинів - найважливіша галузь нафтопереробної промисловості України, значною мірою впливає на економічний розвиток нашої країни. Каталітичний риформінг - найважливіша стадія отримання високооктанового компонента моторного палива, а також індивідуальних ароматичних вуглеводнів, використовуваних в нафтохімії і промислового водню. [1].

Тому оптимізація даного процесу особливо актуальна через неухильне зростання споживання автомобільних бензинів та безперервна екологічна боротьба за чистоту навколишнього середовища витіснила застосування антидетонаторів на основі свинцю, що підвищило роль каталітичного риформінгу у виробництві неетиллованих бензинів з високим октановим числом.

Було проведено розрахунки апаратів для визначення більш ефективного. Ці результати представлені на рисунку 1.

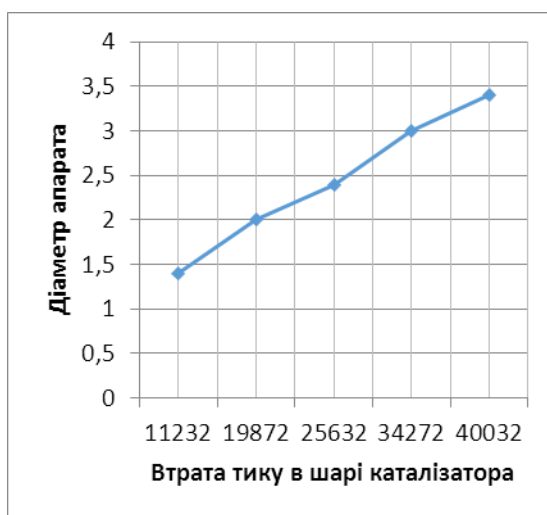


Рисунок 1 – Залежність втрати тиску в шарі каталізатора від діаметра апарата

Про аналізувавши апарати і каталізатори які розглядалися вище при розрахунку , результати можемо спостерігати на рисунку 2.

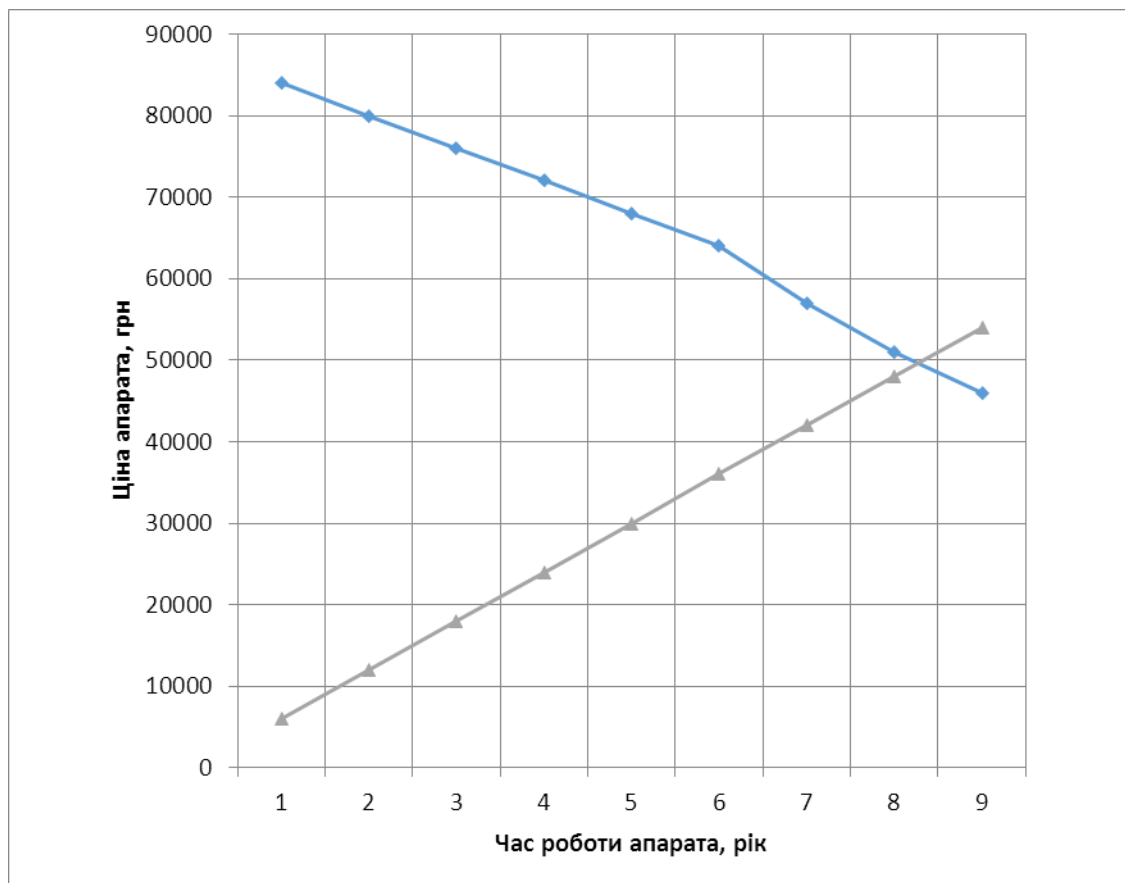


Рисунок 2 – Залежність ціни від періоду експлуатації

Метою даної роботи є проведення аналізу для визначення більш ефективного апарату. Такий апарат має діаметр 2,4 м і товщину шару каталізатора 0,89 м.

#### **Перелік посилань:**

1. <http://ukrbukva.net/27526-Kataliticheskiiy-riforming.html> від 01.11.18.
2. Кузнецов А. А., Кагерманов С. М., Судаков Е. Н. Расчёты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающих промышленности. – Л.: Химия, 1974. – 344с.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ КОКСОВИХ ГАЗІВ З РОЗРОБКОЮ РОЗДІЛЮЮЧОЇ КОЛОНИ ТА НАГРІВАЧА

студентка Ільєнко А.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

При перенесенні тепла у рекуперативних теплообмінниках загально відомо, що коефіцієнт тепловіддачі залежить від властивостей середовища, а ефективність тепловіддачі залежить від коефіцієнта тепловіддачі та площі поверхні, що приймає участь у теплообміні.

Недоліком встановленого нагрівача є недостатньо висока ефективність його роботи через невисоку інтенсивність теплопередачі.

В основу корисної моделі покладено завдання підвищення ефективності роботи нагрівача, за допомогою удосконалення використанням теплообмінних трубок, які турбулізують потік та забезпечують інтенсифікацію теплообміну трубок.

Поставлене завдання досягається тим, що на внутрішній поверхні трубок розташовані голки. Це забезпечує збільшення коефіцієнта тепловіддачі, а отже і теплопередачі, відповідно призводить і до збільшення продуктивності нагрівача [1].

Із основного рівняння теплопередачі (1) видно, що кількість теплоти, яку можна передати, можна збільшити за рахунок збільшення площі поверхні контакту  $F$  або збільшити коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_{min}$ , який розраховується за формулою 2 [2].

$$Q = \alpha_{min} \cdot F \cdot \Delta t, \quad (1)$$

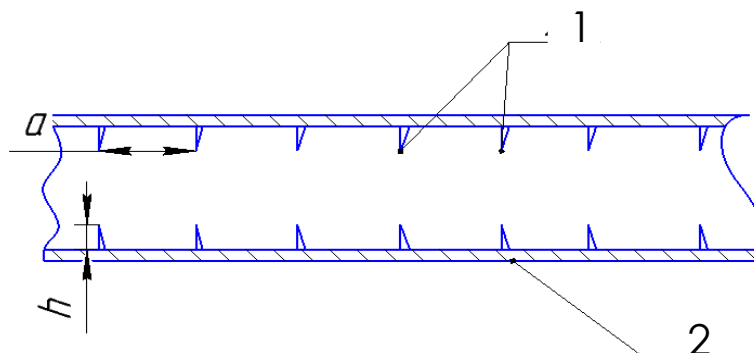
де  $\Delta t = t_r - t_x$ ,  $t_r, t_x$  – температура гарячого і холодного теплоносія.

де  $\alpha_{min}$  – коефіцієнт тепловіддачі від гарячого теплоносія до стінки і від стінки до холодного теплоносія відповідно;  $F$  – площа.

Площа поверхні стандартних теплообмінних труб:

$$F_1 = 2\pi RLn, \quad (2)$$

де  $R$  – радіус труби,  $L$  – довжина труби,  $n$  – кількість труб.



1 – теплообмінна трубка; 2 – голки на внутрішній поверхні труби.

Рисунок 1 – Елемент труби

Площа поверхні теплообмінних труб з голками на внутрішній поверхні:

$$F_2 = (2\pi RL + \pi rl)n \quad (3)$$

$r$  – радіус кола основи голки (конуса);  $l$  – довжина твірної голки (конуса);

Після підстановки  $F_1$  і  $F_2$  в (1) отримаємо відповідно  $Q_1$  і  $Q_2$ . Якщо порівняти  $F_1$  і  $F_2$ , то видно, що  $F_1 < F_2$ , відповідно  $Q_1 < Q_2$ , де  $Q_1$  – це кількість тепла, що можна передати за допомогою стандартних труб,  $Q_2$  – це кількість тепла, що можна передати за допомогою труб з голками на внутрішній поверхні трубки.

Висновки. Порівнюючи кількість переданої енергії до модернізації і після отримуємо підвищену ефективність нагрівача.

#### Перелік посилань:

1. Заявка 201804529 Кожухотрубний теплообмінник / А.В. Ільєнко, А.Р. Степанюк; заявник А.В. Ільєнко – № у 2018 04529; заявл. 25.04.2018.

2. [https://studopedia.su/6\\_21707\\_teploperedacha-cherez-plosku-odnosharovu-i-bagatosharovu-stinki.html](https://studopedia.su/6_21707_teploperedacha-cherez-plosku-odnosharovu-i-bagatosharovu-stinki.html) від 14.11.2018

## ВПЛИВ КАВІТАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ В ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТАХ НА ВЛАСТИВОСТІ КІНЦЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

д.т.н. Іваницький Г. К., к.т.н. Гоженко Л. П., к.т.н. Радченко Н. Л.,  
к.т.н. Коник А. В.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

Основою збільшення продуктивності обладнання і зниження енерговитрат на проведення технологічних операцій є створення та впровадження ефективних технологічних апаратів з малою питомою енергоємністю і матеріалоемністю, високим ступенем впливу на оброблювані речовини. В різних галузях промисловості використовуються ефективні технології, в основі яких застосовують пульсаційні апарати дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) з періодичним змінням тиску в робочій камері, що розроблені в ІТТФ НАН України. Метод ДІВЕ реалізує принципово новий підхід до інтенсифікації тепломасообмінних та гідромеханічних процесів в дисперсних системах. Теоретичні основи цього методу представлені в роботах [1 – 3].

Метою проекту є посилення динамічних ефектів методу ДІВЕ при оптимальних режимах обробки сировини в пульсаційних апаратах за допомогою ініціювання кавітаційного механізму та дослідження впливу динамічних механізмів на кінцеву продукцію.

Проведено оптимізацію процесу реалізації кавітаційних механізмів в апаратах пульсаційного типу для подальших розробок принципово нових кавітаційних реакторів. Створено базову фізичну модель пульсаційного апарата, що дозволяє описувати фізичну суть процесів в апаратах ДІВЕ. На основі базових математичних моделей, що описують гідродинамічні процеси в газовому та рідинному трактах апарата [3], створено математичну модель, що описує характер ініціювання і протікання кавітаційних процесів в рідинному тракті кавітаційного реактора. Проведеий аналіз моделювання ефектів кавітації

в трубі пульсаційного диспергатора дозволив отримати порівняння різних режимів роботи апарата та оптимізувати процес реалізації кавітаційного впливу на середовище в процесі обробки.

Результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень підтверджено одержанням якісної кінцевої продукції на прикладі різноманітних екстрактів з рослинної сировини. Зокрема, одержані результати лабораторних досліджень якості отриманих екстрактів з насіння льону дозволили рекомендувати кавітаційну обробку при розробці нових технологічних ліній одержання хлібобулочних виробів, а концентрований льняний продукт включено в рецептури хліба і хлібобулочних виробів провідними експертами харчової промисловості на основі відповідних актів. Лляний екстракт на основі сироватки, отриманий на кавітаційному реакторі, за фізико-хімічними властивостями і мікробіологічними показниками у процесі зберігання рекомендовано та включено до рецептур комбікормів для використання в АПК при відгодівлі тварин та збільшення їх продуктивності. Отже, за одержаними результатами досліджень підтверджено, що застосування кавітаційного впливу є енергоефективним способом підвищення якості кінцевої продукції.

### **Перелік посилань:**

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

2. Долинский А. А., Басок Б. И., Гулый И. С. и др. Дискретно-импульсный ввод энергии в теплотехнологиях. – Киев: Научная книга, 1996. – 208 с.

3. Иваницкий Г. К., Корчинский А. А., Матюшкин М. В. Математическое моделирование процессов в пульсационном диспергаторе ударного типа // Проблемы промышленной теплотехники, Киев, 2003, № 1, с. 29 – 34.

## ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ КОМБІНОВАНИХ ВИКИДІВ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЯЦІЇ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Під час виробництва гранульованих орґано-мінеральних добрив виділяється значна кількість полідисперсних викидів сульфату амонію та водяної пари, які є їх складовими. Тому виникає задача їх вловлювання, для попередження їх втрат та повернення до виробничого процесу.

Під час виробництва добрив у грануляторі генеруються значна кількість високодисперсних твердих частинок та водяної пари. Під дією нагрітого газового потоку відбувається їх інтенсивне перемішування гранул по всій порожнині його камери, яке супроводжується відколюванням шматків гранул у вигляді частинок різного розміру, чим і обумовлена їх полі дисперсність та випаровування води-розчинника.

Тому задачею очистки газових викидів є очищення газового від полідисперсних частинок та парів води.

Отже, необхідно створити технічні умови, які дозволяють ефективно реалізувати процес вловлювання. Тому, серед вихідних даних для вибору способів, технічних засобів і параметрів пилоловлювання найбільш важливим є технологічні та пилоаеродинамічні [1].

За дисперсністю пил сульфату амонію має широкий діапазон від 5 до 200 мкм [2], який займає водночас I — IV групи [3]. За адгезійними властивостями займає 2-гу групу [3, 2]. Має абразивні властивості, через голчасту структуру кристалів [3, 2]. За змочуваністю є гідрофільним [2]. Частинки мають гігроскопічність, що сприяє їх уловлюванню в апаратах мокрого типу також [3].

Приймемо апарати за діапазонами вловлюваної дисперсності, якими вони цілком укладаються в діапазон дисперсності розглядуваних частинок.



Зважаючи на ідею вловлювання, розглядувані апарати повинні поєднувати властивості пиловловлювача, конденсатора пари та порожнистого скрубера, тому може виникнути потреба зміни конструкції.

Для реалізації процесу можна використати такі апарати [1, 3]: інерційні пиловловлювачі, серед яких поширені циклони, діапазон вловлювання 25-30 мкм. Вихреві пиловловлювачі, діапазон вловлювання <5 мкм. Апарати мокрої очистки, діапазон вловлювання від 0,1 мкм.

Ці апарати можуть бути використані в поєднанні разом, взаємодоповнюючи дію один одного для розширення діапазону вловлюваної дисперсності частинок.

Як менш енергетично затратний варіант, який дозволить реалізувати процес вловлювання, пропонується змінити конструкцію циклону, для доповнення його властивостей технічними ознаками наведених апаратів, шляхом розташування в ньому розпилювальних форсунок та зовнішньої охолоджувальної обичайки.

**Висновок.** Розглянуто способи, методи та апарати для уловлювання полідисперсних двофазних викидів. Обґрунтовано та обрано підходящі апарати для реалізації цього процесу в даних умовах. Запропоновано технічне рішення для ефективного вловлювання, шляхом встановлення циклону вдосконаленої конструкції.

### **Перелік посилань:**

1. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки. Учебное пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. - с.: ил., библиогр.
2. Корнієнко Я. М., Сачок Р. В. Х89 Процеси переносу в дисперсних системах : Навч. посіб. [Електронне видання]. 132 с.: іл.
3. [http://dn.khnu.km.ua/dn/k\\_default.aspx?M=k0272&T=03&lng=1&st=0](http://dn.khnu.km.ua/dn/k_default.aspx?M=k0272&T=03&lng=1&st=0).

## МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІМЕРНИХ ГРАНУЛ З РОЗРОБКОЮ ЕКСТРУДЕРА

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

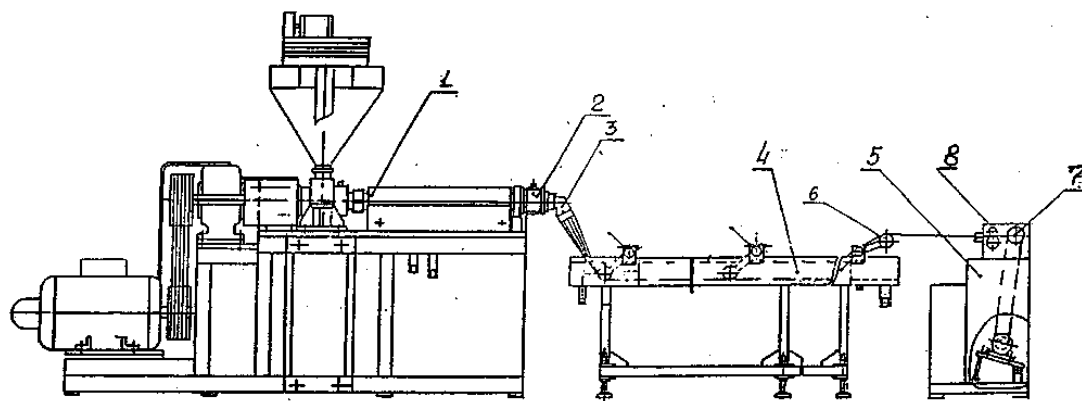
У сучасному світі виробництво полімерів набирає широких обертів. Після експлуатації даний матеріал ліквідується на полігони для подальшого розпаду. Цей процес займає близько 200 - 300 років, а обсяги виробництва з кожним роком зростають, тому є питання переробки вторинної сировини на виробництві для повторного використання є важливою та актуальною задачею, яка частково вирішується за рахунок регрануляції вторинних відходів.

Грануляція - це стадія підготовки пластику до переробки, що заключається в перетворенні полімерного матеріалу в сипучий зернистий продукт. Гранульовані матеріали мають такі позитивні якості, як велика насипна щільність, міцність, добра сипучість. Крім того вони добре дозуються, зберігаються і транспортуються. Відштовхуючись від типу і властивостей матеріалу використовуються такі види гранулювання (таб.1):

Таблиця 1 – Види гранулювання

Спосіб гранулювання	Форма гранул	Продуктивність	Особливості ведення процесу
Система з повітряним охолодженням	Лінзи, циліндрична	Низька і середня	Нарізання розплаву виконується безпосередньо на фільтрі з допомогою обертових ножів. Охолодження повітрям
Система водокільцевого гранулювання	Лінзи, овальна, мікрогранули	Середня і висока	Нарізання розплаву проводиться безпосередньо на фільтрі за допомогою обертових ножів. Охолодження водою
Система стренгового гранулювання	Циліндрична, мікрогранули	Середня і висока	Видавлюється заготовка в вигляді круглих прутиків, які попередньо охолоджуються повітрям чи водою, а потім нарізаються
Система підводного гранулювання	Сферична, мікрогранули	Висока	Нарізання розплаву проводиться безпосередньо на фільтрі в водному середовищі за допомогою обертових ножів

Прикладом установки стренгового гранулювання (рис.1) є процес, при якому стренги охолоджуються в ванні, обдуваються повітрям, а потім ріжуться на гранули та калібруються. Дана технологія отримання гранульованого полімерного матеріалу є простою та найпоширенішою при незначних обсягах переробки.[1,2]



де 1 – екструдер; 2 – фільтр; 3 – стренгова голівка; 4 – ванна охолодження;  
5 – гранулятор; 6 – пристрій для натягування; 7 – різак гранул;  
8 – пристрій для введення сировини.

Рисунок 1 – Лінія стренгового гранулювання

Загальна технологічна схема гранулювання: пластифікація, гомогенізація, стабілізація, фільтрація розплаву, гранулювання.

Перші чотири етапи проводяться на найскладнішому обладнанні лінії – екструдері. Тому його модернізація є актуальним питанням сьогодення.

#### **Перелік посилань:**

1. <http://www.plastics.ru/pdf/journal/2012/08/Pichulin.pdf> від 30.10.2018 р.
2. <http://eco.com.ua/content/ekologichna-bezpeka-ta-tehnologiyi-pererobki-termoplastiv> від 30.10.2018 р.

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ВОДИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕЛЕМЕНТИ МЕТАЛЕВИХ І БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

к.т.н., с.н.с. Коник А.В., к.т.н., с.н.с. Целень Б.Я., к.т.н., с.н.с Радченко Н.Л.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

Вода як технологічна сировинна складова має ряд важливих параметрів, взаємозв'язок та величина яких визначає, якість готового продукту, параметри ведення процесу та його ефективність. Якість і безпечність води визначаються відповідними нормуючими документами в яких представлено гранично-допустимий рівень концентрації речовин за хімічним складом, параметри радіаційного фону і мікробіологічні показники, а також деякі фізичні показники. Серед не менш важливих є параметри, взаємозв'язок яких має практичне значення, це стабільність води, індекс Ланжелъє і водневий показник. Всі ці параметри залежать або ж безпосередньо пов'язані з карбонатною буферністю води, яка обумовлюється такими характеристиками як жорстокість, лужність та рН.

Водневий показник на практиці визначається потенціометричним методом за допомогою рН-метра. Принцип дії якого базується на зміні електро-рушійної сили (ЕРС) елемента, в якому один із електродів зворотній щодо водню, а інший є електродом порівняння. Для всіх потенціометричних методів визначення рН як еталона ЕРС використовують нормальний елемент Вестона, який має високу ступінь сталості електрорушійної сили і її відновлюваність.

Карбонатна буферність і рН є основними параметрами, які визначають стабільність води. Технологічний термін поняття стабільності води в галузі промислового і міського водопостачання почали активно використовувати в 60-70х роках минулого століття. Вважалось, що воду знебарвлену і освітлену не можна вважати задовільної якості у випадку, якщо вона, проходячи по трубах, набувала забарвлення або мала осад, а води, в яких зберігається основна карбонатна рівновага, тобто не виділяється і не розчиняється карбонат кальцію, називаються стабільними.

Проблема стабільності води відображається в утворенні накипу або корозії на металевих поверхнях, внаслідок вимивання міжплиткового цементного розчину в басейнах облицьованих плиткою. Іноді інтенсивність корозії затирочної речовини настільки велика, що потрібний регулярний ремонт.

Американський вчений Ланжелє (W.F. Langelier) запропонував використовувати розроблену ним формулу для оцінки термостабільності розчину. Формула побудована на визначенні ступеня насичення розчину карбонатом кальцію. Нестабільність розчину призводить або до утворення накипу або до корозії. Індекс донині використовується фахівцями в галузі водопідготовки.

Величина індексу Ланжелє визначається за формулою:  $LSI = pH - pH_s$ . Його значенням відповідають: індекс Ланжелє  $< 0$  утворення накипу немає, розчин агресивний (висока корозія); індекс Ланжелє  $= 0$  розчин стабільний; індекс Ланжелє  $> 0$  спостерігається утворення накипу, корозії не спостерігається.

Вчений Різнер звернув увагу на те, що шар накипу на поверхні металу може перешкоджати корозії. Грунтуючись на коефіцієнтах розрахунку індексу Ланжелє, Різнер запропонував свою формулу розрахунку стабільності розчину:  $2pH_s - pH$ . Його значення вказує, що при  $2pH_s - pH > 6$  розчин схильний до корозії, при  $2pH_s - pH = 6$  розчин стабільний, при  $2pH_s - pH < 6$  розчин схильний до утворення накипу. Індеси Ланжелє і Різнера необхідно застосовувати при підготовці води для басейнів і будь яких поверхонь, які постійно знаходяться під шаром води.

В Інституті технічної теплофізики НАН України проводяться науково-дослідні роботи зі створення обладнання для підготовки води, що дозволяє коригувати не тільки фізико-хімічні показники, мікробіологічні параметри, а й технологічні індекси.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ

студент Король А.Ю., к.т.н., ст.вик. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Технологія отримання етиленгліколю на основі гідратації оксиду етилену є найбільш поширеною. З широкого кола вихідних гліколю етиленгліколь по об'єму виробництва та важливості для господарській діяльності займає особливе місце. В основному це обумовлено його широким застосуванням у хімічній, текстильній, автомобільній, авіаційній та нафтогазовій промисловості. Приблизно 50-60% світового виробництва етиленгліколю використовують для отримання синтетичних поліефірних волокон на основі поліетілентерефталата, 20-30% при виробництві антифризів і гідравлічних рідин. Так само відомо, застосування його в процесах синтезу поліуретанів, алкідних смол, різних композицій для змащування та охолодження при обробці металів різанням.

На рисунку 1 наведено технологічну схему виробництва етиленгліколю потужністю близько 3 тон на годину (Німеччина, Аноргана), де 1, 5, 9, 12, 13, 19–22 – збірники; 2, 4 – насоси; 3 – змішувач; 6 – теплообмінник; 10, 23 – підігрівачі; 11, 17 – випарні апарати; 14–16, 18 – ректифікаційні колони.

Попередньо, окис етилену охолоджується до температури  $-10^{\circ}\text{C}$ , після чого з апарату 1 подається до змішувача 3. Верхня частина змішувача представляє собою насадкову колону, яка заповнена кільцями Рашига ( $15\times 15$  мм). Основна функція її полягає в абсорбції парів окису етилену, які можуть виділятися при неповному розчиненні її у воді в нижній частині змішувача.

Співвідношення окису ефіру та води перед реактором підтримується 1:6 (по об'єму).

Шихта, що складається з 13% окису етилену та води, зі змішувача 3, подається при тиску до 2,45 МПа в гідрататор 7 через теплообмінник 6. Шихта в теплообміннику 6 підігрівається реакційною рідиною, що виходить з гідратора до  $160-180^{\circ}\text{C}$ , при цьому сама реакційна рідина охолоджується до  $90^{\circ}\text{C}$ .

Суміш етиленгліколю з водою після реактору потрапляє до багатокорпусної випарної установки 11, де зневоднюється до 90% по етиленгліколю.

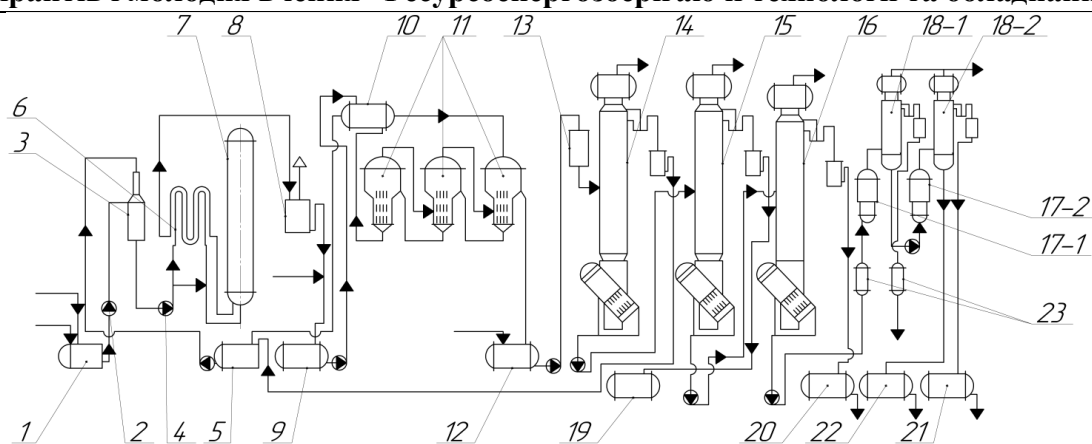


Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва етиленгліколю

Подальше зневоднення та розділення суміші відбувається в ректифікаційних колонах 14, 15, 16. Перша та друга колони дозволяє отримати ректифікований продукт з чистотою 98%, друга колона виділяє з етиленгліколю діетиленгліколь, який має комерційну цінність.

У зв'язку з відмінністю традиційної схеми ректифікації, яка застосовується на підприємствах в Україні (одна ректифікаційна колона), та сучасними схемами є необхідність модернізації ректифікаційної колони з метою отримання ректифікату з чистотою 98%, для забезпечення стандартів по якості цього продукту країн ЄС.

#### Перелік посилань:

1. ГОСТ 19710–83. Этиленгликоль. Технические условия. — М.: Изд-во стандартов, 1983. — 15 с.
2. Дымент О. Н., Казанский К. С., Мирошников А. М. Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена — М.: Химия, 1976. — 372 с. (84)
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.
4. Юкельсон И. И. Технология основного органического синтеза: учеб. для химико-технологических специальностей. — М.: Химия, 1968. — 846с.: ил.

## ОГЛЯД ВАРІАНТІВ ПРОМИСЛОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Кремнійорганічні сполуки і композиції з їх використанням являють значний інтерес для промислового застосування, що зумовлено, насамперед, незначною зміною їх фізичних властивостей в широкому діапазоні температур, а також гідрофобністю та антифрикційними властивостями.

Результати проведеного інформаційно-аналітичного дослідження дозволяють встановити що кремнійорганічні речовини широко застосовуються у:

- машино- і приладобудуванні в якості основи для мастил та змазок, які здатні працювати тривалий час при температурах від  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а короткотривалий час – до  $+350\text{ }^{\circ}\text{C}$  і відрізняються низькою випаровуваністю (порівняно з іншими видами мастил);
- гідравлічних системах – в якості робочих рідин, основні переваги яких полягають у відносно малій зміні в'язкості при зміні температури і тиску, можливості стійкої роботи в температурному діапазоні від  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , малій корозійній активності по відношенню до сталі, дюралюмінію та бронзи;
- теплообмінному обладнанні, як теплоносії з високими показниками термостабільності за температур від  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+250\text{ }^{\circ}\text{C}$  і хімічної стійкості, малою корозійною активністю та низькою випаровуваністю;
- холодильній техніці, як мастила для компресорів, що дозволяють зменшити тертя, покращити охолодження деталей машини та ущільненість зазорів.
- нафтопереробній промисловості, як піногасник та деаератор;



– будівництві – у якості добавок для підвищення морозо- і корозійностійкості бетонів і покращення їх механічних властивостей та для гідрофобного захисту цегли та гіпсокартону;

– скляній та керамічній промисловості – в якості зміцнювального компонента при формованні та в якості гідрофобного покриття;

– термостійких та антикорозійних фарбах для підвищення їх термостійкості, діелектричних властивостей, гідрофобності та зменшення негативного впливу низьких температур;

– текстильній промисловості для підвищення якісних властивостей продукції серед яких: надання гідрофобності, підвищення м'якості та міцності тканин, збільшення кількості циклів прання, що витримує тканина;

– шкіряній промисловості для збільшення стійкості шкіри до впливу вологи;

– целюлозно-паперовій промисловості для надання паперу та картону антиадгезійних властивостей, підвищення їх міцності, як запобіжний засіб проти пліснявіння і гниття, а також у якості піногасника при сульфатному і сульфатному варінні целюлози, на стадії формування полотна та під час очищення стічних вод;

– харчовій промисловості для підвищення якості виготовленої продукції, а саме уникнення прилипання продукції до форми та конвеєру, збільшення продуктивності обладнання за рахунок уникнення піноутворення в сахарному, дріжджовому, молочному, винному виробництві, збільшення терміну придатності овочів та фруктів за рахунок утворення на поверхні пароповітряної плівки;

– косметології та в медицині у складі засобів для шкіри, лосьйонів для рук, лаків для волосся, губних помад та інших, оскільки вони фізіологічно та хімічно інертні, у них відсутній запах, колір та смак, вони мають тривалий час зберігання.

Проведений аналіз свідчить про ефективність і доцільність застосування кремнійорганічних сполук при вдосконаленні традиційних та розробці новітніх продуктів, що робить перспективними дослідження нових шляхів їх застосування в промисловості.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

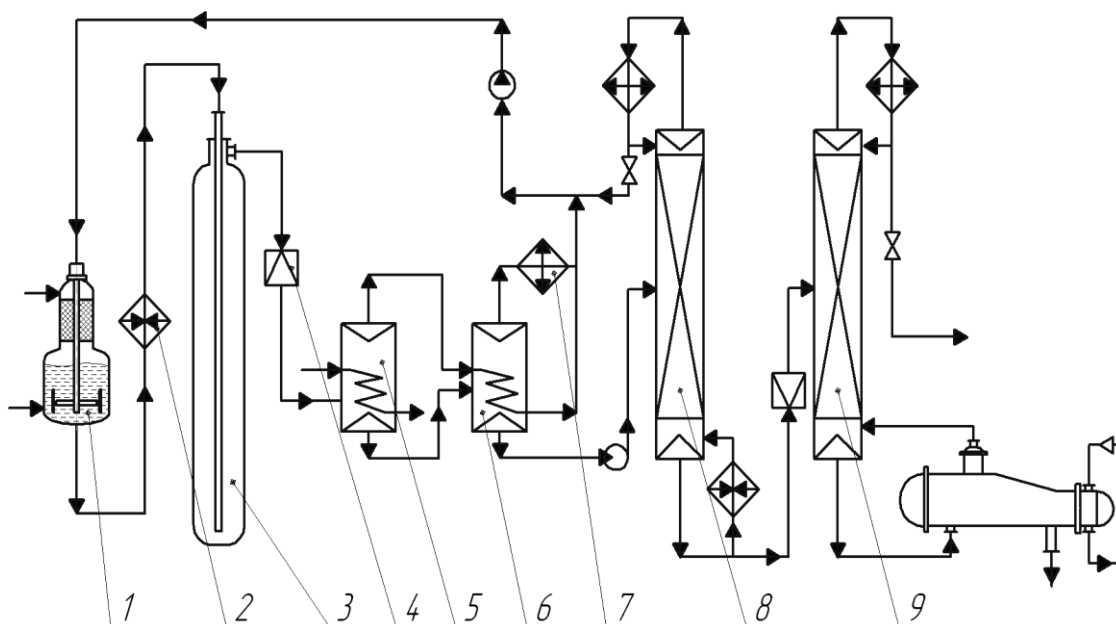
Гідратація етилену – поширений спосіб синтезу етиленгліколю [1]. Технологічну схему виробництва представлено на рисунку 1. Охолоджений до  $-10^{\circ}\text{C}$  та сконденсований окис етилену разом з водою подаються до апарату з мішалкою для розчинення рідкого газу у воді. Для повного реагування окису етилену підтримується співвідношення його до води 1:6 (по об'єму). Верхня частина змішувача представляє собою насадкову колону, яка заповнена металевими кільцями Рашига ( $15\times 15\times 2$  мм) [2]. Основна функція її полягає в абсорбції парів окису етилену, які можуть виділятися при неповному зчепленні її водою в нижній частині змішувача.

Попередньо, окис етилену охолоджується до температури  $-10^{\circ}\text{C}$ , після чого подається до змішувача 1. Верхня частина змішувача представляє собою насадкову колону, яка заповнена кільцями Рашига ( $15\times 15$  мм). Основна функція її полягає в абсорбції парів окису етилену, які можуть виділятися при неповному розчиненні її у воді в нижній частині змішувача.

Шихта, що складається з 13% окису етилену та води, зі змішувача 1, стискається до 2,5 МПа, нагрівається, та подається в реактор синтезу. Реакція екзотермічна, тому реактор після запуску генерує достатньо тепла для всього виробничого процесу. Суміш води з етиленгліколем після реактору має температуру  $165-170^{\circ}\text{C}$ , що дозволяє організувати роботу першого корпусу багатокорпусної випарної установки за тиску 7,15 МПа. Перша ректифікаційна колона 1 дозволяє відігнати воду до кінцевої концентрації етиленгліколю 95%, друга колона використовується для виділення триетиленгліколю, який має комерційну цінність.

Пропонується модернізувати апарат з мішалкою для зменшення викидів окису етилену за конструкцію [2]. На сьогоднішній день абсорбційна частина

апарату з мішалкою відсутня, тому при стравлюванні нерозчинних газів над поверхнею води (які потрапили в апарат разом з окисом етилену) втрачається значна частина окису етилену.



1 – апарат для розчинення окису етилену у воді; теплообмінник; 3 – реактор гідратації; 4 – дросель; 5 – випарна установка, перший корпус; 6 – другий корпус випарної установки; 7 – конденсатор пари; 8 – ректифікаційна колона зневоднення етиленгліколю; 9 – ректифікаційна колона розділення діетиленгліколю

Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва етиленгліколю

Висновок: для перевірки доцільності встановлення абсорбційної частини на апарат з мішалкою необхідно провести розрахунки кількох варіантів роботи нового устаткування, провести патентний пошук та порівняти з аналогами.

#### **Перелік посилань:**

1. 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.

2. Юкельсон И. И. Технология основного органического синтеза: учеб. для химико-технологических специальностей. — М.: Химия, 1968. — 846с.: ил.

## **Модернізація установки виробництва карбаміду з розробкою**

### **випарного апарата та апарата зворотного осмосу**

студент Кушнірук В. М. ст. викл. Гулієнко С. В.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Карбамід (сечовина) - найбільш цінне безбаластне азотне добриво, що містить до 46% азоту. Карбамід застосовується також як азотисту добавку для корму худоби.

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 проники тканин. Карбамід також використовується в фармацевтичній промисловості і для виготовлення синтетичних волокон.

Карбамід отримують синтетично з аміаку і двоокису вуглеводу

Виробництво карбаміду включає стадії хімічної взаємодії ( $\text{NH}_3$ ) та вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ), дистиляція продуктів синтезу и переробки розчинів карбаміду, отриманих при дистиляції, в готовий продукт. Синтез проходить в дві стадії. В першій відбувається створення карбаміновокислотного амонію (карбамату). В другому випадку відбувається дегідратація карбамату з утворенням карбамиду в рідкій фазі(розплаву).

Для виробництва карбаміду прямим синтезом використовують колону з легованої сталі.

Принципова схема такого способу синтезу представлення на рисунку 1. Всередині колони є внутрішній циліндр, призначення якого захистити корпус високого тиску від агресивного реакційного середовища. Рідкий аміак насосом подається в кільцевий простір між корпусом і внутрішнім циліндром, омиває корпус, захищає його від впливу агресивного середовища і реагує з двоокису

вуглеводу, який подається знизу колони в внутрішній простір циліндра. Колона робить при режимі витіснення. Плав карбаміду відводиться з верхньої частини колони, дроселюється до атмосферного тиску і направляється в дистиляційну колону, де від розчину карбаміду відганяється аміак і продуктів розкладення вуглеаміноїних солей. Розчин карбаміду випарюють в випарному апараті і кристалізують чи гранулюють карбамід в грануляційній колоні. Гази дистиляції направляються на регенерацію і шляхом абсорбції звільняється від різних реагентів і знову запускається в процес.

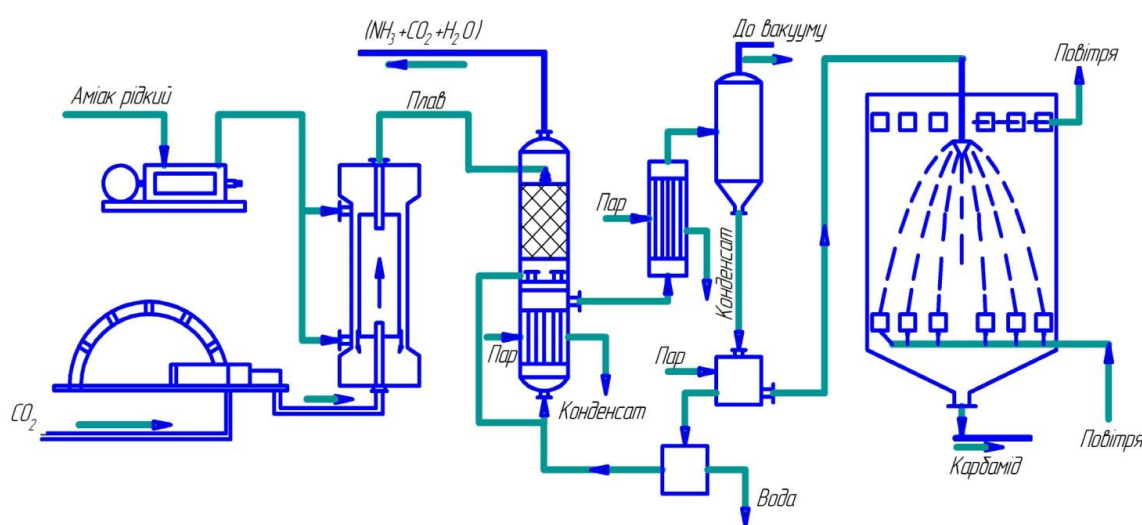


Рисунок 1. – Технологічна схема виробництва карбаміда

В конденсаті після випарної установки можуть бути частинки карбаміду, тому потрібно його вилучити з конденсату. Для того щоб його повернути в технологічну схему, конденсат очищується зворотним осмосом і повертається в схему.

### Перелік посилань:

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

## МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОПРІСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ

магістрантка Лещенко О.А., к.т.н., ст. викл. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

**"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

Аналіз сучасних методів очистки води показує, що традиційні технології часто не є ефективними при сучасних антропогенних впливах, необхідно враховувати збільшення жорсткості вимог до якості очистки питної води і технічної води.

Сучасні методи водопідготовки самі забруднюють оточуюче середовище. Відповідати новим вимогам можуть тільки принципово нові технології очистки води з мінімальним використанням реагентів. Використання мембранних систем в цій області являє собою прорив в науці та техніці жодна технологія водопідготовки не розвивається так стрімко, як мембранна [2].

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення установки опріснення, яка б забезпечувала можливість регенерації забруднених модулів без виймання модулів з установи («регенерація по місцю»).

Установка опріснення працює наступним чином (рисунок 1). Сира вода насосом для перекачування води 1 під високим тиском подається до корпусу 2 на мембранні елементи 3. Проходячи через мембранні елементи вода і незначна частина солей проходить через мембрану, утворюючи таким чином опріснену воду. Опріснена вода відбирається з установки як готовий продукт. Інша частина води та більша частина солей не проходять через мембрани і утворюють концентрований розчин, тиск якого залишається достатньо високим, подається на пристрій відновлення енергії. В ході роботи установки опріснення на мембранах утворюється осад солей, який зменшує продуктивність установки та погіршує якість отримуваної опрісненої води. При досягненні критичного рівня забруднення, подача сирі води насосом для перекачування води припиняється, вмикається вакуум-насос 6, за рахунок

розрідження промивний розчин з ємності з промивним розчином 6 через мембранні елементи переміщується до проміжної ємності 8. Для забезпечення циркуляції промивного розчину передбачений циркуляційний насос 5, який перекачує промивний розчин з проміжної ємності 8 до ємності з промивним розчином 7. Внаслідок масообміну між осадам і промивним розчином, матеріал осаду вилучається з поверхні мембранних елементів 3. Після вилучення осаду продуктивність мембранних елементів 3 відновлюється, робота вакуум-насосу 6 зупиняється, і відновлюється подача сирової води насосом для перекачування води 1 і процес опріснення повторюється.

Включення в установку опріснення контуру регенерації дозволяє збільшити термін служби мембранних елементів і зменшити витрати робочого часу на проведення процесу регенерації.

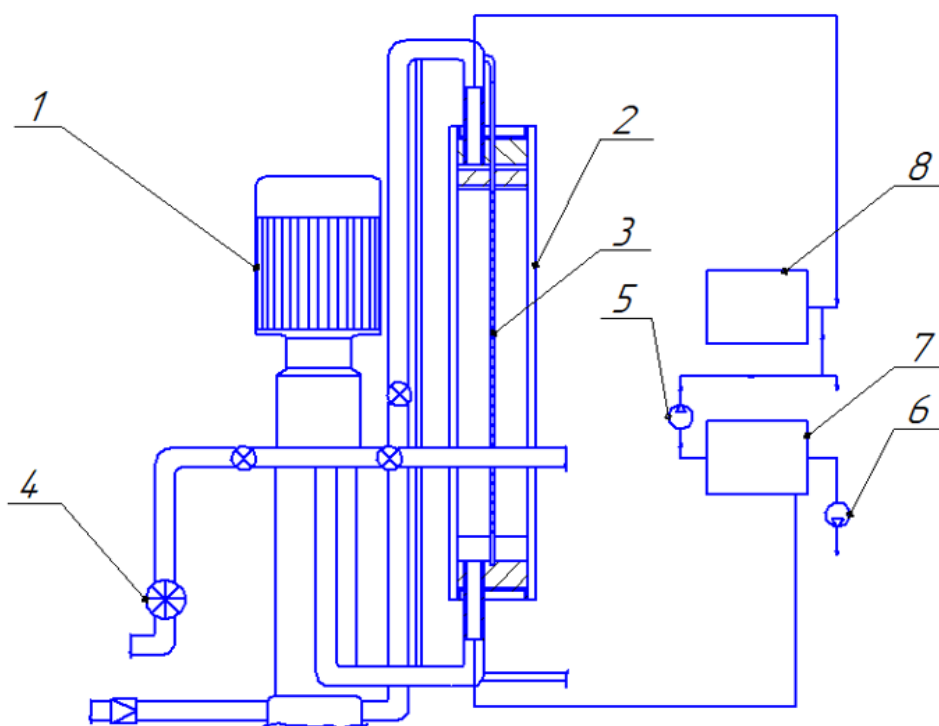


Рисунок 1 – Установка опріснення

#### Перелік посилань

1. Патент №127357 Україна (МПК 2006.01) B01D 63/10 заявлено 05.03.2018
2. Милотина Т.И. Мембранные технологии очистки воды//Вологдинские чтения. - 2006. - с. 11-12.

## АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА З РАПСОВОЇ ОЛІЇ

магістрантка Метліна М.С., к.т.н., доц. Зубрій О.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Щорічно в світі утворюється 170-200 млрд.т (в перерахунок на суху масу) рослинної біомаси, а саме: деревини, тваринних та рослинних жирів, водоростей, відходів сільськогосподарського виробництва – що енергетично еквівалентно 70-80млрд.т нафти [1]. При цьому використовується лише її невелика частка. При сучасному рівні розвитку техніки є можливість додаткового використання біомаси (2,5-5%) для виробництва моторного палива, що еквівалентно 2-4 млрд.т нафти, чи 3-6 млрд.т вугілля щорічно.

Найбільш перспективною для використання в якості палива є рапсова олія. Схема переробки насіння і виробництво рапсової олії і моторного палива на його основі представлена на рис.1. На етапі хімічної обробки (переетерифікації) основними апаратами є: реактор, випарний апарат, теплообмінники, відстійники та РПА. Рапсова олія, яку отримують при переробці, може бути використана як самостійне паливо для дизелів, в сумішах різного складу зі стандартним дизельним паливом або перероблена в метиловий, або етиловий ефіри рапсової олії. Останнє, в свою чергу, використовується чи як самостійне біопаливо, чи в суміші.

Метиловий ефір рапсової олії отримують в результаті прямої переетерифікації жирних кислот рапсової олії з метиловим спиртом (метанолом) за температури 80-90°C в присутності каталізатора – гідрооксида калія. При переетерифікації з 1040 кг рапсової олії, 144 кг метанола і 19 кг гідрооксида калія отримують 1т.метилового ефіра рапсової олії і близько 203 кг гліцерина. При переробці насіння рапса отримують також рапсовий шрот (жмих), який є високобілковим концентратом для годування



**Збірник тез доповідей XV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" сільськогосподарських тварин. Він не поступається соєвому та соняшниковому шротам і містить до 40% протеїна та 8-11% жирів.**

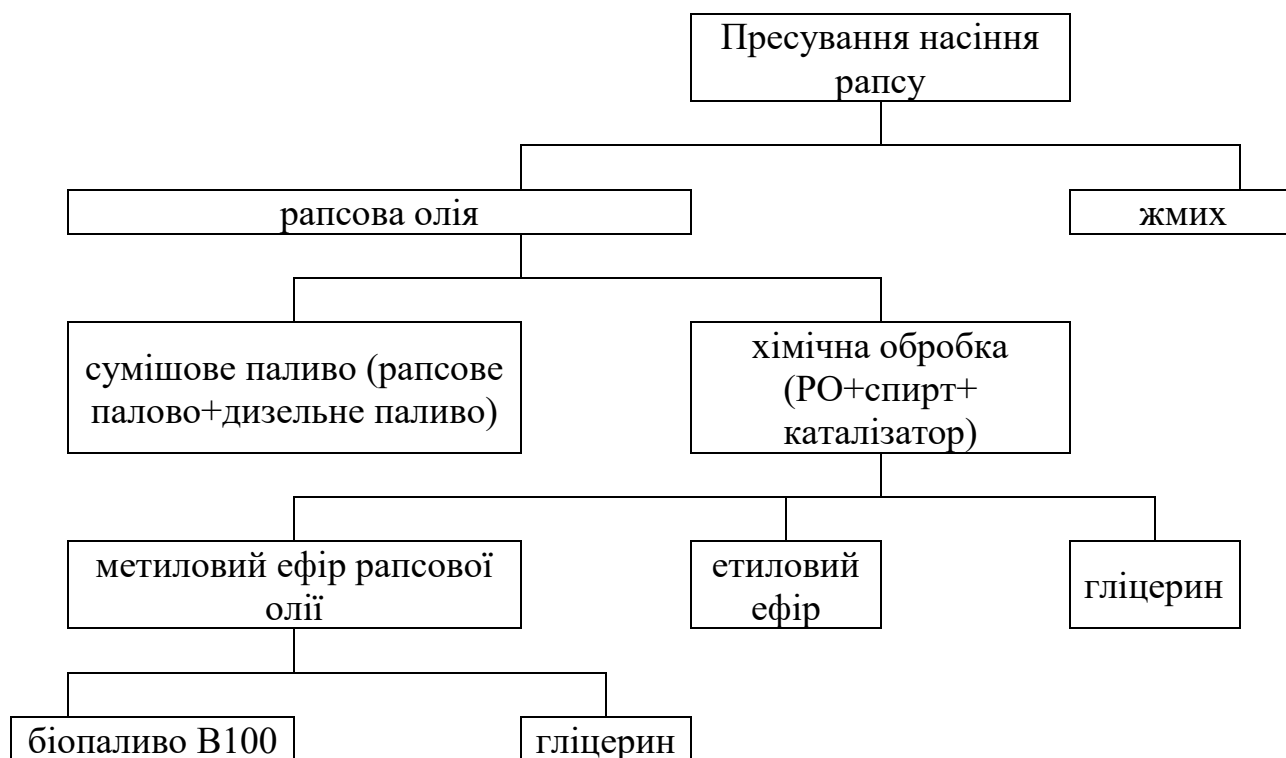


Рисунок 1 – Схема переробки насіння рапсу і виробництва рапсової олії і моторного палива на його основі [2]

Актуальною задачею є подальші науково-технічні розробки та створення сучасного обладнання для одержання біопалива з насіння олійних рослин на етапі переестерифікації, а саме вдосконалення реактора.

#### **Перелік посилань:**

1. Паушкин Я.М., Лapidус А.Л., Адельсон С.В. Растительная биомасса как сырье для получения олефинов и моторных топлив // Химия и технология топлив масел. – 1994. – №6. – С.3-5.
2. Девянин С.Н., Марков В.А., Семенов В.Г. Растительные масла и топлива на основе для дизельных двигателей – Х:Новое слово, 2007. – С. 27-41

## НОВА КОНСТРУКЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»

студент Мішуков С.Г., студент Пищик Б.І., к.т.н., доц. Андреев І. .

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

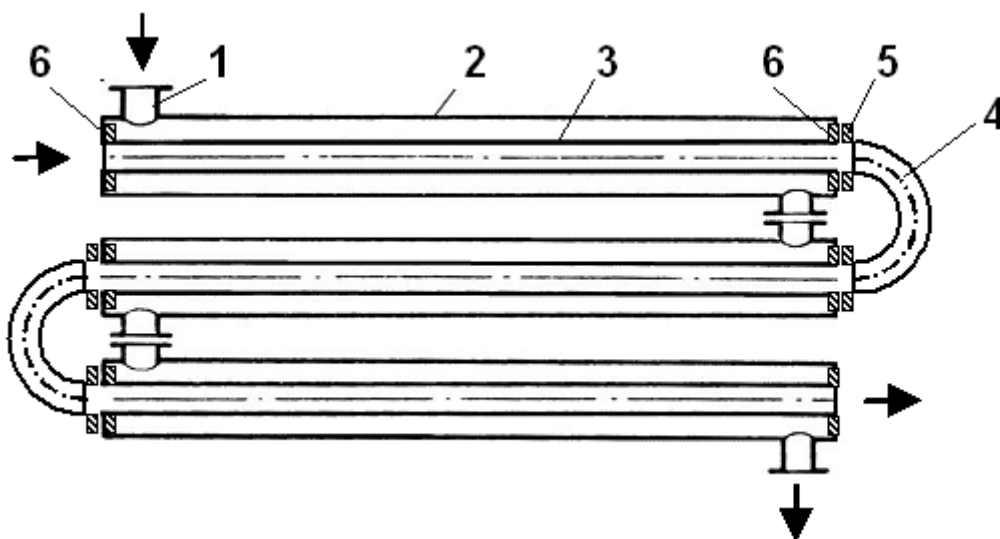
Теплообмінники типу «труба в трубі» є достатньо поширеними трубчастими теплообмінними апаратами в хімічній, нафтопереробній, харчовій, теплоенергетичній та споріднених галузях промисловості, які ефективно працюють у великому діапазоні тисків і характеризуються меншим гідравлічним опором міжтрубного простору порівняно з кожухотрубчастими теплообмінниками. Завдяки значним швидкостям руху теплоносіїв, які можна досягати в таких апаратах, забезпечується збільшення коефіцієнтів теплопередачі та уповільнення відкладення забруднень на стінках труб. Перевагою цих теплообмінників також є можливість їх складання на робочому місці збільшенням або зменшенням кількості секцій залежно від параметрів технологічного процесу

Стандартний розбірний однопотоковий теплообмінник «труба в трубі» містить з'єднані між собою за допомогою патрубків зовнішні труби й розміщені в них внутрішні труби, з'єднані між собою за допомогою калачів з фланцями.

Недоліком такого теплообмінника є відносно велика матеріалоемність.

Авторами було запропоновано фланці калачів з'єднувати з внутрішніми трубами за допомогою бобишок, розташованих на торцях зовнішніх труб [1]. Така конструкція дає змогу відмовитися від одного з фланців фланцевих з'єднань калачів. При цьому також зменшується довжина внутрішніх труб, що додатково знижує матеріалоемність теплообмінника в цілому.

Запропонований теплообмінник містить з'єднані між собою за допомогою патрубків 1 зовнішні труби 2 й розміщені в них внутрішні труби 3, з'єднані між собою за допомогою калачів 4 з фланцями 5, які з'єднано з внутрішніми трубами 3 за допомогою бобишок 6, розташованих на торцях



1 – патрубков, 2 – зовнішня труба, 3 – внутрішня труба, 4 – калач, 5 – фланець,  
6 – бобишка.

Рисунок – Теплообмінник «труба в трубі»

Теплообмінник працює в такий спосіб.

Під час роботи теплообмінника один з теплоносіїв рухається по зовнішніх трубах 2, перетікаючи з одної в іншу крізь патрубки 1, а інший теплоносій – по внутрішніх трубах 3, перетікаючи з одної в іншу крізь калачі 4.

Пропонована конструкція знижує матеріалоємність теплообмінника.

#### Перелік посилань:

1. Пат. 122868 U Україна МПК (2006.01) F28D 7/10. Теплообмінник «труба в трубі» / Андреев І. А., Мікульонко І. О., Мішуков С. Г., Пищик Б. І.; заявник і патентовласник вони ж. – № u 201708939; заявл. 08.09.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ГЛУТАМІНОВОЇ КИСЛОТИ

магістрант Ю.П.Новікова, к.т.н., доц. О.Г.Зубрій

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Глутамінова кислота ( $\alpha$ -аміноглутарова) є однією з найважливіших амінокислот рослинних і тваринних білків. Слугує основою для синтезу багатьох фізіологічно активних сполук, необхідних для нормальної життєдіяльності людського організму [1].

Важливою особливістю глутамінової кислоти є здатність служити захисним фактором при різних отруєннях печінки і нирок, посилювати фармакологічну дію одних і послаблювати токсичність інших лікарських засобів, підтримувати поряд з іншими амінокислотами постійну реакцію середовища. На цих властивостях і засновано лікування ряду захворювань шляхом введення в організм глутамінової кислоти [1].

Найбільш перспективним і широко використовуваним способом виробництва глутамінової кислоти є мікробіологічний синтез [2]. Одним із основних апаратів в схемі виробництва є ферментер.

Для росту і синтезу культури глутамінової кислоти в якості джерела азоту застосовують сечовину, рідкий аміак та аміачну воду, часто використовують різні солі амонію [2].

На біосинтез глутамінової кислоти істотно впливає ступінь аерації середовища, перемішування, рН середовища, тривалість і температура ферментації, вік і доза посівного матеріалу. Тому на всіх стадіях процесу всі параметри культивування суворо регламентуються і контролюються (температура, рН, зміна основних компонентів середовища, накопичення глутамінової кислоти, аерація, перемішування і т.д.) [1].

Тривалість ферментації варіюється з 48–72 годин [3] або 48-52 годин [1]. Тривалість в свою чергу впливає на продуктивність та на кількість ферментерів в схемі виробництва.

Температура при якій проводиться ферментація, має бути в межах 29-31°C, найкраще якщо це буде 30°C.

Перемішування залежить, як від типу та розмірів мішалки, так і від частоти обертів, вона варіюється для різних густин в межах 1,4 – 5,3 обертів на секунду [4].

Аерація середовища є не менш важливою. Тому що постачання кисню до зростаючої культури є відповідальним і важливим фактором, що впливає на зростання мікроорганізмів і утворення ними глютамінової кислоти. Кисень, який використовується бактеріальної клітиною, повинен бути розчинений в живильному середовищі. Для збільшення розчинності кисню здійснюють барботування середовища повітрям з одночасним її перемішуванням [1].

В роботі виконано розрахунок ферментера об'ємом 16 м<sup>3</sup>, який забезпечує продуктивність 119 тонн на рік. Апарат працює на протязі 300 днів, час одного циклу складає 52 години. Визначено, що для заданої продуктивності 230 тонн на рік потрібно 2 апарати. Розраховано теоретично необхідний для процесу біосинтезу потік кисню 0,00487 кг/с та витрату повітря 0,0232 кг/с. При розрахунку масопереносу визначено, що потік кисню при даному режимі перемішування складає 0,00506 кг/с, більший ніж теоретичний. При частоті обертів 2,972 об/с потужність затрачена на перемішування дорівнює 4400 Вт. Розраховано геометричні розміри апарату.

### **Перелік посилань**

1. <https://works.doklad.ru/view/xg99Su0G61o/all.html> від 04.10.2018 р.
2. Мосичев М.С., Складнев А.А., Котов В.Б. Общая технология микробиологических производств.-М.: Легкая и пищевая пром-сть. 1982.-264с.
3. [http://chemanalytica.com/book/novyuy\\_spravochnik\\_khimika\\_i\\_tekhnologa/06\\_syre\\_i\\_produkty\\_promyshlennosti\\_organicheskikh\\_i\\_neorganicheskikh\\_veshchestv\\_chast\\_II/5435](http://chemanalytica.com/book/novyuy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/06_syre_i_produkty_promyshlennosti_organicheskikh_i_neorganicheskikh_veshchestv_chast_II/5435) від 04.10.2018 р.
4. Лацинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЛОВЛЮВАННЯ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК

студент Новодворський В.В., к.т.н, доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

На сьогоднішній день виробництво добрив має надзвичайно важливе значення. Виробництво азото-гумінових і азото-мінеральних добрив з вмістом сульфату, калію, і здійснюється в грануляторі. Під час виробництва в грануляторі генерується велика кількість твердих, дрібнодисперсних частинок. При осадженні цих частинок було запропоновано також видаляти пари води шляхом її конденсації. В результаті чого в циклонних апаратах [1] утворюється суспензія.

Для забезпечення руху суспензії по стінках циклону необхідно дослідити властивості руху суміші. Серед одних із найважливіших –в'язкість. По закону Ньютона сила внутрішнього тертя, тобто сила, яка проявляється при переміщенні одного шару рідини відносно іншого, прямо пропорційна відносній швидкості переміщення і величині поверхні дотику цих шарів.

Вона залежить від властивостей рідини і не залежить від тиску.

Виділимо в потоці рідини, що рухається по стінці, елементарний елемент  $h2\pi r dx$  (рисунок 1). На нього діють сили тяжіння, архімеда і тертя.

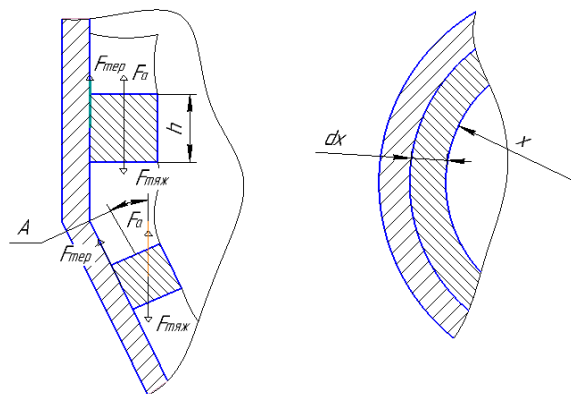


Рисунок 1 –Осадження плівки в циклоні

Реологічні характеристики розчинів полімерів досліджуються на ротаційному віскозиметрі типу РВ-8 у діапазоні швидкостей зсуву  $j=2...300\text{с}^{-1}$  [2].

Сила тяжіння може бути записана, як:

$$F_{\text{тяж}} = dm \cdot g = \rho_{\text{ч}} g 2\pi h x dx$$

Сила тертя:

$$F_{\text{тер}} = S \cdot \mu = 2\pi h (x + dx) \mu;$$

де  $\rho_{\text{ч}}$  - густина суспензії (що вміщає в себе тверді частинки),  $\rho_{\text{г}}$  - густина газу,  $h$  - висота виділеної ділянки;  $g$  - прискорення вільного падіння,  $x$  – відстань від центру до виділеного елемента,  $dx$  – товщина виділеної ділянки.

Сила Архімеда:

$$F_{\text{а}} = V \cdot \rho_{\text{г}} \cdot g = \rho_{\text{г}} g 2\pi h x dx$$

Тоді для нормальної роботи циклонного апарату у найпростішому вигляді повинні виконуватися умови:

- для вертикальної частини циклону:

$$(F_{\text{а}} + F_{\text{тер}}) < F_{\text{тяж}}$$

- для конічної частини циклону:

$$F_{\text{а}} + F_{\text{тер}} \cdot \cos(A) < F_{\text{тяж}}$$

Висновки: визначено в'язкісні параметри залежності в'язкості від швидкості зсуву.

### **Перелік посилань:**

1. Заявка u201807571 Циклон / В.В. Новодворський, А.Р. Степанюк; заявник В.В. Новодворський – № u201807571; заявл. 06.07.2018.
2. Швед М. П., Степанюк А. Р., (2017), Дослідження реологічних властивостей розчинів полімерів, „КІШ ім. Ігоря Сікорського”, 17с.

**УДК 66.047.3**

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КОКСУ З  
РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ТА ЦЕНТРИФУГИ**

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

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Нафтовий кокс - застосовується у виробництві анодів і графітованих електродів, що використовуються для електролітичного отримання алюмінію, сталі, магнію, хлору тощо. У виробництві карбідів, в ядерній енергетиці, в авіаційній і ракетній техніці, в електро- і радіотехніці, в металургійній промисловості, у виробництві кольорових металів в якості відновника і сульфідовмісних матеріалів.

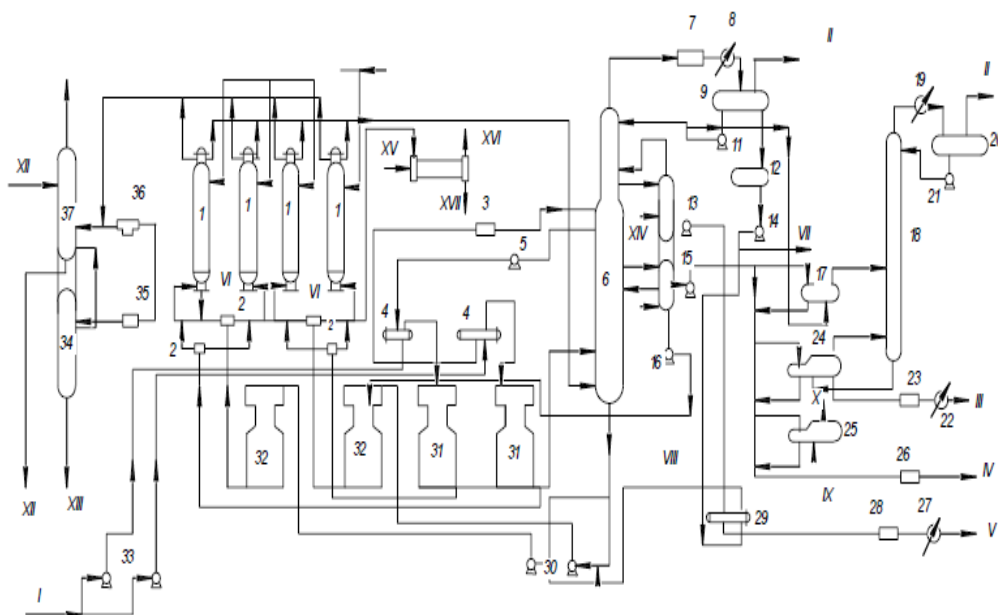
Коксування – це різновид термічних процесів, і для нього характерні ті ж хімічні перетворення, які відбуваються при термічному крекінгу. Сировиною пристроїв коксування є залишки перегонки нафти - мазути, гудрони, виробництва масел - асфальти, екстракти, термокаталітичних процесів - крекінг-залишки, важка смола піролізу, важкий газойль каталітичного крекінгу і ін. За кордоном, крім того, використовують кам'яновугільні та нафтові пеки, сланцеву смолу, важкі нафти з бітумовмісних пісків і ін. [1].

Основні вимоги до якості сировини визначаються призначенням процесу і типом устаткування. Зокрема, для устаткування уповільненого коксування при виробництві електрод-1ЮГ0 коксу вміст компонентів підбирається так, щоб забезпечити отримання коксу заданої якості (ГОСТ 22898-78) [2]. Технологічна схема коксування зображена на рисунку 1 [1].

Сировина після підігріву в печах 31, подається на фракційну ректифікаційну колону з якої отримується додаткова кількість газів та світлих нафтопродуктів. Кубові залишки ректифікаційної колони 6 , додатково підігрівається в печах 32 і подаються в першу та третю або



другу та четверту коксові камери. Після завершення процесу коксування кокс охолоджується водою та ріжеться водяними різачками. Після вивантаження кокс осушується в барабанних печах. Димові гази і пари, що утворилися очищаються в скруберах 34,37.



- коксові камери; 2- перемикаючі крани; 3,7,23,26,28,35 – конденсатори повітряного охолодження; 4,17,29- теплообмінники; 5,11,13-16,21,30,33- насоси; 6- ректифікаційна колонна; 8, 19, 22, 27- холодильники; 9, 20- газосепаратори; 10- відпарні колони; 12,34- ємності; 18- стабілізаційна колонна; 24,25- кип'ятильники; 31,32- печі; 36- фільтр; 37- скруббер.

Рисунок 1—Модернізація установки виробництва коксу

I- сировина; II- газ; III- бензин; IV- важкий газойль; V- легкий газойль; VI- кокс; VII- водяний конденсат; VIII- турбулізатор; IX- хімічно очищена вода; X- пара; XI- антипінна присадка; XII- вода у відстійниках; XIII-важкі нафтопродукти; XIV –водяна пара.

Модернізація спрямована на покращення енергетично-економічних параметрів установки.

#### **Перелік посилань:**

1. Ластовкін Г. А., Радченко Е. Д., Рудін М. Г. Справочник нефтепереработки. – Л.: Химия, 1986. – 648 с.
2. ГОСТ 22898-78

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»

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

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

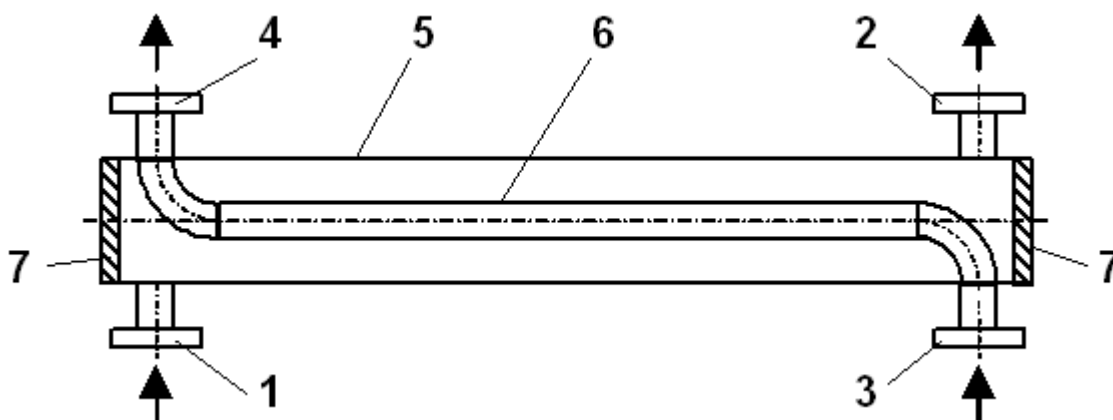
Перевагою теплообмінників «труба в трубі» є можливість їх складання на робочому місці з окремих секцій, кількість яких залежить від параметрів технологічного процесу. Типова секція однопотокового розбірного теплообмінника містить прямолінійні зовнішню та внутрішню труби, які споряджені на кінцях патрубками, при цьому патрубки зовнішньої труби розташовано на її боковій частині, а патрубки внутрішньої труби – на її торцях для приєднання калачів.

Для зменшення габаритів й матеріалоємності як самої секції, так і всього теплообмінника авторами було запропоновано зовнішню трубу на її торцях спорядити заглушками, внутрішню трубу повністю розмістити в порожнині зовнішньої труби, а патрубки внутрішньої труби виконати зігнутими з кутом згину  $90^\circ$  з виходом за межі бокової частини зовнішньої труби. У найприйнятнішому прикладі виконання секції поздовжні осі вихідних отворів патрубків зовнішньої та внутрішньої труб розташовуються в одній площині. При цьому зменшується довжина секції через відсутність по її торцях традиційних калачів, а також теплові втрати в навколишнє середовище.

Модернізована секція теплообмінника «труба в трубі» подана на рисунку.

Секція теплообмінника містить споряджені на кінцях патрубками 1–4 прямолінійні зовнішню 5 та внутрішню 6 труби, при цьому патрубки 1 і 2 зовнішньої труби 5 розташовано на її боковій частині, а патрубки 3 і 4 внутрішньої труби 6 – на її торцях. Зовнішню трубу 5 на її торцях споряджено заглушками 7, внутрішню трубу 6 повністю розміщено в порожнині зовнішньої труби 5, а патрубки 3 і 4 внутрішньої труби 6 виконано зігнутими з кутом згину  $90^\circ$  з виходом за межі бокової частини зовнішньої труби 5. Також поздовжні осі

**Збірник тез доповідей XV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
вихідних отворів патрубків 1–4 зовнішньої 5 та внутрішньої 6 труб можуть бути розташовані в одній площині.



1-4 – патрубки, 5 – зовнішня труба, 6 – внутрішня труба, 7 – заглушка

Рисунок – Секція теплообмінника «труба в трубі»

Секція працює в такий спосіб.

Під час роботи секції теплообмінника один з теплоносіїв за допомогою патрубків 1 і 2 рухається по зовнішній трубі 5, а інший теплоносій за допомогою патрубків 3 і 4 – по внутрішній трубі 6.

Пропонована корисна модель, нескладна у виготовленні та експлуатації, дає змогу зменшити габаритні розміри й матеріалоемність теплообмінника «труба в трубі», а також теплові втрати в навколишнє середовище.

### **Перелік посилань:**

1. Заявка на патент України. МПК(2018.01) F28D 7/10. Секція теплообмінника «труба в трубі» / Мікульонок І. О., Андреев І. А., Орел О. Ю.; заявник і патентовласник вони же. — № u201809632; заявл. 25.09.18.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА МАСТИЛА З РОЗРОБКОЮ ВІДПАРНОЇ КОЛОНИ ТА ДЕФЛЕГМАТОРА

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мастило – пластичний матеріал, який являє собою структуровану загусником оливу, застосовану для зменшення тертя, консервації виробів та герметизації ущільнень [1].

Розрізняють:

- рідкі мастила, що не містять згущувачів або містять їх у незначних кількостях: моторні, трансмісійні, індустріальні та інші;
- структуровані мастила, що містять згущувачі у суттєвих кількостях: мильні, органічні, неорганічні, консерваційні, ущільнювальні, технологічні, консистентні, пластичні, тощо.

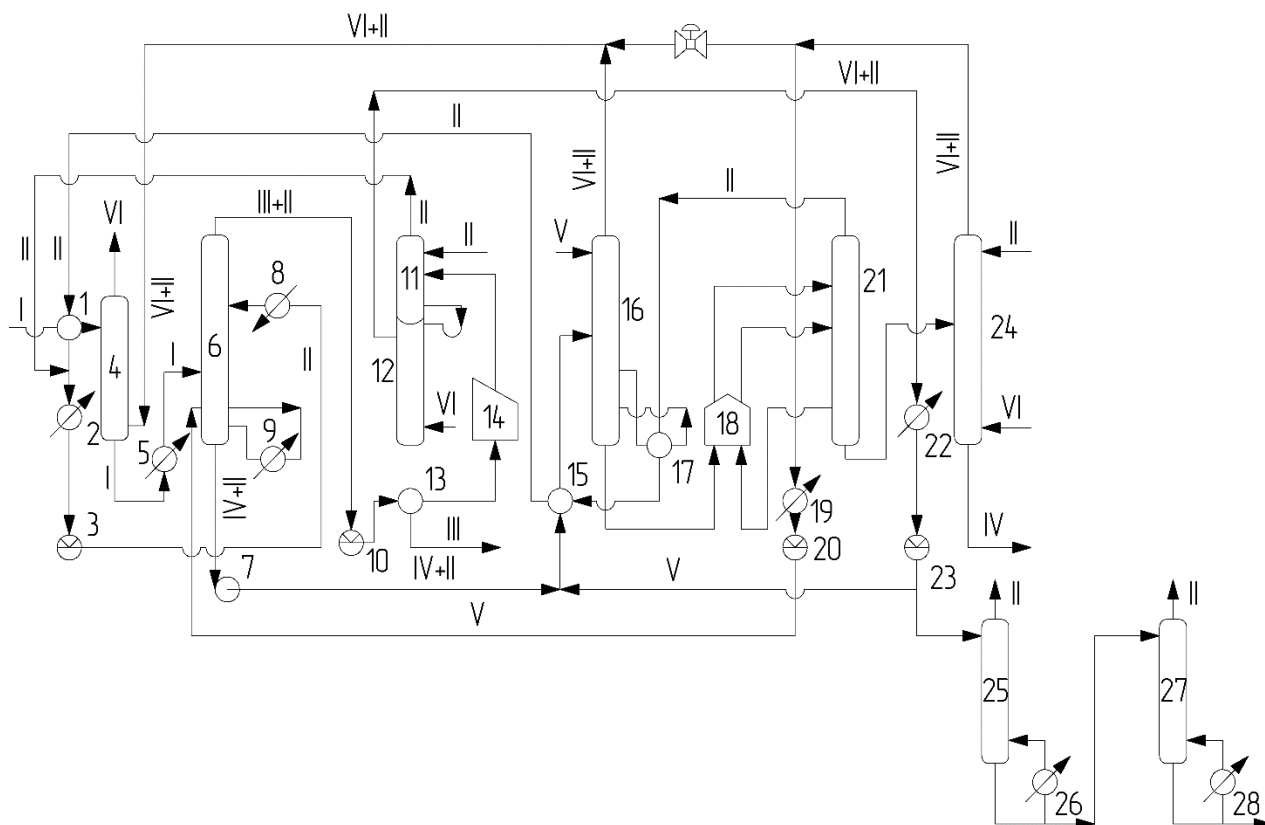
Технологічна схема виробництва мастила зображена на рисунку 1 [2].

Сировина через теплообмінник 1 подається на верх абсорбера 4, де протитечією контактує з парами азеотропної суміші фенолу та води, які поступають від осушувача колони 16. Пари води через верх абсорбера 2 виводяться в атмосферу.

Сировина з абсорбера 4 через холодильник 5 подається в екстракційну колону 6 (в середню частину). В верхню частину колони 6 із ємкості 3 через підігрівач 8 подається фенол. Із ємкості 20 в нижню, а при необхідності у верхню та середню частину колони 6 подається фенольна вода. Температури в колоні 6 визначаються температурами фенолу та сировини. Для регулювання температури низу застосовують циркуляцію частини екстрактного розчину через холодильник 9.

Особливі вимоги до роботи секції регенерації пред'являються при очистці маловязких легко киплячих дистилатів. На установках, спеціально для очищення легко киплячої сировини, потужність секції регенерації підвищення, збільшено

число тарілок у відгінних колонах з метою більш чіткого відділення легких фракцій від фенолу.



1, 2, 5, 8, 9, 13, 15, 17, 19, 22, 26, 28-теплообмінники; 3-ємність для фенолу; 4-абсорбер; 6-екстрактор; 7-насос для відкачування екстракту; 10-ємність для рафінаду; 11, 12 і 16, 21, 24-колони для регенерації фенолу відповідно з рафінаду і екстракту; 14, 18-трубчасті печі; 20, 23-ємності для фенольної води; 25, 27-відпарні колони; I-сировина; II-фенол; III-рафінад; IV-екстракт; V-фенольна вода; VI-водяна пара.

Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва мастила

Метою роботи є покращення енергетично-економічних параметрів установки.

### Перелік посилань:

1. ДСТУ 3437-96 Нафтопродукти. Терміни та визначення Ластовкин Г.А., Радченко Е.Д., Рудин М.Г. (ред.) Справочник нефтепереработчика. Химия, 1986.

## СУШІННЯ ВТОРИННОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ

аспірант Подиман Г.С., ст.викл. Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Вироби з полімерних матеріалів займають значний сегмент ринку, і з кожним роком кількість виготовленої продукції зростає. Але зростання обсягів виробництва полімерів, призводить, відповідно до зростання їх частки у відходах. За даними Союзу європейських виробників пластмас за останні 15 років частка полімерних матеріалів у відходах виросла з 2% до 8 – 11 %. В той же час переробка і утилізація полімерних відходів дозволяє економити первинну сировину і енергію [1].

Вторинний поліетилен за методом отримання поділяють на подрібнений та гранульований після рециклінгу. Подрібнений поліетилен має значну перевагу – він не плавився, і відповідно, зберіг механічні властивості без впливу термічної деструкції.



Рисунок 1 – Подріблений поліетилен, середній розмір частинок–0,005 м.

Недоліком подрібненого поліетилену є його розвинута поверхня, рисунок 1, тому він більш гідроскопічний. Проблеми при переробці подрібненого

поліетилену виникають при наявності в ньому сажі, яка додається як стабілізатор UV випромінювання від 1 до 1,5% по вазі.

Сушіння подрібненого поліетилену проблематично, через низький коефіцієнт дифузії вологи в матеріалі. Найбільш поширеним обладнанням для сушіння гранульованих полімерних матеріалів є сушка у фільтруючому шарі [2].

Відомі роботи з сушіння поліетилену неповні, оскільки відносяться до гранульованого поліетилену, тому проведено експерименти, та побудовано криву сушіння саме для подрібненого поліетилену, рисунок 2.

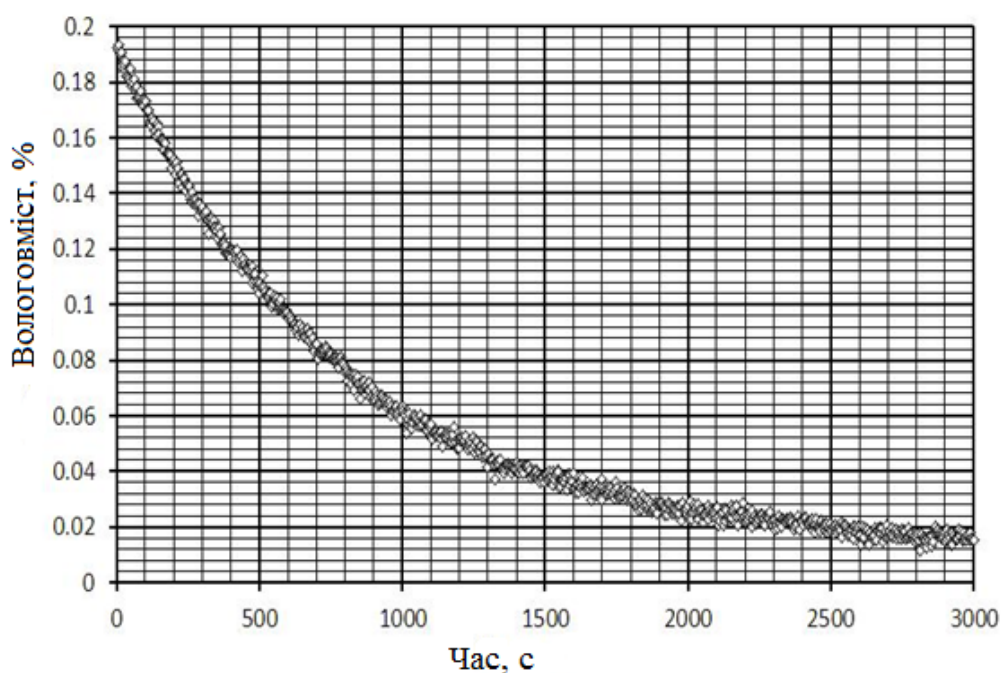


Рисунок 2 - Крива сушки дробленого вторинного поліетилену

**Висновок:** побудовано криву сушіння подрібненого поліетилену, характер кривої відрізняється від кривої сушіння гранульованого поліетилену більшою ділянкою першого періоду, що вказує на пористу структуру подрібненого поліетилену.

#### **Перелік посилань:**

1. Штарке Л. Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс: Пер. с нем./Под ред. В.А. Брагинского. – Л.: Химия, 1987. – 176 с.
2. Лыков А.В. Теория сушки. М., изд. «Энергия», 1968. 472 с.

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

магістрантка Процюк О.О., ст.викл. Гулієнко С.В.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Вода вважається найпоширенішою хімічною сполукою на планеті. Близько 4/5 земної поверхні покриті нею. До того ж вона грає не тільки першорядну роль в промисловості та побуті, а й надзвичайно важлива для підтримки життєдіяльності. Водні багатства, іншими словами вода, самі по собі не мають ніякої поживної цінності. Але, разом з тим вода являє собою складову частину всіх живих істот на планеті. Без води ніхто не може існувати, бо тварини і рослинні організми більшою чи меншою мірою з неї складається. Неможливо уявити, яким було б наше життя без води. Життя людини без води просто неможливе. Тому так важливо, щоб вона не завдавала шкоди здоров'ю. Але чиста вода сьогодні – це рідкість. На це є різні причини: поганий стан водопровідних труб або брудні джерела водопостачання. Джерел води та і взагалі джерел прісної води дуже мало. Тому важлива задача людства полягає в тому, щоб знизити використання прісної води або навчитися більш морську воду перероблювати в деіонізовану.

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.

Секція дистиляції даної установки має продуктивність 460,212 тони на добу яка поєднується з установкою зворотного осмосу з такою продуктивність (рисунок 1).



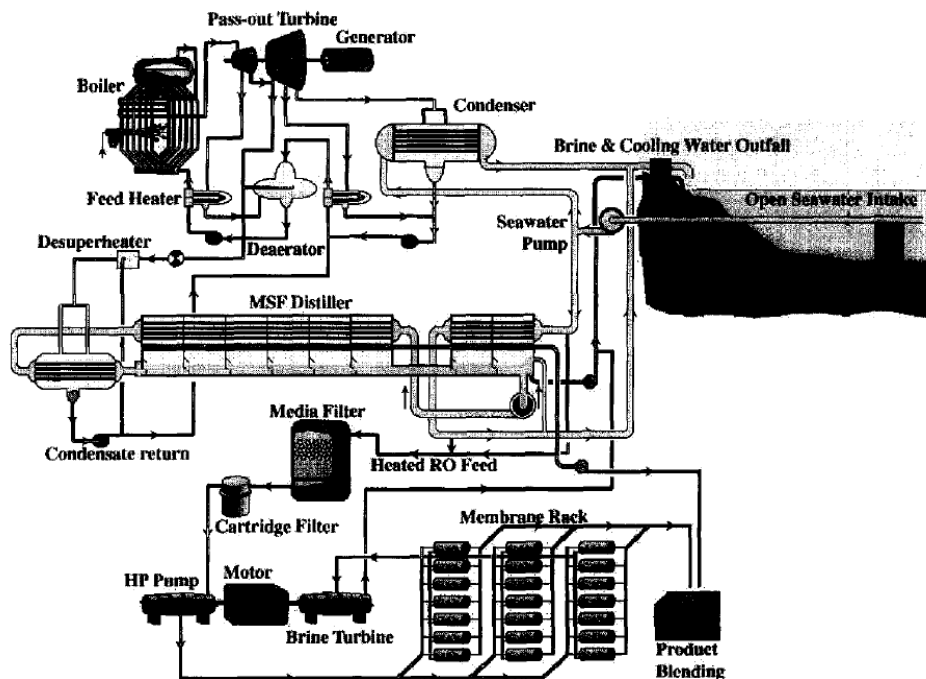


Рисунок 1 – Гібридна установка для знесолення морської води з використанням дистиляції та зворотного осмосу.

Основними елементами установки є кип'ятильник, турбіна, дистиляційна установка і установки зворотного осмосу.

Об'єктом модернізації в даній схемі є установка зворотного осмосу, метою модернізації є підвищення інтенсивності масообміну в напірних каналах мембранного модуля. Для проведення інноваційної модернізації необхідно провести експериментальні дослідження масовіддачі та встановити вплив технологічних параметрів на інтенсивність процесу.

### Перелік посилань:

1. Al-Bahri Z. K., Hanbury W.T., Hodgkiess T. (2001), Optimum feed temperatures for seawater reverse osmosis plant operation in an MSF/SWRO hybrid plant, *Desalination*, 138, pp. 335–339.

## ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ ВТОРИННОГО ПОДРІБНЕНОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ

магістрант Сацердотов А.О., ст.викл.Двойнос Я.Г.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Найбільш широко для сушіння гранульованого поліетилену використовуються апарати з фільтруючим шаром, що пов'язано з великим періодом сушки і малим значенням коефіцієнта дифузії води в матеріалі. Необхідність сушіння поліетилену обґрунтована наступними технологічними факторами [1]: внутрішня поверхня труб і оболонок повинна бути гладкою, розплав в формувальному інструменті не повинен утворювати «нагар» (плівка зшитого під дією вологи поліетилену).

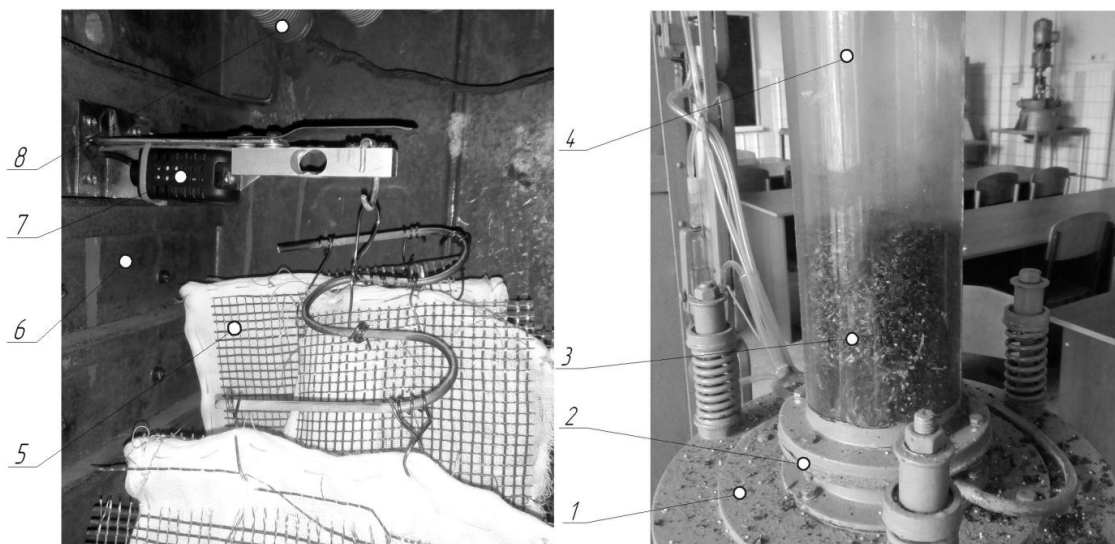
Використання для сушіння подрібненого вторинного поліетилену сушарок для гранульованого поліетилену виявило ряд недоліків, пов'язаних з властивостями дробленого вторинного поліетилену, а саме, - мала насипна вага, великий гідравлічний опір шару, велика вологовміст (розвинена поверхня і наявність мікротріщин).

В якості досліджуваного матеріалу обрано подрібнений вторинний поліетилен марки PE100 Black зі вмістом сажі 2,25% (ISO 6964) з країн ЕС, і матеріал, отриманий дробленням відходів труб і оболонок на підприємстві м. Києва «Перший трубний завод», ТОВ, на ППР -400 з розміром сита 0,005 м.

Аналіз результатів показав наявність розвиненої поверхні у вигляді пор і тріщин, яка абсорбує вологу, тому лінійна ділянка процесу сушіння, характерна для першого періоду більш розвинена, ніж у гранульованого поліетилену, процес протікає швидше, проте рівноважний вологовміст матеріалу (після транспортування і тривалого зберігання) більше від наведеного в [2] на 50%, що також відрізняє даний матеріал.

Прогрів матеріалу здійснюється швидше, а математичний аналіз процесу, з урахуванням розвиненої поверхні матеріалу і підвищеного вмісту вологи показав

необхідність більшої питомої масової (на 1 кг матеріалу) витрати теплоти (0,45 (кВт·час) / кг) і сушильного агента (4,2 м<sup>3</sup> / кг). Разом з тим, досліджуваний матеріал має меншу насипну щільність (270 кг / м<sup>3</sup>), ніж гранульований (550 кг / м<sup>3</sup>), що дає підстави стверджувати про однакову питому об'ємному (на 1 м<sup>3</sup> матеріалу) витрату теплоти і сушильного агента.



1 – корпус установки «псевдозрідження»; 2 – решітка; 3 – матеріал; 4 – циліндр; 5 – дроблений вторинний поліетилен в марлевих контейнерах; 6 – корпус сушильної установки; 7 – датчик ваги; 8 – ТЕН

Рисунок 1 – Експериментальна установка

**Висновки:** Модернізація існуючого сушильного обладнання при використанні його для дробленого вторинного поліетилену вимагає заміни широких газорозподільних пристроїв на більш дрібні із застосуванням двох-і трьох ярусного їх розташування, зменшення товщини фільтруючого шару і забезпечення рівномірності полів швидкості фільтрації.

#### **Перелік посилань:**

1. Олексійовець В.О., Двойнос Я.Г. Математична модель процесу течії розплаву у трубних головках гвинтового типу. Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки : зб. наук. праць / Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України, Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка 2016: Випуск 14, С. 63-72. ISSN: 2308-5916.

2. Лыков А.В. Теория сушки. М., изд. «Энергия», 1968. 472 с.

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ З РОЗРОБКОЮ ЦЕНТРИФУГИ ТА ФЕРМЕНТЕРА**

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

**Національний технічний університет України**

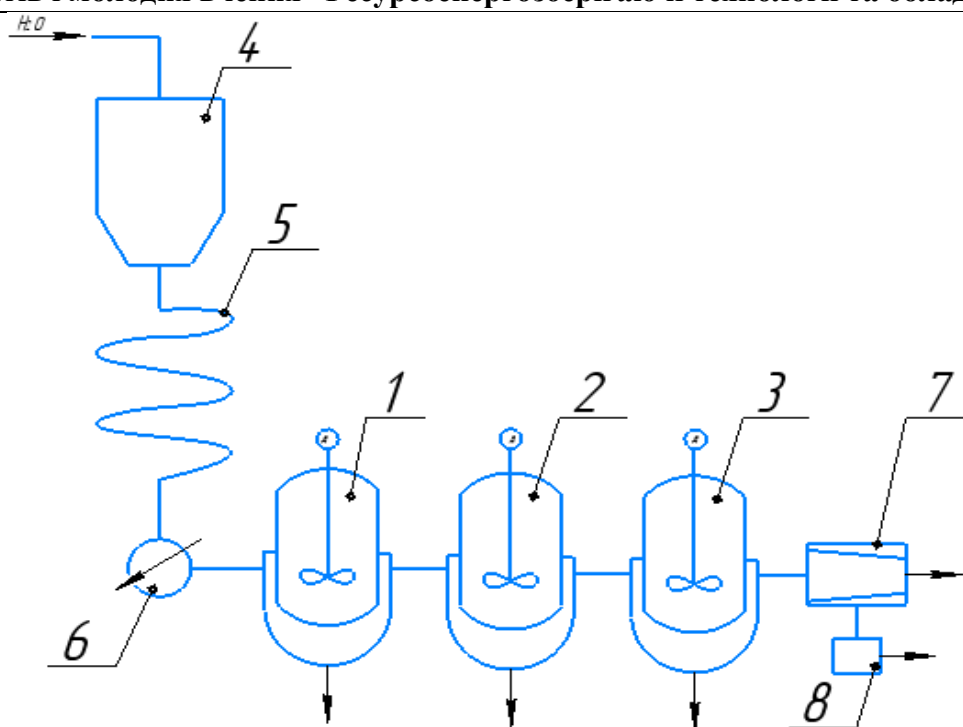
**"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

Дріжджі - одноклітинні організми, які відносяться до класу сумчастих грибів. Дріжджогенерування - дуже складний біохімічний процес, який складається із взаємнозв'язаних і тісно переплєтених біохімічних реакцій [1].

Весь процес розведення складається з двох стадій: лабораторної (вирощування дріжджів в мікробіологічній лабораторії) та цехової. Цехова стадія - це вирощування дріжджів на стерильному середовищі та вирощування чистої культури дріжджів в цеху [2].

Технологічна схема цехової стадії вирощування дріжджів на стерильному середовищі зображена на рисунку 1.

Стерилізатор 4 призначений для підігріву до температури стерилізації гострою парою з наступним витримуванням у витримувачі 5 для забезпечення необхідної ступені стерилізації. Після стерилізації середовище охолоджується у рекуперативному теплообміннику. Далі стерильне середовище у суміші з антипінними присадками та розчинами мінеральних добавок послідовно подається резервуар попереднього бродіння 1, сюди ж заливається культура дріжджів з колб, які отримані з заводської лабораторії. Вирощена культура послідовно перекачується у інокулятор 2 та ферментер 3 - для першої стадії розмноження дріжджів у ферментер. До цих апаратів також на початку процесу бродіння подаються антипінні присадки та розчини мінеральних добавок.



- 1 - резервуар попереднього бродіння, 2 - інокулятор, 3 - ферментер;  
4- стерилізатор; 5- витримувач;  
6- теплообмінник; 7- центрифуга; 8- фасовка та упаковка

Рисунок 1 – Установа для розведення чистої культури дріжджів.

Метою роботи є модернізація установки виробництва дріжджів з розробкою ферментера та центрифуги.

### Перелік посилань:

1. Ермолаева Г.А., Колчева Р.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. Учебник. — М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 2000. — 416 с.
2. Ковалевский К.А. Технология бродильных производств. Учебное пособие. — Киев: ИНКОС, 2004. — 340 с.

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ГЛІЦЕРИНУ**

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

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Гліцерин є важливим продуктом хімічної промисловості. Завдяки своїй унікальності він застосовується в великих кількостях для отримання алкідних смол і нітрогліцерину, які використовуються для захисту покриття дерева і металу.

В даний час у хімічній промисловості існує три синтетичних методи отримання гліцерину: хлорний, безхлорний і комбінований.

У 1948 р був впроваджений хлорний спосіб отримання синтетичного гліцерину з пропілену через аллілхлорид, діхлоргідрин гліцерину і епіхлоргідрин. Цей перший метод синтезу гліцерину незважаючи на його недоліки (витрати хлору і лугів), зберіг своє значення до теперішнього часу. Метод отримання гліцерину через епіхлоргідрин допускає заміну приблизно половини каустичної соди дешевим вапном, що зменшує вартість виробництва.

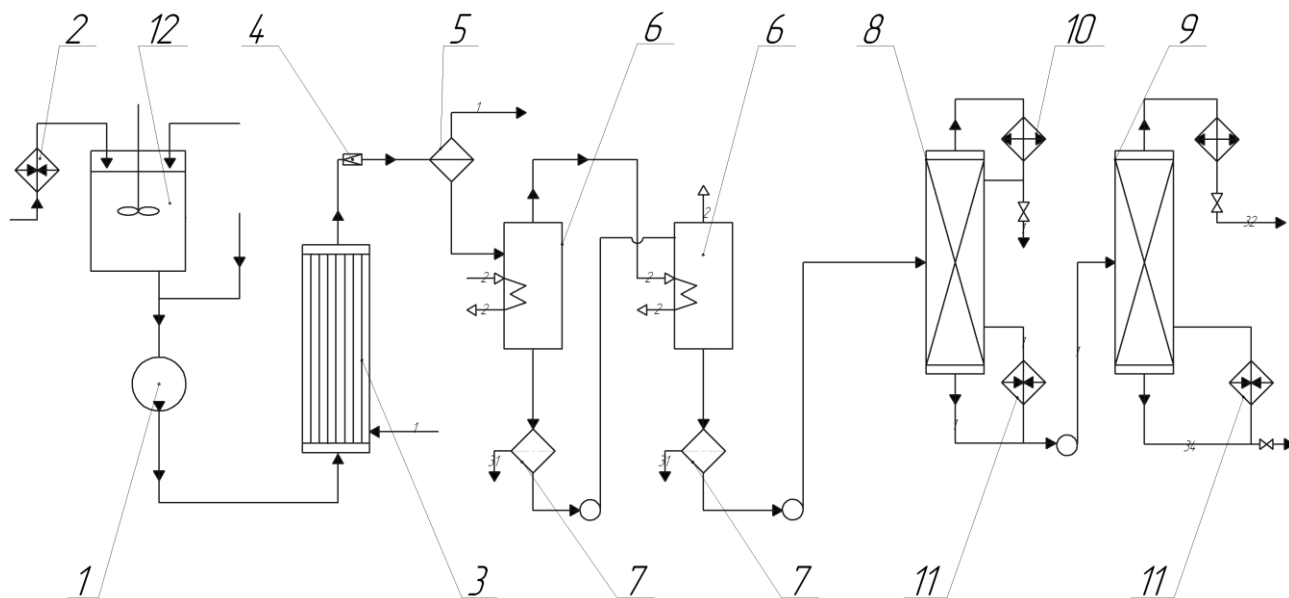
Комбінований метод схожий на перший, так як вихідним продуктом є пропілен, перетворюваний в хлористий алкіл.

Безхлорний метод отримання гліцерину з пропілену, при якому, крім оліфена, потрібно тільки повітря. Цей метод вигідно відрізняється тим, що відпадає потреба у виробництві хлору і гашеного вапна.

Не дивлячись на те, що в даний час розроблений ряд методів отримання гліцерину без використання хлору, хлорний спосіб синтезу залишається найбільш оптимальним, тому метою роботи є вдосконалення отримання гліцерину хлорним методом.

Епіхлоргідрин і 5 – 6% розчин карбонату натрію емульгують в насосі, де суміш стискають до 0,6 – 1,0 МПа і закачують її через підігрівач в трубчастий реактор. У ньому протікають реакції і утворюються гліцерин. Реакційну суміш дроселюють в клапані до атмосферного тиску, а в сепараторі відокремлюють

газопарову фазу і водяні пари від. З огляду на велику різницю в летючості води і гліцерину основну масу води відокремлюють випаровуванням: рідина проходить послідовно випарні куби, з яких перший обігрівается стороннім паром, а другий, який працює у вакуумі, - соковим паром з першого куба. Після кожного випарного апарату рідина проходить фільтри, де відділяється хлорид натрію.



- 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'ятильники; 12 – мішалка

Рисунок 1 – Технологічна схема отримання гліцерину хлорним методом

Модернізовану схему синтезу гліцерину з епіхлоргідріна представлено на рисунку 1. Суть модернізації у встановленні теплообмінника перед насосом–емульгатором та апарату з мішалкою, що дозволяє:

1. Зменшити габарити апарату з мішалкою за рахунок збільшення розчинності при нагріві розчинника;
2. Отримати більш подрібнені краплі емульсії за рахунок зменшення її в'язкості та сил поверхневого натягу. при збільшеній температурі.

#### **Перелік посилань:**

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

## МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МОРСЬКОЇ СОЛІ З РОЗРОБКОЮ ЦЕНТРИФУГИ ТА БАРАБАННОЇ СУШАРКИ

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

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Морська сіль - сіль, що добувається з моря, як правило природним шляхом (випаровуванням води під впливом Сонця) або за допомогою установки для переробки солі.

Кам'яна сіль видобувається з давніх морських відкладень і відрізняється тільки свіжістю органічних залишків. У натуральної морської солі міститься невелика кількість йоду. При дослідженні натуральних морських солей з 21 країни світу вміст йоду в зразках було в середньому менше 0,7 мг / кг, в той час як в йодованій солі вміст йоду ( $40 \pm 15$ ) мг / кг. Смак морської солі не відрізняється від звичайної кухонної солі, особливо в розчиненому вигляді в прийнятних для їжі концентраціях. У воді відкритого океану незалежно від абсолютної концентрації кількісні співвідношення між концентраціями головних іонів завжди однакові [1].

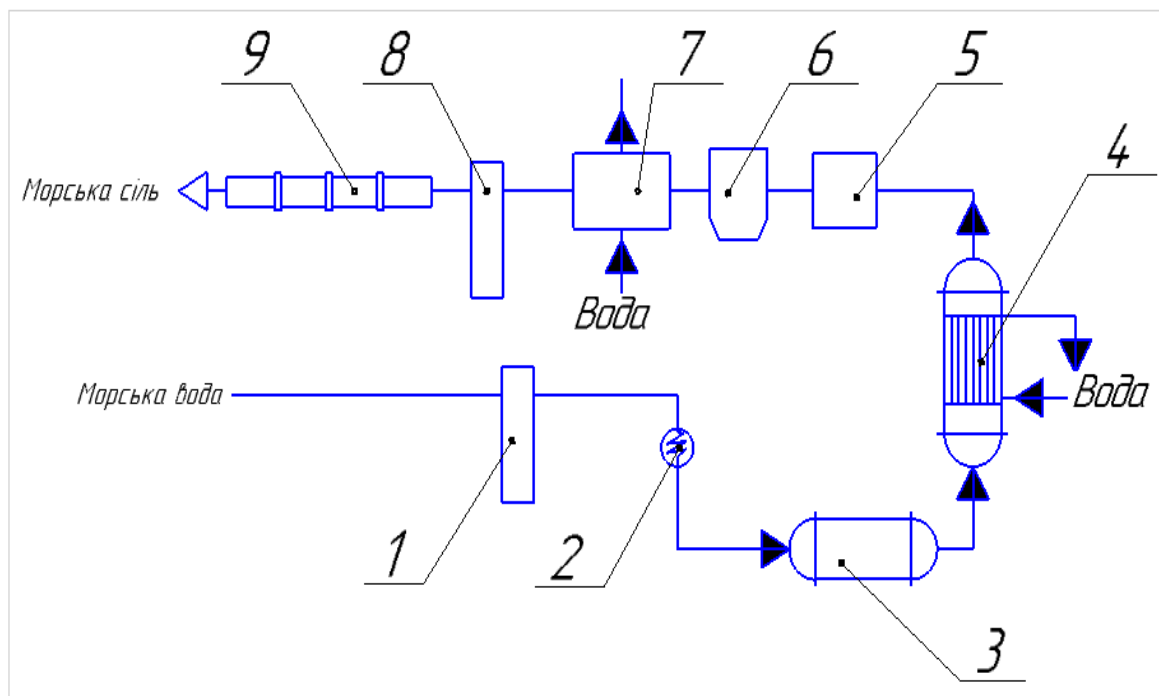
Сіль виготовляють згідно з технологічною документацією, затвердженою у встановленому порядку з дотриманням санітарних норм і правил, відповідно до вимог цього стандарту.

Технологічна схема установки переробки солі зображена на рисунку 1 [2].

Морська вода після фільтрування в фільтрі 1, подається на підігрівач 2 з якого отримується підігріта суміш, яка в свою чергу поступає в випарний апарат 3. Після випарного апарату суміш охолоджується в теплообміннику 4 та потрапляє в кристалізатор 5, який додатково кристалізує сіль на поверхні вже наявних кристалів. Після завершення кристалізації сіль подають в центрифугу 6, в якій за рахунок відцентрової сили звільнюється



від води. Після центрифуги сіль промивається водою в апараті 7, фільтрується в фільтрі 8 та висушується в барабанній сушарці 9.



1 – фільтр; 2 – підігрівач ; 3 – випарний апарат; 4 – теплообмінник; 5 – кристалізатор; 6 – центрифуга; 7 – апарат для промивання водою; 8 – фільтр; 9 – барабанна сушарка;

Рисунок 1—Модернізація установки переробки солі.

Модернізація спрямована на покращення енергетично-економічних параметрів установки.

#### **Перелік посилань:**

1. <http://www.manfredinieschianchi.com/206-5RU.htm> від 24.10.2018р.
2. Позин М.Є., Технологія мінеральних солей Часть 2 – Л.: Химия, 1974. – 768 с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ рН ВОДИ ПРИ ЇЇ ОБРОБЦІ НА  
ДОСЛІДНОМУ ЗРАЗКУ УСТАНОВКИ НЕЙТРАЛІЗАТОРА  
БЕЗРЕАГЕНТНОГО**

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

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

В Інституті технічної теплофізики НАН України в рамках виконання науково-технічної роботи за договором з МОН України (договір № ДЗ/52-2015 від 30.10.2015 року) розроблено і виготовлено дослідний зразок установки для безреагентної нейтралізації кислих конденсатів продуктів згоряння газу в опалювальних і промислових котельнях. Проведені дослідження показали ефективність її використання для нейтралізації кислого конденсату.

Принцип дії вищезгаданої установки базується на комплексному впливі на рідину таких явищ як кавітація, турбулізація потоку, різка зміна тиску тощо. Тому, шляхом вибору певних технічних параметрів, дана установка може знайти застосування для обробки інших рідин.

З метою дослідження зміни рН води проведено обробку свіжої водопровідної води при безперервній роботі установки в режимі циклічної періодичної подачі свіжої води і видачі частини обробленої води. Вимірювання рН і температури води проводили багатофункціональним приладом Ezodo РСТ-407 для аналізу параметрів води. Об'єм води в камері установки становив 24,4 л. Об'єм води, що завантажували і відводили з установки становив 14,5 л. Враховуючи тривалість вибраного циклу обробки 5 хв продуктивність установки по обробленій воді становила 174 л/год.

Обробку рідини здійснювали в дві стадії. На першій, допоміжній, стадії відбувалась обробка 24,4 л води в режимі замкнутої рециркуляції протягом 18 хв для досягнення заданої величини рН. На другій, основній, стадії відбувалась обробка води, отриманої на першій стадії, в режимі циклічної періодичної подачі 14,5 л свіжої води і видачі такої ж кількості обробленої води з установки.

Отримані результати наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Зміна рН і температури свіжої водопровідної води при її обробці на дослідному зразку установки нейтралізатора безреагентного

<b>Зразок</b>	<b>рН</b>	<b>Температура, °С</b>
<b>Перша стадія обробки (допоміжна)</b>		
Вихідний зразок	6,87	20,2
Оброблений протягом 4 хв	7,27	28,5
Оброблений протягом 15 хв	7,66	45,6
Оброблений протягом 18 хв	8,26	48,9
<b>Друга стадія обробки (основна)</b>		
<b>I цикл обробки</b>		
Перед обробкою	7,78	40,2
Оброблений протягом 5 хв	8,27	48,5
<b>II цикл обробки</b>		
Перед обробкою	7,77	37,8
Оброблений протягом 5 хв	8,08	44,3
<b>III цикл обробки</b>		
Перед обробкою	7,70	37,1
Оброблений протягом 5 хв	8,06	46,5

Отримані попередні результати вказують на те, що розроблений дослідний зразок установки нейтралізатора безреагентного може також знайти застосування для зміни водневого показника води і водних систем в різних галузях промисловості, зокрема в комунальній і харчовій.

## ВПЛИВ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ТЕПЛОВОЛОГІСНИЙ СТАН ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

гол.н.с., д.т.н. Давиденко Б.В., м.н.с. Сороковий Р.Я.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Від температурного стану огорожувальних конструкцій споруд залежать тепловтрати будинку у холодну і теплонадходження в теплу пору року. Це, в свою чергу, визначає навантаження на системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря. Волога у всіх її станах вважається істотним деструктивним фактором, що зменшує термін служби будівельних конструкцій. Від вмісту вологи залежить термічний опір елементів будівлі, а значить і її енергоефективність. Вірогідність випадіння конденсату всередині огорожувальних конструкцій будівель тим вища, чим більша різниця між температурами на її зовнішній та внутрішній поверхнях. Теплове сонячне випромінювання істотно впливає на тепловологісний стан огорожень і внутрішніх приміщень будівель. В опалювальний період до 30 відсотків теплоти у внутрішніх приміщеннях може генеруватись за рахунок сонячної радіації. Тому при дослідженні теплового стану огорожувальних конструкцій, необхідність якого виникає на етапі проектування і у процесі експлуатації будинків, слід враховувати зміну вологовмісту матеріалу конструкцій та дію сонячного випромінювання.

Огороджувальні конструкції являються пористими системами, тепловологісний стан яких визначається з одного боку впливом зовнішніх погодних умов, а з іншого – параметрами повітря внутрішніх приміщень. Згідно закону Фіка, рушійною силою для переносу пароподібної вологи в капілярно-пористих тілах є градієнт масової концентрації пари в повітрі  $F_{va}$ , а для рідкої вологи – градієнт капілярного тиску  $P_c$ . Потік рідкої вологи описується законом Дарсі:  $g_l = K_l grad(p_c)$ , де  $K_l$  – коефіцієнт проникності для рідини в тілі. Математична модель тепломасопереносу через огороження будівлі включає рівняння переносу рідкої фази, водяної пари і теплопереносу з урахуванням масопереносу:

$$\begin{aligned} \frac{\partial w_l}{\partial \tau} &= -\nabla(K_l \nabla p_c) + H_l & \frac{\partial \rho F_{va}}{\partial \tau} &= \nabla \left( \rho \frac{D_{va}}{\zeta} \nabla F_{va} \right) + H_v \\ (\rho_m C_m + w_l C_l + w_v C_v + w_a C_a) \frac{\partial T}{\partial \tau} &= \left[ C_l K_l \nabla p_c + \left( \rho \frac{D_{va}}{\zeta} \nabla F_{va} \right) (C_v - C_a) \right] \cdot \nabla T + \\ &+ \nabla \left( \left( \lambda_m + \frac{w_l}{\rho_l} \lambda_l + \frac{w_v}{\rho_v} \lambda_0 \right) \nabla T \right) + r H_l \end{aligned}$$

Тут  $w_l, w_v, w_a$  – об'ємні концентрації рідини, пари та повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $H_v, H_l$  – джерельні члени, що характеризують наявність фазових переходів,  $H_v = -H_l$ ;

$D_{va}$  – коефіцієнт дифузії пари в повітрі, м<sup>2</sup>/с;  $\rho$  – густина пара-повітряної суміші;  $\zeta$  – коефіцієнт опору дифузії парів води в пористому матеріалі.

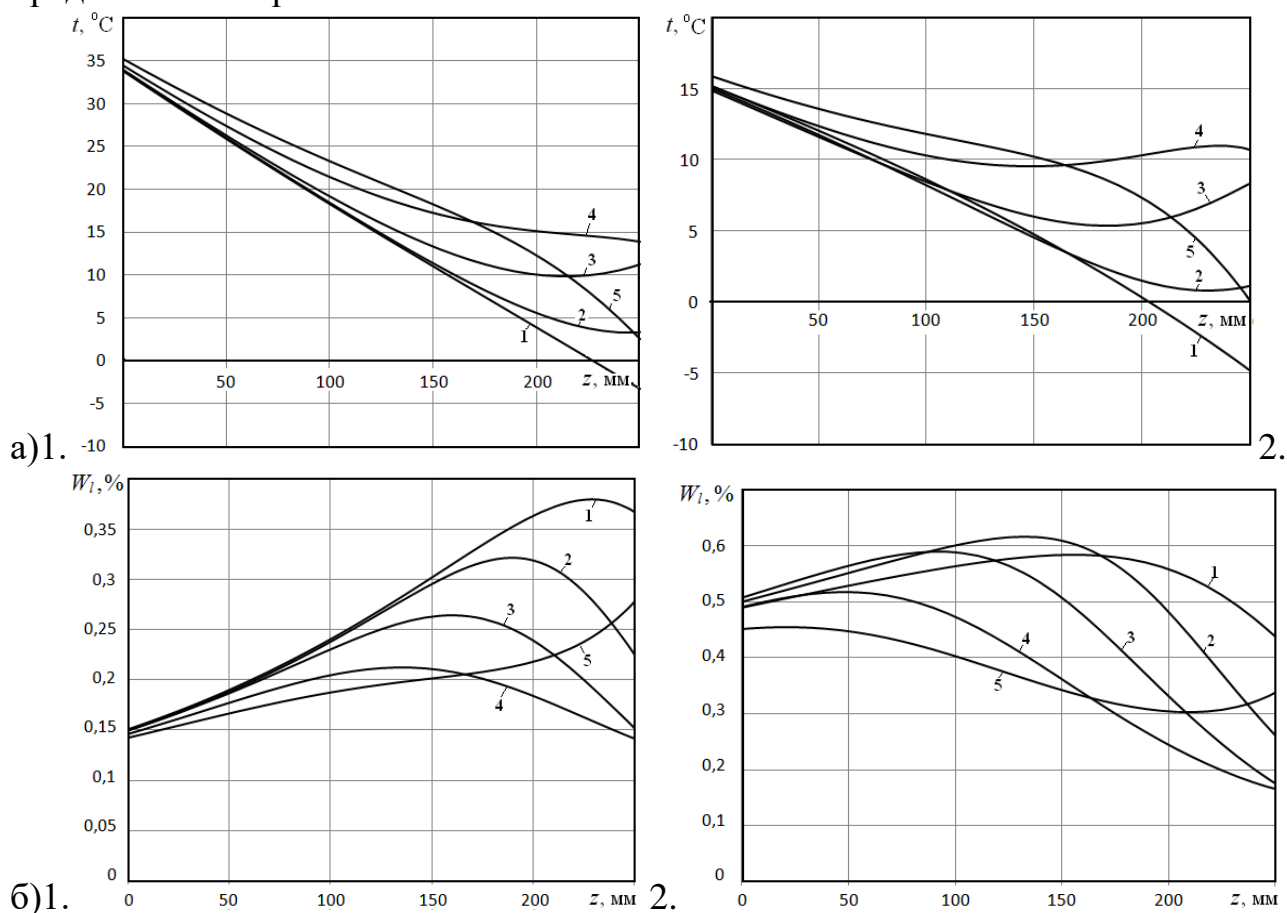
Граничні умови для рівнянь переносу представляються в наступний спосіб:

$$\frac{w_l}{\rho_l} K_l \left( \frac{\partial p_c}{\partial n} \right)_s - \frac{w_v}{\rho_v} \rho \frac{D_{va}}{\zeta} \left( \frac{\partial F_{va}}{\partial n} \right)_s = \beta (F_{v,s} - F_{v,\infty})$$

$$- \left( (1 - \Pi) \lambda_m + \frac{w_l}{\rho_l} \lambda_l + \frac{w_v}{\rho_v} \lambda_g \right) \left( \frac{\partial T}{\partial n} \right)_s = \alpha_{c+r} (T_s - T_\infty) + r \beta (F_{v,s} - F_{v,\infty}) - q_{sol} \gamma$$

де  $q_{sol}$  – тепловий потік від сонячної радіації;  $\alpha_{c+r}$  – радіаційно-конвекційний коефіцієнт тепловіддачі;  $\beta$  – коефіцієнт масовіддачі;  $\Pi$  – пористість. Індекс  $s$  відповідає значенням величин на поверхнях;  $\infty$  – на віддалі від поверхонь.

Система розв'язувалася чисельним методом. Результати розрахунку представлені на рис. 1



Риунок 1– Розподіл температури (а) та вологовмісту (б) по товщині стіни вздовж лінії в області радіатора (1) та на відстані від нього (2) в різні моменти часу:

1 – 7 год.; 2 – 9 год.; 3 – 11 год.; 4 – 14 год.; 5 – 17 год.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СУШІННЯ І ТЕРМОДЕСТРУКЦІЇ БІОМАСИ

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

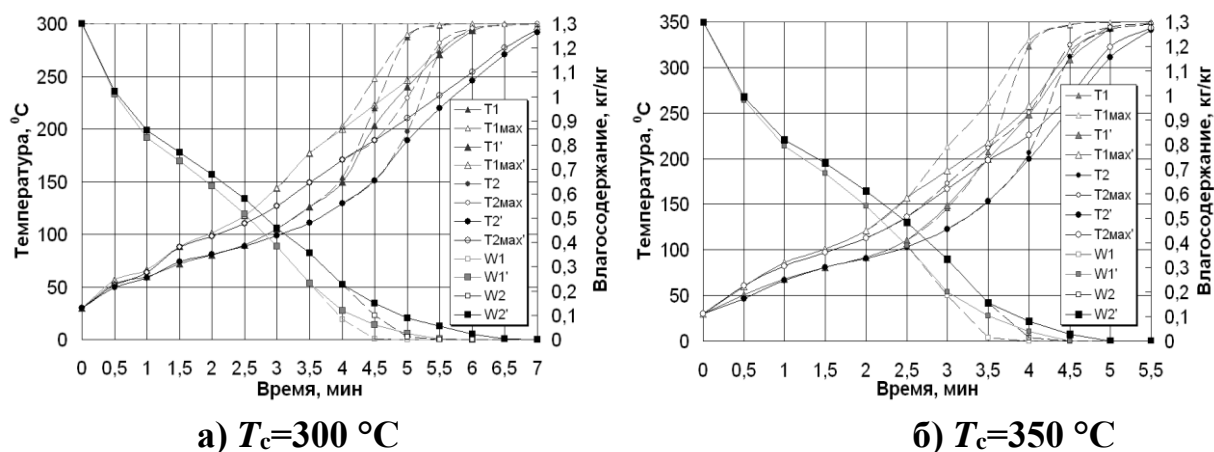
**Інститут технічної теплофізики НАН України**

Сушіння біомаси здійснюється переважно в барабанних сушарках після її попереднього подрібнення. В залежності від температури теплоносія  $T_c$  зневоднення може бути помірно інтенсивним ( $T_c = 120\text{--}170$  °С), або високотемпературним ( $T_c = 300\text{--}500$  °С). В останньому випадку зневоднення біомаси супроводжується процесом її термічного розкладання, початкова стадія якого характеризується розкладанням геміцелюлози з виділенням кисневмісних газів і пірогенетичної вологи, що сприяє підвищенню калорійності сухого залишку і відповідно біопалива в цілому. На наступних стадіях термодеструкції, при температурах вище 270 °С починають розкладатися целюлоза і лігнін, причому ці процеси в присутності повітря є екзотермічні для всіх видів біомаси та їх інтенсивне проходження може привести до швидкого підвищення температури і істотної втрати горючої складової. Тому важливим моментом при розробці технологій високотемпературної сушки біомаси є дотримання умови проходження першого етапу її термічного розкладання і завершення процесу по досягненні температури, що відповідає наступним стадіям деструкції даного виду біомаси.

Розробка технологій високотемпературного сушіння передбачає знання кінетичних характеристик термічного розкладання даного виду біомаси в зазначеному інтервалі температур. Можливості експериментальних методів дослідження кінетики сушіння і термодеструкції в частинках малого розміру досить обмежені. В [1] була побудована математична модель і метод розрахунку динаміки сушіння частинок біомаси при рівномірному їх омиванні теплоносієм. Частинки представляють колоїдні капілярно-пористі тіла, тепломасоперенос в них відбувається внаслідок дифузії, фільтрації, фазових перетворень зв'язаної речовини та усадки матеріалу. Пірогенетична вода видаляється разом із залишками вільної і зв'язаної вологи біомаси. В [2] були визначені кінетичні параметри десорбції фізично зв'язаної вологи і активаційних процесів неізотермічного розкладання геміцелюлози деревної і рослинної біомаси, які свідчать про те, що початок процесу термічного розкладання супроводжується різким підвищенням ефективної енергії активації мікрочастинок зв'язаної речовини.

Отримані в зазначених роботах результати були покладені в основу розрахунків високотемпературного сушіння енергетичної верби в умовах рівномірного омивання частинок димовими газами. Температура теплоносія задавалася в інтервалі 300–500°С. При розрахунку спільних процесів сушки і термодеструкції у програмі розрахунку, побудованій на базі математичної

моделі [1], після досягнення матеріалом температури 150 °С (початку термодеструкції) змінювалося значення енергії активації фізико-хімічно пов'язаної з тілом води на середнє ефективне значення, що відповідає температурному інтервалу розкладання геміцелюлоз, отримане в [2]. Для листяних порід дерев  $A_{\text{еф}} = A_{D\text{еф}} = 0,7525 \cdot 10^8$  Дж/кмоль. На рис.2 представлені результати чисельних експериментів.



**а)  $T_c=300$  °С** **б)  $T_c=350$  °С**  
Рисунок 1– Зміна в часі середніх вологовмісту  $W$ , температури  $T$ , і максимальної

температури  $T_{\text{max}}$  на поверхні циліндричних частинок енергетичної верби з розмірами  $d / h = 4,2 / 10$  мм (криві 1) та  $d / h = 5,6 / 10$  мм (криві 2) при сушінні без урахування термодеструкції і з її урахуванням ( $W'$ ,  $T$ ,  $T_{\text{max}}$ ) в потоці димових газів з параметрами  $w_c = 2$  м/с,  $d_c = 18$  г/кг с. пов.

**Висновки.** Процес термічного розкладання, як і процеси дифузії і випаровування, є активаційним. Урахування в математичній моделі цього явища дозволить організувати процес сушіння біомаси більш ефективно та покращити якість біопалива.

## Перелік посилань

1. Сорокова Н.М. математичне моделювання динаміки сушіння біомаси. Збірник тез доповідей XIV міжнародної науково-практичної конференції "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання". Київ, 2018. С. 72 – 73.
2. Коринчук Д.Н. Неизотермический анализ компонентов композиционных топлив на основе торфа и биомассы // Энергетика і автоматика. 2018. №1. С. 56–71.

**СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ  
КОВПАЧКОВИХ ТАРІЛОК МАСООБМІННИХ КОЛОН**

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

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

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

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

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

Іншим розробником пропонується в нижній частині газового патрубка виконувати наскрізні канали трикутної форми з певним кроком один від одного, а ковпачок виконувати з можливістю переміщення вздовж газового патрубка (Пат



України № 120491 У, МПК (2006.01) В01J 19/32, В01D 3/16, В01D 3/20, опубл. 10.11. 2017). Нове конструктивне виконання газового патрубку і ковпачка спрощує конструкцію, а також забезпечує ефективний барботажний режим роботи тарілки в широкому діапазоні витрат газової фази, інтенсифікуючи цим масообмінний процес. При цьому здійснюються відкриття наскрізних каналів патрубка в разі підвищення тиску газової фази. Це запобігає утворенню малоефективного струминного режиму руху газового потоку в шарі рідини, що рухається по тарілці і, таким чином, забезпечує високоефективний бульбашковий режим.

Для підвищення ефективності роботи ректифікаційної колони зовнішню поверхню ковпачків обладнують спіралями, які розміщуються від початку до кінця ковпачка (Пат України № 114294 У, МПК (2006.01) В01D 3/14, опубл. 10. 03. 2017). В цьому випадку парорідинна суміш, виходячи з-під ковпачка проходить певний шлях під спіралями, що знаходяться на межі парового і рідкого середовищ, барботує в рідину поза ковпачком по всьому периметру крайок кожної спіралі. Через те, що периметр спіралі більше довжини горизонтальної кромки прорізи, буде збільшуватися довжина шляху і поверхня фазового контакту, що є основним чинником підвищення ефективності процесу масообміну в ректифікаційній колоні в цілому.

Іншим шляхом підвищення ефективності роботи ректифікаційної колони може бути встановлення ковпачків, які мають різні розміри прохідних отворів для рівномірного розподілу рідини по об'єму масообмінної тарілки та запобігання утворенню пристінного ефекту рідиною (Пат України № 115606 У, МПК (2017.01) В01D 3/00, (2006.01) В01D 3/20, опубл. 25. 04. 2017).

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

## **КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БАЗОВИХ КОМПОНЕНТІВ БЕНЗИНУ**

магістрант Чеберда В.О., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Бензин – горюча суміш легких вуглеводнів. Бензин застосовується як паливо для карбюраторних і інжекторних двигунів, високо-ракетне паливо, при виробництві парафіну, як розчинник, як горючий матеріал, сировину для нафтохімії прямогонний бензин або бензин газовий стабільний. У технології виробництва базових компонентів бензину використовують кожухотрубні, елементні, пластинчаті, з U-подібними трубками, секційні, графітові, зрошувальні, типу «труба в трубі» та спіральні теплообмінники [1].

Метою роботи є визначення найбільш ефективного теплообмінника.

За прототип було взято спіральний, одноходовий та двоходовий кожухотрубні теплообмінники. Було проведено необхідні розрахунки та побудовано графіки залежності коефіцієнту теплопередачі від співвідношення металоємності до масової продуктивності, що зображено на рисунку 1, та від гідравлічного опору, зображений на рисунку 2. На рисунку 3 зображено графік залежності гідравлічного опору від співвідношення металоємності до масової продуктивності.

З графіків наведених на рисунку 1 та на рисунку 2 можна сказати, що двоходовий теплообмінник більш ефективний у порівнянні з іншими. У спірального теплообмінника коефіцієнт теплопередачі вищий, а у одноходового нижчий, але при цьому відношення металоємності до продуктивності та гідравлічний опір у обох теплообмінників є набагато вищими.

На графіку, зображеному на рисунку 3, видно, що гідравлічний опір та співвідношення металоємності до масової продуктивності у двоходового теплообмінника набагато нижчі ніж у інших.

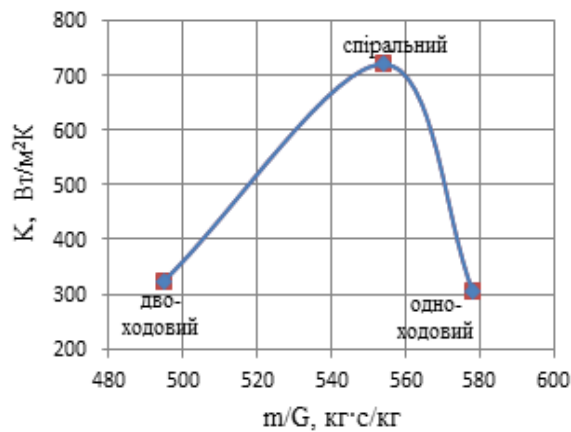


Рисунок 1 – Залежність коефіцієнта теплопередачі від співвідношення металоемності до масової продуктивності

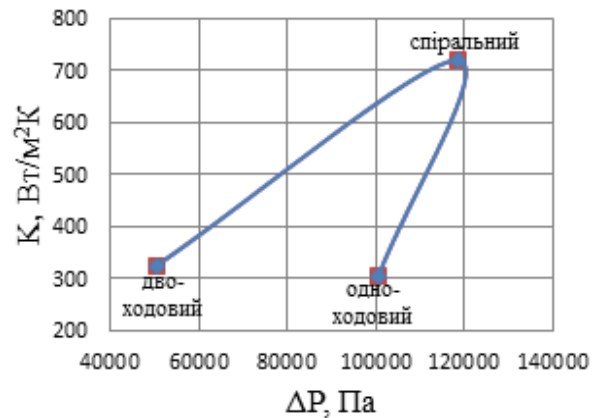


Рисунок 2 - Залежність коефіцієнта теплопередачі від гідравлічного опору

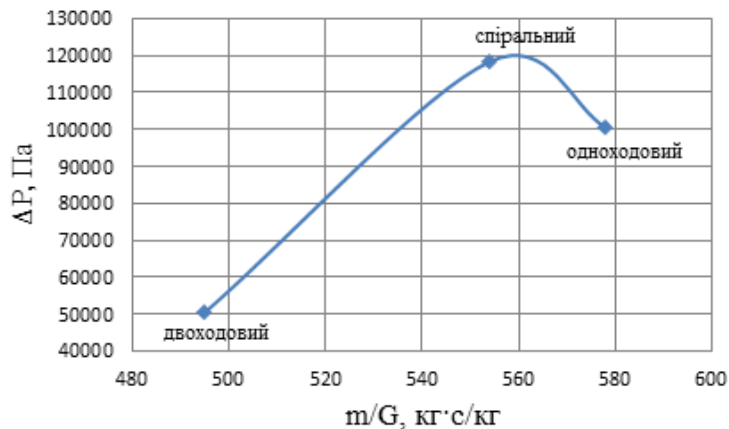


Рисунок 3 – Залежність гідравлічного опору від співвідношення металоемності до масової продуктивності

На основі проведених розрахунків та наведених графіків можна зробити висновок, що двоходовий кожухотрубний теплообмінник є найбільш ефективним.

### Перелік посилань.

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki> від 22.10.2018

## КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛОБМІННИК ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ФЕНОЛУ ІЗ СТИЧНИХ ВОД УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ ДИМОВИХ ГАЗІВ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Димовий газ - це газ, що виходить у атмосферу через димохід, тобто трубу або канал для транспортування вихлопних газів з каміна, духовки, печі, котла або парогенератора. Його склад залежить від того, що спалюється, але, як правило, складається переважно з азоту (зазвичай більше двох третин), одержуваних від спалювання повітря, вуглекислого і водяної пари, а також надлишку кисню. Він також містить невеликий відсоток ряду забруднюючих речовин, таких як, наприклад сажа, монооксид вуглецю, оксид азоту і оксид сірки, органічні сполуки. [1].

Розглядалися одноходовий, двоходовий та чотириходовий кожухотрубні теплообмінники. Було проведено необхідні розрахунки та побудовано графіки залежності гідравлічного опору та коефіцієнта теплопередачі від співвідношення металоємності до масової продуктивності, що зображено на рисунку 1 та рисунку 2. На рисунку 3 зображено графік залежності коефіцієнта теплопередачі від гідравлічного опору.

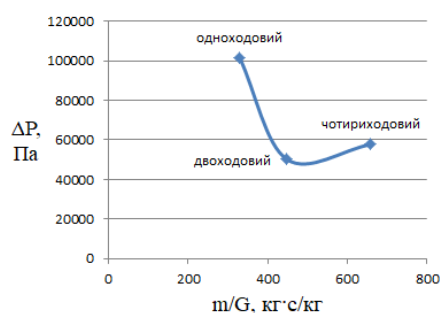


Рисунок 1 – Залежність гідравлічного опору від співвідношення металоємності до масової продуктивності

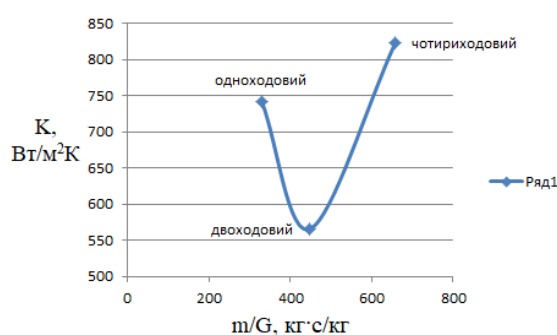


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта теплопередачі від співвідношення металоємності до масової

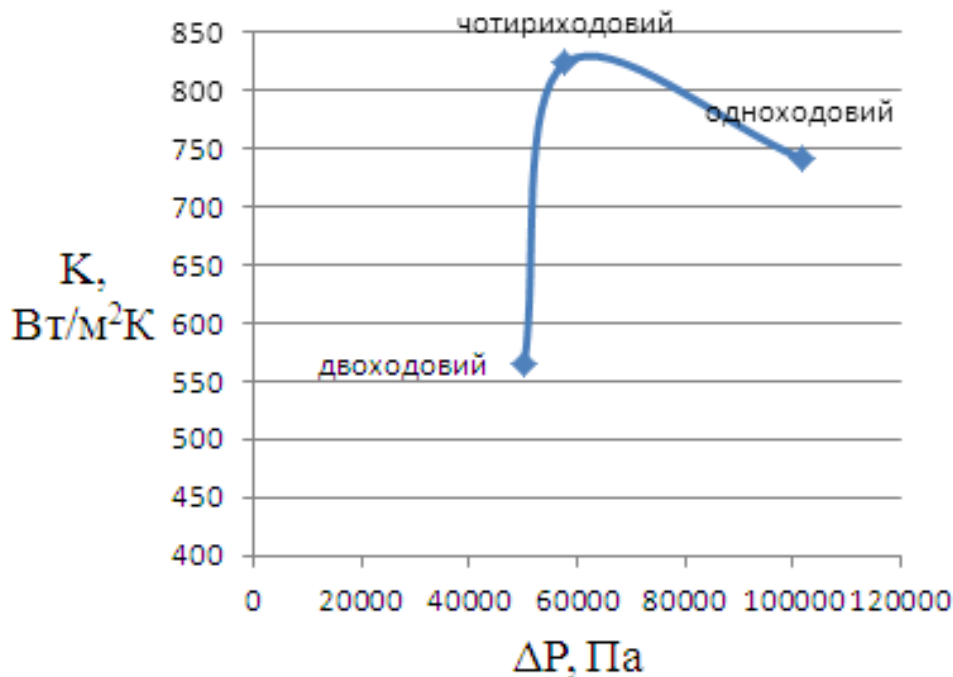


Рисунок 3 - Залежність коефіцієнта теплопередачі від гідравлічного опору

Метою роботи є вибір найбільш ефективного теплообмінника.

З графіків наведених на рисунку 2 та на рисунку 3 можна сказати, що двоходовий теплообмінник найбільш ефективний у порівнянні з іншими. У чотириходового теплообмінника коефіцієнт теплопередачі вищий, але при цьому металоемності є набагато більша та гідравлічний опір у обох теплообмінників є набагато вищими.

На графіку, зображеному на рисунку 1, видно, що гідравлічний опір у двоходового теплообмінника набагато нижчий ніж у інших.

На основі проведених розрахунків та наведених графіків можна зробити висновок, що двоходовий кожухотрубний теплообмінник є найбільш ефективним для вилучення фенолу із стічних вод установки очистки димових газів.

### Перелік посилань.

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki> від 23.10.2018

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КОНВЕКТИВНЕ ЗНЕВОДНЕННЯ ХУРМИ

Шапар Р.О., Гусарова О.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України,

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

У торгівельній мережі України є багато сезонних тропічних та субтропічних фруктів, таких як ківі, хурма, ананаси, манго та ін. Імпортні фрукти дорогі, термін їх придатності у свіжому вигляді обмежений, зберегти їх високі біологічні властивості не можливо без спеціального обладнання та умов. Такі плоди смачні та корисні не тільки у свіжому натуральному виді, але і сушеними, зокрема у вигляді чипсів.

Робота присвячена розробці режимів паротермічної обробки та сушіння хурми та пошуку шляхів інтенсифікації процесу зневоднення під час виробництва чипсів.

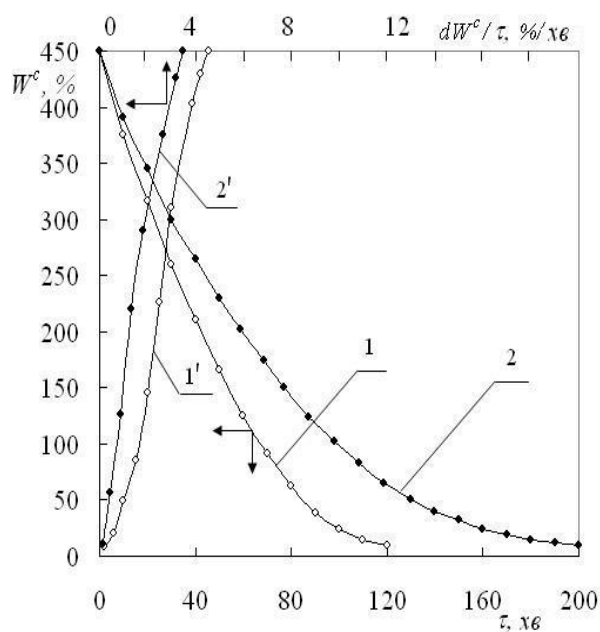
Хурма – цінна субтропічна сировина, яка містить у своєму складі значну кількість вітамінів, каротиноїди, яблучну та лимонну кислоти, залізо, кальцій, мідь, калій, марганець, йод, високий вміст вуглеводів – глюкозу і фруктозу, пектинові речовини та антиоксиданти й вимагає особливих умов підготовки до сушіння та режимів зневоднення [1, 2].

Результатами експериментальних досліджень визначено, що для інтенсифікації процесу зневоднення доцільно проводити паротермічну обробку хурми перед сушінням. Підготовлені плоди нарізали кружальцями завтовшки 3...4 мм та 7...8 мм та проводили паротермічну обробку при температурі 75...80 °С з витримкою 20...25 с. Дослідження показали, що проведення паротермічної обробки сприяє збільшенню клітинної проникності, інтенсифікації тепломасообміну під час сушіння, скороченню тривалості процесу. Така обробка забезпечує усунення терпкого смаку, інактивацію ферментів, стабілізацію природного кольору свіжої хурми, зменшення гігроскопічності, завдяки чому поліпшуються якісні показники чипсів.

Основним параметром, що впливає на інтенсивність процесу зневоднення, є температура теплоносія. Однак, термолабільність фруктів обмежує температурний рівень процесу сушіння [3]. На рисунках 1, 2 наведено

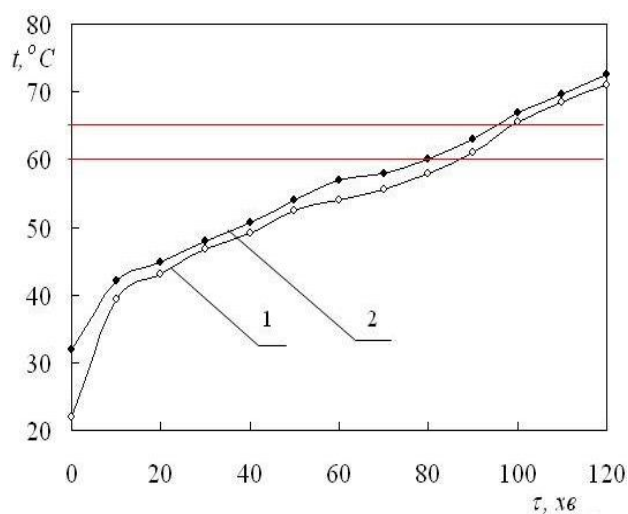
результати експериментальних досліджень у вигляді кривих кінетики і швидкості сушіння

$W^c = f(\tau)$ ,  $dW^c/d\tau = f(W^c)$  та температурних кривих  $t = f(W^c)$  при зневодненні плодів хурми. Процес здійснювали методом конвективного сушіння до залишкової вологості не більше 8 % за температури теплоносія 80 °С. Як бачимо, в режимі невисокої величини теплоносія, температура зразків при досягненні матеріалом 50...60 % вологості перебільшує гранично допустиму величину.



$t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $V = 1,5 \text{ м/с}$ ;  $d = 10 \text{ г/кг с.п.}$ ;  
1,1' –  $\delta = 3...4 \text{ мм}$ ; 2,2' –  $\delta = 7...8 \text{ мм}$ .

Рисунок 1 – Криві кінетики сушіння плодів хурми



$t = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $V = 1,5 \text{ м/с}$ ;  $d = 10 \text{ г/кг с. п.}$ ,  
 $\delta = 3...4 \text{ мм}$ ;

.....  
2 – температура зовнішнього шару  
Рисунок 2 – Зміна температури матеріалу під час сушіння

Для уникнення перевищення температури матеріалу, ґрунтуючись на результатах експериментальних досліджень, відповідно до закономірностей тепломасопереносу при сушінні, розроблено двостадійні режими зневоднення, за якими температура теплоносія на першому етапі процесу підтримується у діапазоні 65...90 °С, а далі при досягненні матеріалом температури 50...57 °С, знижується на другому етапі до 53...60 °С [4]. Швидкість теплоносія – 1,5 м/с, а вологовміст – 10 г/кг с.п.

Запропоновані режими паротермічної обробки та зневоднення хурми забезпечують одержання натурального продукту зі смаком і ароматом, властивим свіжим плодам хурми, тривалого терміну зберігання та високими

органолептичними показниками з мінімальними втратами вуглеводів, білків, органічних кислот, дубильних і мінеральних речовин, комплексу вітамінів, у т. ч. і каротиноїдів, що містяться у сировині.

Чипсам з хурми притаманні радіопротекторні властивості завдяки наявності в їхньому складі пектинових речовин і клітковини, які обумовлюють низьку калорійність, нормалізують діяльність корисної кишкової мікрофлори та сприяють виведенню з організму людини різних токсичних сполук, завдяки чому можуть використовуватися у дієтичному харчуванні [4].

Отримані дані будуть використані в подальших дослідженнях по визначенню оптимальних параметрів проведення основних етапів технологічного процесу.

### **Перелік посилань:**

1. Дзюндзя О. Перспективи використання хурми у виробництві продуктів харчування функціонального призначення / Товари і ринки. – 2009. – № 2. – С. 65-70.

2. Шейхмагомедова Г.Н., Омаров Ш.К. Влияние способа подготовки плодов хурмы восточной к сушке на выход и товарное качество сушеной продукции / Материалы рег. научно-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых ЮФО „Молодые ученые – вклад в реализацию национального проекта "Развитие АПК". – 2007. – С. 277-279.

3. Снежкин Ю.Ф., Шапарь Р.А. Анализ факторов повышения эффективности процесса сушки термолабильных материалов / Промышленная теплотехника. – 2009. – Т. 31. – № 7. – С.110-112.

4. Пат. № 79786 Україна, МПК<sup>9</sup> А23В 7/02, F26В 3/06. Спосіб виробництва чипсів з хурми / Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О., Гусарова О.В. – № U201214218; заявл. 13.12.2012; опубл. 25.04.13. Бюл. № 8, 2013.



**СЕКЦІЯ 2**

**«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»**

## ДВОСІТКОВА ФОРМУЮЧА ЧАСТИНА ПРМ

магістрантка Бобела С.О., ст. викл., к.т.н. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Формуюча частина папероробної машини (ПРМ) призначена для формування і зневоднення волокнистої суспензії та перетворення її у вологе паперове полотно концентрацією від 18 % до 22 %.

За конструкцією сучасні сіткові столи формуючих частин бувають плососіткові, двосіткові та гібридні. Плососітковий стіл відрізняється нескладною конструкцією. Проте, вона не дає можливості розвинути високу швидкість процесу з кількох причин [1]:

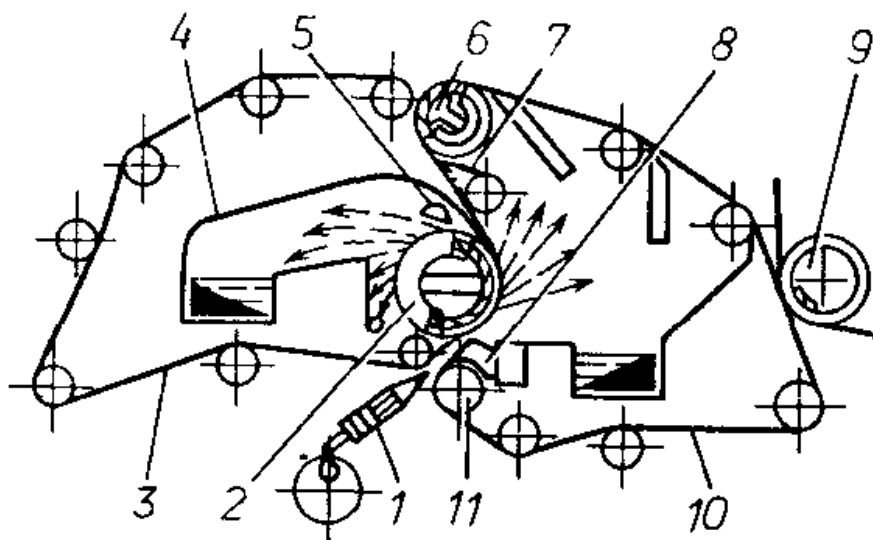
- опір повітря суспензії, що рухається, призводить до порушення структури паперового полотна;
- інтенсивне зневоднення паперового полотна призводить до зниження його якості у випадку, якщо сітковий стіл має не достатню довжину;
- відмінність у властивостях різних поверхонь паперового полотна (різnobічність).

З метою поліпшення структури паперового полотна, забезпечення швидкого і точного регулювання процесу, досягнення максимальної економічності, зручності обслуговування та ремонту ПРМ застосовують двосіткову формуючу частину.

ПРМ для виготовлення паперу санітарно-гігієнічного призначення, що функціонує на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат», оснащена двосітковою формуючою частиною, що дозволяє інтенсифікувати процес зневоднення та зменшити відмінність структури поверхонь паперового полотна [2].

На рисунку 1 зображена схема двосіткової формуючої частини ПРМ. Паперова маса з напірного пристрою надходить в проміжок між двома сітками та проходить формуючий ящик, в якому створюється невелике розрідження. Під дією розрідження і натягу сіток починається попереднє зневоднення паперової маси. Процес продовжується на формуючому валу, забезпеченому пиловідвідним шабером та відсмоктувальним ящиком. Процес зневоднення завершується на гауч-валові. Паперове полотно пересмоктувальним валом знімається з сітки і

направляється на пресову частину машини.



1–напірний пристрій, 2–формуєчий вал, 3–верхня сітка, 4–жолоб для оборотної води, 5 – відсмоктувальний шабер, 6 – гауч-вал, 7 – відсмоктувальний ящик,

8–формуєчий ящик, 9–пересмоктуєчий вал, 10–нижня сітка, 11–грудний вал

Рисунок 1 – Схема двосіткової формуєчої частини ПРМ

Вологість паперового полотна після двосіткової формуєчої частини ПРМ складає 55 – 65%.

Для того, щоб покращити процес формування та досягти вищих показників зневоднення паперового полотна на сітковій частині в існуючій установці запропоновано вдосконалити конструкцію формуєчого валу шляхом установки на його зовнішній поверхні сітчастої панчохи, яка зафіксована термоусадкою. Запропонована модернізація дозволить повноцінно проводити процес формування паперового полотна між двома сітками, збільшивши коефіцієнт тертя між сіткою та валом та покращити якість зневоднення. Оскільки діючий формуєчий вал гладкостінний, на ньому відбувається проковзування сітки, що негативно впливає на процес, а відтак і на якість кінцевого продукту.

#### Перелік посилань:

1. Иванов, С.Н. Технология бумаги. Изд. 3-е / С.Н. Иванов – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.

2. <https://www.paper.kiev.ua/> Дата звернення 15.10.2018.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

магістрант Вишар А.С., викл., к.т.н. Новохат О.А.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Зміни, що відбуваються в світовій економіці, впливають майже на кожен аспект бізнесу, промисловості і суспільства. Тенденції, що намічаються у світовій промисловості, змінюють і характер суспільства, у якому ми живемо. Усе це істотно позначиться на розвитку пакувальної промисловості [1].

У зв'язку зі збільшенням потреб у використанні паперової та картонної продукції, необхідно модернізувати, вдосконалювати та розвивати паперове виробництво. За даними асоціації «УкрПапір» паперова галузь виробництва станом на 2018 рік не повністю задовольняє потреби населення України, хоча порівняно з 2017 роком обсяги виробництва зросли на 106,6 % [2].

За останні роки пакування з паперу та картону набувають широкого застосування, оскільки вони менш шкідливі для навколишнього середовища ніж металеві, скляні або пластикові. Переробка та повторне використання паперових виробів має менші затрати ніж інші. Тому вдосконалення папероробних та картоноробних машин є актуальною темою для досліджень.

Сучасна папероробна машина може мати різні конструкції пресових частин. Один з варіантів актуальних технічних рішень є пресова частина з чотирьохвальним пресом TRI-NIP (рис. 1). Його чотири пресові вали утворюють три зони пресування. Основні елементи пресу TRI-NIP:

- відсмоктуючий пресовий вал. Його вакуумні камери забезпечують видалення води із сукна в зоні пресування. Одна із камер з низьким вакуумом забезпечує передачу паперу в другу зону пресування;
- нижній вал з сукном;
- центральний пресовий вал;
- модуль башмачного преса.

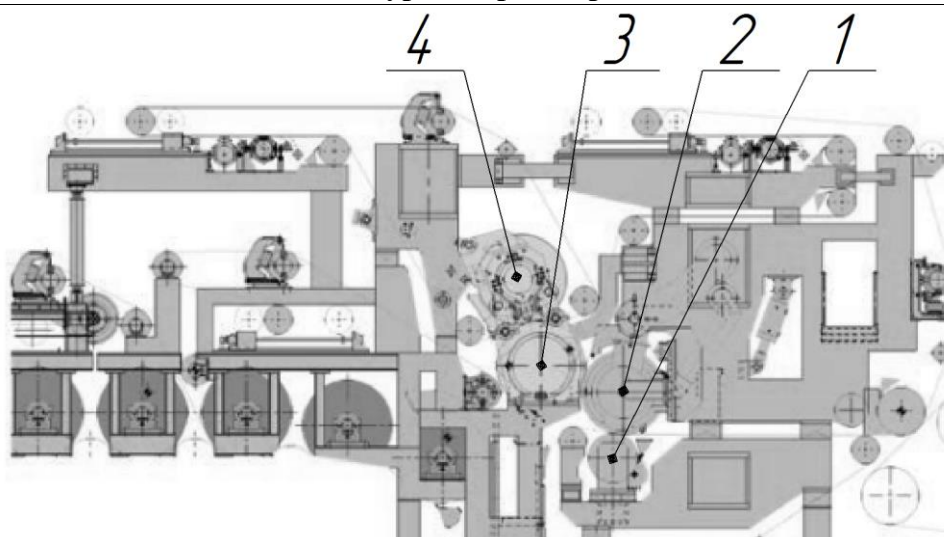


Рисунок 1 – Пресова частина ПРМ з чотирьохвальним пресом TRI–NIP  
1 – нижній пресовий вал з сукном; 2 – відсмоктуючий пресовий вал; 3 –  
центральний пресовий вал; 4 – модуль башмачного преса.

Переваги даної конструкції:

- відсутнє повторне зволоження полотна;
- зменшення довжини зони вільного пробігу полотна;
- компактність пресової частини;
- сухість полотна після пресової частини : 50%

Така конфігурація пресової частини зазвичай використовується на високошвидкісних машинах. [3]

Одним із недоліків даної конструкції можна вважати високу вартість та вищі енергозатрати на створення вакууму. Для зменшення недоліків пропонується замінити відсмоктуючий пресовий вал на вал з глухими отворами або на жолобчатий вал. Це дозволить проводити процес пресування за вищого лінійного тиску, збільшивши інтенсивність зневоднення. Маркування паперового полотна мінімізується малою шириною жолобків або діаметром глухих отворів та наявністю сукна.

#### Перелік посилань:

1. <http://www.upakjour.com.ua/> від 12.10.2018 р.
2. <http://www.ukrpaper.org/news.php> від 12.10.2018 р.
3. <http://www.papcel.ru/paticka/paticka-znacky/gorostidi/tri-nip/> від 12.10.2018 р.

## **ЛОЩИЛЬНИЙ ЦИЛІНДР ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ**

магістрант Гордієнко І.М.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»**

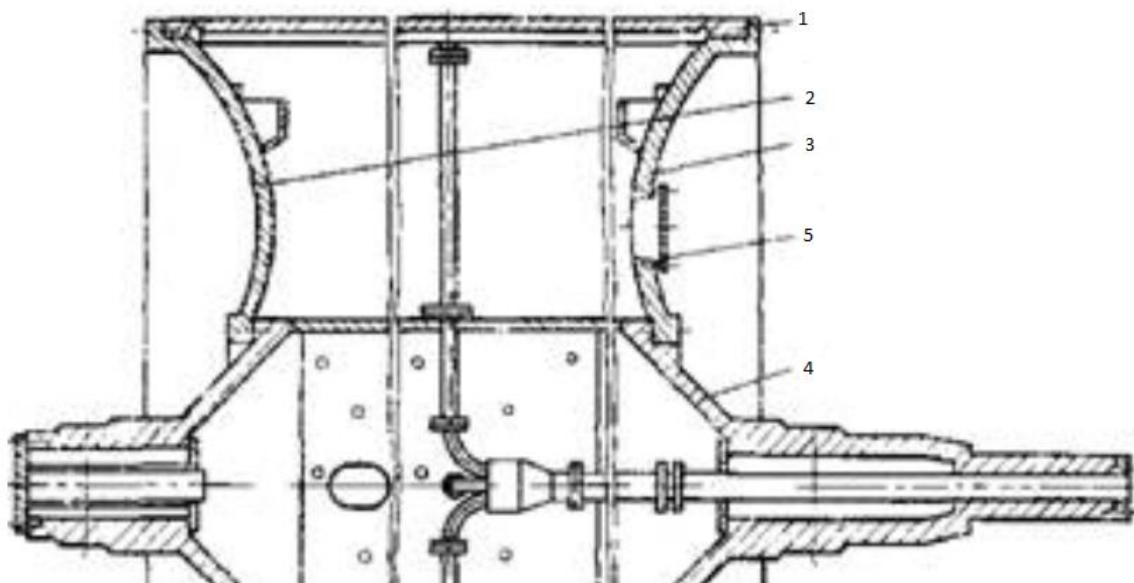
Папероробні машини призначені для виробництва санітарно-гігієнічного паперу відносяться, з технологічної точки зору, до найскладніших по відношенню до кількості встановленого обладнання, до найбільших по відношенню до площі забудови і цим також до найдорожчих. Дані машини мають дві основні концепції- європейську, у якій в сушильній частині встановлений лощильний циліндр і азіатську, яка лощильний циліндр не застосовує і увагу приділяє насамперед більш інтенсивному каландруванню. Дані різниці між європейськими та азіатськими концепціями природно відображаються в якості кінцевого продукту.

Лощильні циліндри великого діаметру застосовуються на машинах з виробництва паперу для вироблення паперу односторонньої гладкості, на машинах, які виробляють тонкі санітарно-гігієнічні види паперу. Забезпечує високу гладкість поверхні паперу, що дотикається до нього, і високе видалення води при сушінні.

Лощильні циліндри (в залежності від продуктивності машини) мають діаметр від 3 до 6 м, стандартними діаметрами є 3600; 4250; 6000 мм. Зазвичай лощильні циліндри застосовуються для машин з обрізної шириною полотна до 4200 мм.

Конструкція лощильного циліндра показана на рисунку 1. Циліндр складається з корпусу, торцевих кришок і центрального полого валу з цапфами. Кришки з'єднані з корпусом і валом болтами. В обох кришках, а також в центральному пологому валу є люки, необхідні для проведення монтажних робіт і внутрішнього огляду. Корпус циліндра відливається з чавуну з високими характеристиками міцності і високою теплопровідністю. Внутрішня поверхня циліндра виконується з кільцевими ребрами, чим досягається збільшення ефективної поверхні нагрівання, а також ліквідація суцільної конденсатної плівки на внутрішній поверхні циліндра і поліпшення конденсатовідводу. Конденсат в цьому випадку відводиться через сифонні трубки, що входять в

канавки між ребрами. Продуктивність сушіння на циліндрі з внутрішньою ребристою поверхнею на 15-20% вище, ніж на гладкому циліндрі.



1 – корпус циліндра; 2 – кришка лицьової сторони; 3 – кришка приводної сторони; 4 – центральний вал; 5 – кришка люку

Рисунок 1– Лощильний циліндр

Зовнішня поверхня циліндра шліфується і полірується. Остаточна обробка циліндра виробляється при подачі в нього пари, бомбіровка циліндра проводиться з урахуванням того, що в процесі експлуатації його поверхню, що знаходиться в контакті з полотном, охолоджується їм, а ділянки, що примикають до кришок, мають більш високу температуру. Пар в лощильний циліндр подається через цапфу і отвори в центральному пологому валу. Конденсат відводиться через сифонні трубки, збірні колектори, встановлені вздовж твірних циліндра, і радіальні сифонні трубки - в центральну трубку, що проходить через приводну цапфу. Циліндр піддається статичному балансуванню.

### **Перелік посилань**

1. <http://www.parcel.ru> від 15.10.2018 р.
2. Чичасєв А.А. «Оборудование целюлозно-бумажного производства» в двух томах. Том 2. «Бумагоделательные машины» – М. «Лесная промышленность» 1981. – 264с.

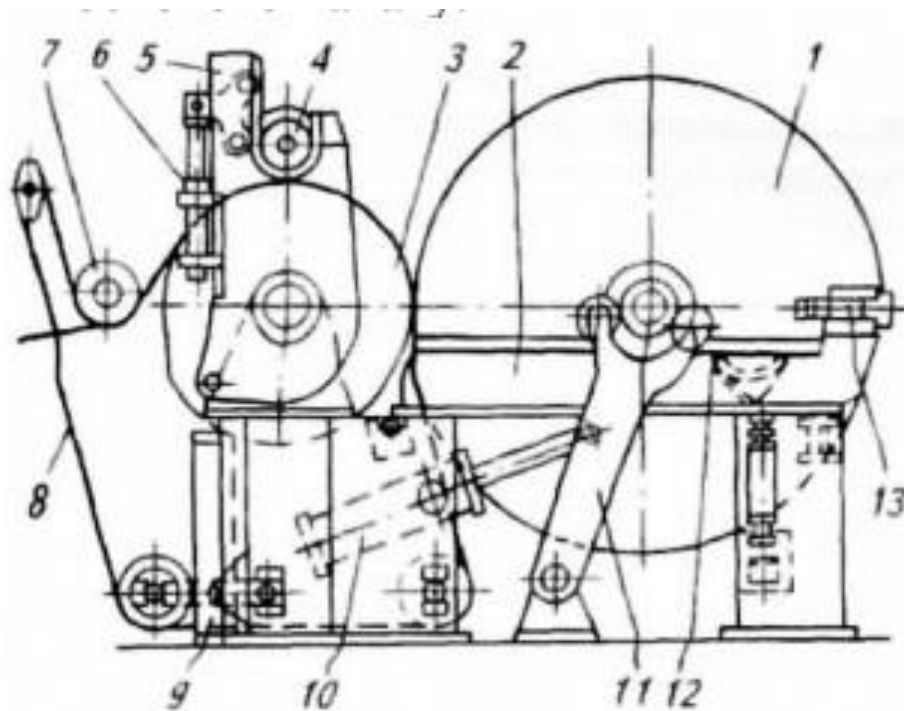
## НАКАТ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

магістрант Гурін Д. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Накат є завершальним процесом отримання паперового полотна, пристроєм папероробної машини і служить для намотування паперу в рулони. Основною вимогою до намоту є рівномірне і щільне намотування паперу, необхідне для її подальшої якісної переробки. У всіх сучасних швидкохідних і широких ПРМ застосовується периферичний накат (Рисунок 1).



1 - намотуваний рулон; 2 - станина; 3 - циліндр намоту; 4 - тамбурний валик; 5 - прийомні важелі; 6 - пневмоциліндр притиску тамбура; 7 - розправляючий валик; 8 - канатик заправний; 9 - циліндр приводу повороту прийомних важелів; 10 - циліндр приводу основних (робочих) важелів; 11 - основні важелі; 12 - гальмівний пристрій рулону; 13 - демпфер

Рисунок 1 - Схема периферичного намоту



До конструкцій накатів ПРМ пред'являють наступні основні вимоги:

1. Рівномірна щільність намотування полотна.
2. Висока якість намотування рулонів, відсутність браку.
3. Легкість заправлення полотна на тамбурний вал, не зменшуючи швидкість машини.
4. Зняття з паперу зарядів статичної електрики.
5. Часткове охолодження і зволоження паперового полотна.
6. Надійні гальма і шабер.

Модернізація установки накату полягає в: очищенні робочого середовища деталей установки від пилу, бруду та залишків полотна; забезпеченні безперебійної автоматичної роботи механізму заміни тамбурних валів, а саме, відведення тамбурного валу із рулоном полотна та підведення нового валу, його розкрути до швидкості циліндру накату і заправлення полотна на тамбур.

Накат повинен забезпечувати рівномірну щільність намотування. Слабо намотаний рулон паперу при зберіганні легко деформується, втрачає циліндричну форму і витки в ньому легко зміщуються один відносно одного вздовж осі. При розмотуванні такий рулон обертається нерівномірно, тому натяг паперу непостійний, що призводить до збільшення числа обривів. При занадто тугому намотуванні підвищені напруги в паперовому полотні також можуть привести до обривів полотна. З метою усунення вказаного недоліка можна модернізувати конструкцію шляхом встановлення стабілізуючих елементів, які будуть запобігати перекосу направляючих балок під час намотування рулону.

### **Перелік посилань:**

1. Технология целлюлозно-бумажного производства. Справочные материалы. Санкт-Петербург. . Изд-во СПбЛТА. 2005 г. Том 2. часть первая. 423с.
2. УДК 676.05 НАКАТ СУЧАСНИХ БДМ студ. Терещенко В.О., ст.викл.Зайцев С. В.
3. Патент України на корисну модель UA78696. Бюл. №6 25.03.2013.

## НАКАТ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ

магістрант Гурін Д. В.

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

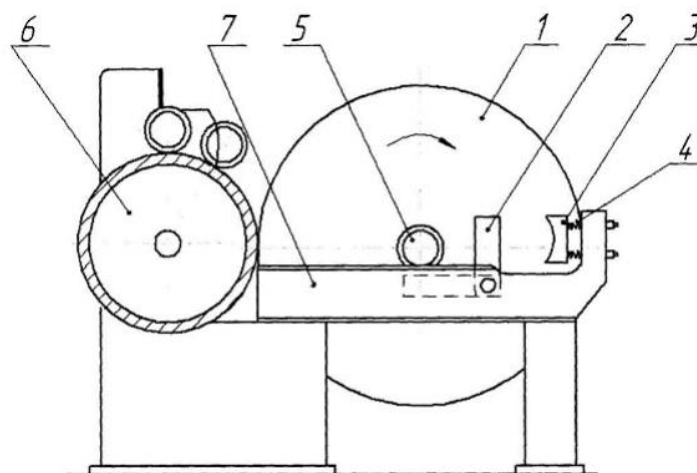
В папероробній машині (ПРМ), накат, відіграє важливу роль, яка полягає в якості намотування паперового полотна, охолодженні, зволоженні полотна і намотування його в щільні рулони на вал. В залежності від намотування паперового полотна залежить подальша обробка паперу та надання його товарних характеристик, тому модернізація, удосконалення і спрощення конструкцій є актуальною задачею. Зараз існує значний попит, а також і дефіцит установок накатів вітчизняного виробництва. Тому розробка ефективних вітчизняних конструкцій накатів (рисунок 1) є актуальним. Головним недоліком накату є те, полотно гальмує занадто повільно, тому що гальмує лише власною вагою.



Рисунок 1- Загальний вигляд накату

В основу корисної моделі установки накату головною задачею є зменшити час гальмування полотна, а отже і пере заправки полотна в цілому.

Задача вирішується тим, що коли перекачується рулон, після намотки поворотний пристрій повертається, при цьому рулон потрапляє в западину і відбувається гальмування. Гальмування відбувається за допомогою гальмівних колодок Ферадо. Колодки Ферадо складаються з фібри, яка має великий коефіцієнт тертя та вкраплена мідної стружки.



1-рулон; 2- пристрій приводу; 3-гальмівні колодки Ферадо; 4-гвинти; 5-вал; 6-циліндр накату; 7-направляюча  
Рисунок 2- Конструкція накату

При намотуванні паперу вал 5 розташовується на напрямній 7. Після обрізання паперу вал 5 за рахунок сили інерції починає рухатись по напрямній 7 в сторону пристрою гальмівного. Гальмування, спричиненої значною вагою рулон 1, відбувається за рахунок значної сили тертя. Завдяки цьому швидкість рулону 1 біля гальмівного пристрою є незначною, потрапляє до гальмівного пристрою: поворотний пристрій 2 повертається і рулон потрапляє до западини, і там остаточно зупиняється за допомогою гальмівних колодок Ферадо.

Перевагою данної конструкції накату папероробної машини забезпечує м'які умови гальмування рулону, запобігає деформуванню тамбурного вала, а також зменшує можливість псування рулону паперу, не потребує додаткових пристроїв, не заважає підняттю рулону краном і подальшому транспортуванню його на перемотку.

#### Перелік посилань:

1. <http://uapatents.com/4-74546-periferichnijj-nakat-papero-robno-mashini.html> від 14.10.18 р.
2. Чичаев В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. Том 2: бумагоделательные машины. Издательство "Лесная промышленность". – 1981

## СУЧАСНИЙ ТЕХНІЧНИЙ РІВЕНЬ ПАПЕРОРІЗАЛЬНИХ МАШИН

магістрант Деркач О.Д.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Сучасні досягнення науки і техніки, які сталися останнім часом, докорінно змінили поліграфічну промисловість і сприяли підвищенню ефективності її виробництва, поліпшенню якості виконання продукції. В умовах появи нових різноманітних способів друку, поліграфічних матеріалів (у тому числі композиційних), одним із найпоширеніших і найвідповідальніших є технологічний процес обробки різанням. Точність попереднього підрізування значною мірою визначає якість друку. Обладнання, що виконує цю функцію, важлива складова поліграфічного виробництва .

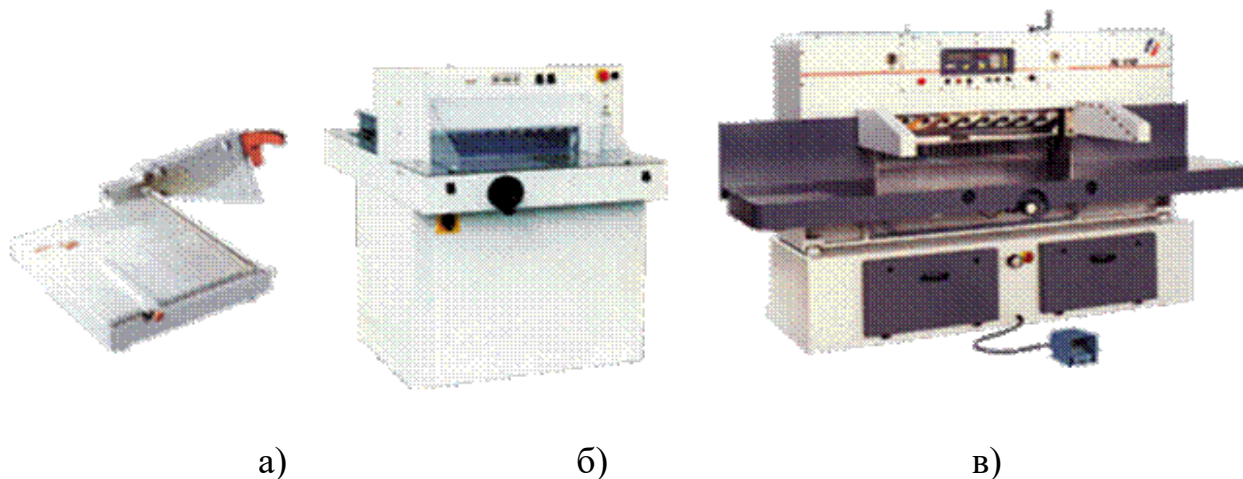
У нашій країні представлене паперорізальне обладнання таких виробників: Adast, Challenge, Eba, Horizon, Ideal, Polar, Perfecta, SEM, Schneider–Senator, Multicut, Wohlenberg. Більша частина цього обладнання має схожі конструкції. Основні відмінності паперорізальних машин різних виробників полягають у якості матеріалів, що використовуються під час їх виготовлення, точності складання механізмів та електронній системі керування.

До основних параметрів, на які орієнтуються при класифікації паперорізального обладнання (рис. 1), відносять : формат поліграфічної продукції, що ріжеться; тип привода ножа і притиску стопи; кількість одночасно здійснюваних різів; ступінь автоматизації процесу.[1].

За кількістю одночасно здійснюваних різів паперорізальні машини поділяють на одноножові й триножові. Триножові машини призначені, як правило, тільки для кінцевого підрізування друкарської продукції. Одноножові моделі призначені для різання будь-якого листового матеріалу: паперу, картону, фанери, металевої фольги, кірки, гуми, пластика. Це найбільш поширений вид обладнання, який широко представлений на ринку.

Одноножові паперорізальні машини застосовуються практично на всіх етапах випуску друкарської продукції – від підготовки до фінішної обробки.

Основні тенденції сучасного ринку поліграфічної продукції (зменшення накладів, зростання оперативності виготовлення, збільшення номенклатури робіт і т. д.) ставлять певні вимоги до обладнання щодо надійності, продуктивності, відповідності міжнародним стандартам безпеки, соціально-гігієнічним та екологічним нормам.



( а - різак; б - гільйотина; в - одноножова паперорізальна машина)

Рисунок 1 – Види паперорізальних машин

На сьогодні одним із факторів, що ускладнює вирішення завдання підвищення техніко – економічних показників поліграфічного обладнання, і зокрема паперорізального, є відсутність єдиного науково обґрунтованого підходу, і особливо методологічного й методичного забезпечення, під час формування ефективної системи планування, організації та управління проектами у процесі здійснення розробки, виготовлення й експлуатації складних технічних об'єктів на стадіях ЖЦВ з урахуванням зміни внутрішнього і зовнішнього середовищ підприємств при визначенні часових та ресурсних показників .

#### **Перелік посилань:**

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

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ СФЕРИЧНИХ ЧАСТИНОК ЦЕОЛІТУ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Основною задачею даної роботи є встановлення кінетичних закономірностей процесу сушіння цеоліту задля проектування промислового обладнання.

Рушійною силою процесу сушіння цеоліту в першому періоді є різниця між тиском насиченої водяної пари в пограничному шарі на поверхні цеоліту та парціальним тиском пари в навколишньому середовищі, а в другому періоді сушіння – різниця між величинами поточного та кінцевого рівноважного вологовмісту цеоліту.

У цеоліті, як капілярно-пористому тілі, знаходиться вільна волога, волога в мікрокапілярах та адсорбційно зв'язана волога. У першому періоді сушіння випаровується вільна волога, а швидкість процесу обмежена інтенсивністю теплового потоку. У другому періоді сушіння швидкість спочатку обмежена дифузією вологи в зону випаровування (видалення вологи в мікрокапілярах), а під кінець сушіння лімітується руйнуванням адсорбційних зв'язків вологи з цеолітом та її випаровуванням.

До початку сушіння вологовміст та температура однакові по всьому радіусу сферичної частинки цеоліту. Під час сушіння в поверхневих шарах, де найвища кількість поглинутої теплоти від нагрітого теплоносія, значення температури найбільше, а вологовміст найменший. Оскільки під час сушіння цеоліту тепловий потік зменшується по товщині частинки, то температура, відповідно, спадає, а вологовміст збільшується із рухом до центру частинки. В кінці сушіння вологовміст досягає рівноважного значення та вирівнюється [1].

Технологічний режим в обладнанні для конвективного сушіння та прийняте спрощення конфігурації частинок цеоліту дають можливість розглядати цей процес як одновимірний в радіальному напрямку сферичного тіла.

Математична модель даного процесу для сферичних частинок включає рівняння теплопровідності та рівняння кінетики сушіння [2]:

$$\begin{cases} c\rho_{\text{ц}} \frac{dT}{d\tau} = \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \cdot \frac{\partial T}{\partial R} \right) - \rho_{\text{ц}} r \frac{du}{d\tau} \\ \frac{du}{d\tau} = \beta F(p_{\text{н}} - p_{\text{п}}) + k(u - u_{\text{р}}) \end{cases}$$

де  $c$  – приведена питома теплоємність вологого цеоліту,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ ;  $\rho_{\text{ц}}$  – густина абсолютно сухого цеоліту,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;  $\frac{dT}{d\tau}$  – швидкість зміни температури,  $\frac{\text{К}}{\text{с}}$ ;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності цеоліту  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ ;  $\frac{\partial T}{\partial R}$  – градієнт температур,  $\frac{\text{К}}{\text{м}}$ ;  $\frac{\partial^2 T}{\partial R^2}$  – розподіл градієнту температур  $\frac{\text{К}}{\text{м}^2}$ ;  $r$  – питома теплота пароутворення,  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ;  $\frac{du}{d\tau}$  – швидкість сушіння цеоліту,  $\text{с}^{-1}$ ;  $\beta$  – коефіцієнт вологовіддачі,  $\frac{1}{\text{м}^2\cdot\text{Па}\cdot\text{с}}$ ;  $F$  – поверхня контакту фаз,  $\text{м}^2$ ;  $p_{\text{н}}$  – тиск насиченої пари над поверхнею частинок цеоліту, Па;  $p_{\text{п}}$  – парціальний тиск пари в теплоносії, Па;  $k$  – константа швидкості сушіння в другому періоді,  $\text{с}^{-1}$ ,  $u$  – вологовміст цеоліту,  $\text{кг}/\text{кг}$ ;  $u_{\text{р}}$  – рівноважний вологовміст,  $\text{кг}/\text{кг}$ .

Граничні умови процесу (третього роду):  $-\alpha(T_{\text{н.с.}} - T_1) = \frac{\lambda_1}{\delta}(T_1 - T_2)$ ,

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\cdot\text{К}}$ ;  $T_{\text{н.с.}}$  – температура теплоносія, К;  $T_1$  – температура зовнішньої поверхні цеоліту, К;  $\lambda_1$  – коефіцієнт теплопровідності першого шару цеоліту,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{К}}$ ;  $\delta$  – товщина шару, м;  $T_2$  – температура целіту на відстані  $\delta$  від зовнішньої поверхні частинки цеоліту, К.

Початкові умови:  $T = T_0$ ;  $u = u_0$ ;  $\tau = 0$ .

Співвідношення парціального тиску пари до тиску насичення дорівнює відносній вологості:  $\varphi = \frac{p_{\text{п}}}{p_{\text{н}}}$ . Тоді парціальний тиск пари можна визначити завдяки співвідношенню:  $p_{\text{п}} = \varphi \cdot p_{\text{н}}$ .

### Перелік посилань:

1. Marchevsky V. Numerical modeling of physical fields in the process of drying of paper for corrugating by the infrared radiation / A. Karavatskii, V. Marhesky, O. Novokhat // Eastern-European journal of enterprise technologies – Vol 2, No 5(86) – (2017) – P. 14-22. (Фахове видання)
2. Фролов. В.Ф. Моделирование сушки дисперсных материалов. – Л.: Химия, 1987. – 208 с., ил.



## МЕТОДИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ

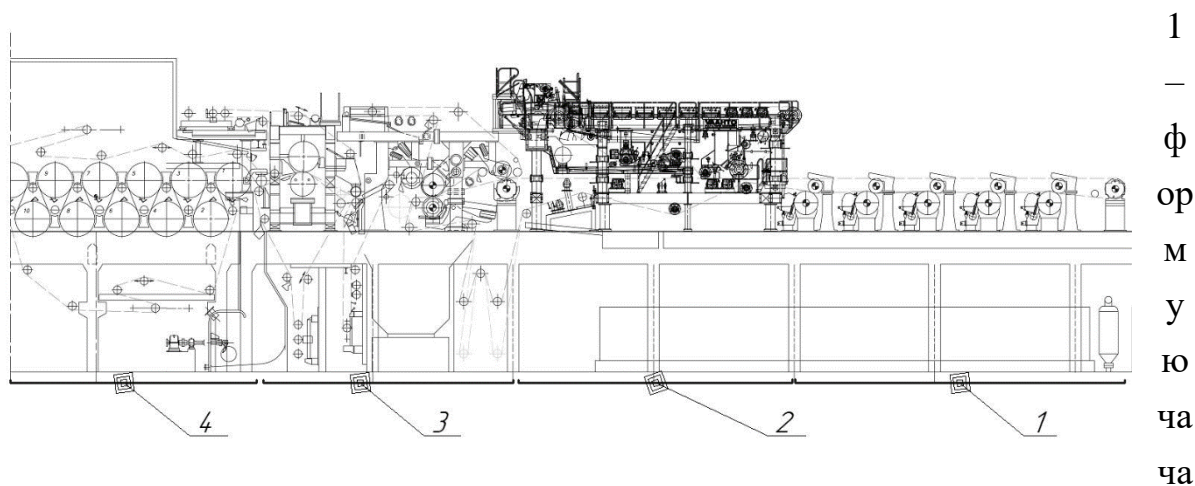
магістрант Матохнюк М.Б., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Формувальні частини картоноробних машин бувають таких типів: плососіткові, круглосіткові, комбіновані та двосіткові. Головна їх відмінність полягає у способі формування картонного полотна. Так, на плососітковій частині відлив картону здійснюється на довгій горизонтальній сітці, а на круглосітковій – на сітковому циліндрі. Комбіновані ж складаються з довгої горизонтальної сітки та 4-6 круглосіткових циліндрів. У картоноробних машинах двосіткового типу формування відбувається у захваті між двома сітками.

На ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат» розроблено конструкцію формувальної частини картоноробної машини для виготовлення багатошарового картону (рисунок 1).

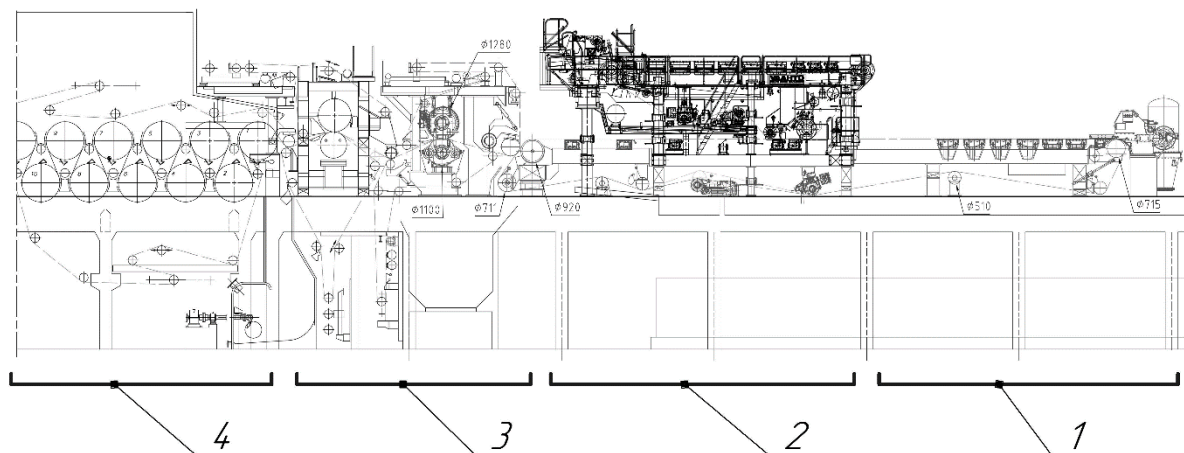


стина основного шару; 2– формуюча частина покрівельного шару; 3 – пресова частина; 4 – сушильна частина;

Рисунок 1. – Двосіткова картоноробна машина



Карторобна машина згідно рис.1 містить одну плоскосіткову частину і п'ять вакуум-формерів. Проте конструкція є енергоємною та складною в обслуговуванні. Для її спрощення пропонується встановити дві плоскосіткові частини і отримувати картон з покрівельним шаром (рисунок 2).



1 – формуюча частина основного шару; 2– формуюча частина покрівельного шару; 3 – пресова частина; 4 – сушильна частина;

Рисунок 2. – Картоноробна машини з основним і покрівельним шаром

Установка двох плоскосіткових частин також дає можливість виробляти картон з маси двох різних видів. Наприклад, для набуття картоном необхідних властивостей для друку на ньому, покрівельний шар може мати вищу білизну, маючи масу 1 м<sup>2</sup> аналогічній сумарній масі шарів з п'яти формерів. Такий картон з покрівельним шаром матиме високі фізико-механічні показники та буде придатним, наприклад, для друку або інших цілей.

Отже, сучасні конструкції картоноробних машин здебільшого призначені для вироблення багатошарових картонів. Тому розробка картоноробної машини для виготовлення картону з покрівельним шаром на базі плоскосіткової частини є актуальною задачею.

#### **Перелік посилань:**

1. Інтернет – ресурс <https://dic.academic.ru/>
2. Інтернет – ресурс <http://www.tehnoinf.ru/himikatidereva/25.html>
3. Технологія целюлозно-бумажного виробництва. В 3 т. Т. II. Виробництво паперу і картону. Ч. 1. Технологія виробництва і обробки паперу і картону. — СПб.: Політехніка, 2005.— 423 с.: ил.

## ЗНЕВОДНЕННЯ КАРТОННОГО ПОЛОТНА З ПОКРІВЕЛЬНИМ ШАРОМ

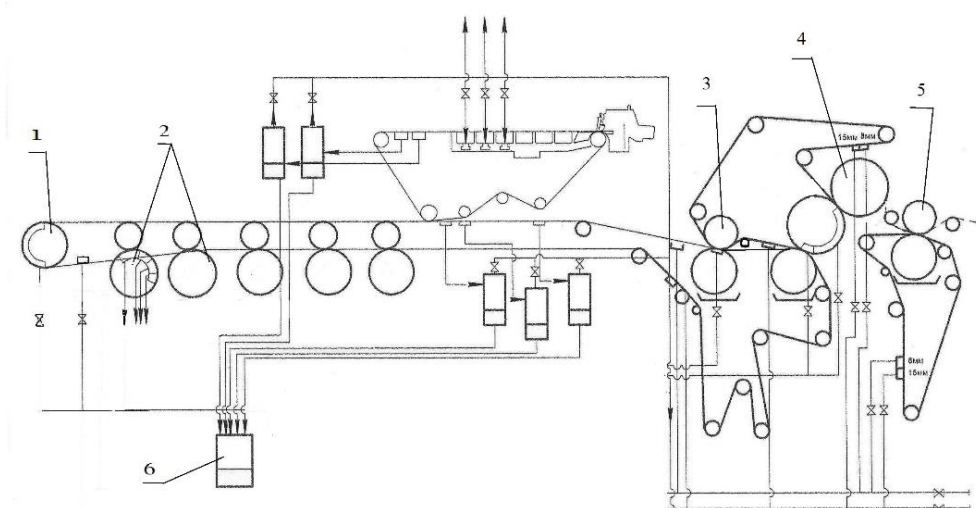
магістрантка Михалишина Т.С., к.т.н., ст.викл. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Картонне полотно з покрівельним шаром, як і звичайне одно- або багатошарове, зневоднюється механічним шляхом (пресування) та завдяки випаровуванню (сушіння). Сушіння є більш енерговитратним процесом ніж пресування. Тому розробка ефективної пресової частини для зменшення необхідного часу сушіння і, відповідно, енерговитрат є актуальною задачею. [1] Крім того, для сушильних циліндрів використовується грійна пара, що, здебільшого, утворюється шляхом спалювання палива. Тому зменшення кількості сушильних циліндрів призведе до зменшення викидів продуктів згорання в атмосферу.

Пресова частина картоноробної машини для виготовлення картону з покрівельним шаром представлена також в ПрАТ «ККПК». Вона складається з попередньої та основної частин (рис. 1).



1 –поворотний прес; 2 –вакуум-формуючі циліндри; 3 –гауч-прес; 4 –комбі-прес; 5 –прес з валом з глухими отворами; 6 –збірник підсіткових вод

Рисунок 1 – Схема пресової частини картоноробної машини

Поворотний прес в формуючій частині двовальний. Процес пресування відбувається між двома сукнами: прийомним і поворотним. Нижній вал – відсмоктуючий і працює в захваті прийомного сукна.

Гауч-прес двовальний, з нижнім пиловідвідним валом. Процес пресування відбувається між двома сукнами, прийомним і комбі-сукном. Пристрій і принцип роботи преса ідентичні поворотному пресу. Єдиною відмінністю у конструкції є відсмоктувальна камера нижнього валу – ширина його зони відсмоктування набагато менша, ніж у поворотного преса.

Комбі-прес. Перед основною пресовою частиною встановлений трьохвальний комбінований прес. Він відрізняється компактною конструкцією. Нижній і центральний вали –приводні.

Основна пресова частина складається з двовального преса. Верхній вал гладким стонітовий, а нижній – гумовий жолобчатий або комбінований. Прес працює з одним сукном на нижньому валу. [2]

Відсмоктувальні вали в складі пресів є енергозатратними, проте високоефективними у зневодненні картонного полотна. Тому є актуальним зменшення енерговитрат зі збільшенням ефективності. Це зумовлює розробляти нові технічні рішення.

#### **Перелік посилань:**

1. [www.papir.kiev.ua](http://www.papir.kiev.ua) від 15.10.2018 р.
2. Чичаев А.А. „Оборудование целлюлозно-бумажного производства” двух томах. Том 2 „Бумагоделательные машины” – М. „Лесная промышленность” 1981. - 264 с.

## СУЧАСНІ ТИПИ СІТКОВИХ ЧАСТИН ПАПЕРОРОБНИХ МАШИН

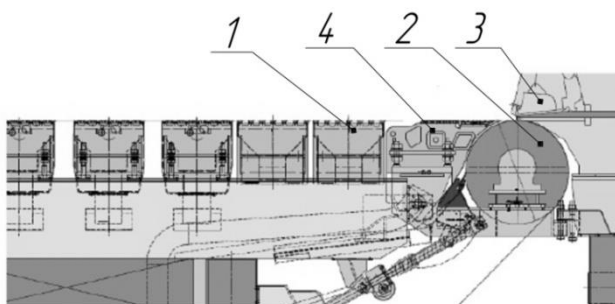
магістрант Перепелиця Д. О., ст.викл. Новохат О. А.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Сіткова частина є невід'ємним складовим елементом будь-якої папероробної машини. Вона вирішує складну і важливу задачу – формування і початкове зневоднення паперового полотна. Від роботи сіткової частини в значній мірі залежить не лише якість продукції, але й нормальний технологічний режим роботи пресової та сушильної частин, машинного каландра і наката.

Розглянемо першу конструкцію сіткової частини, що встановлена на Обухівському "ККПК" на машині для виробництва картону. Там було встановлено плососітковий формуючий стіл з ящиками гідропланок (рис. 1).

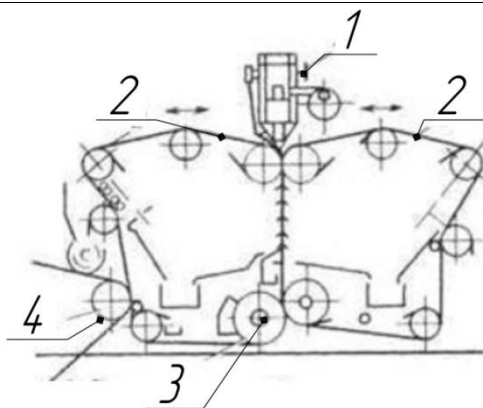


- 1 – ящик гідропланок; 2 – грудний вал; 3 – масонапускний пристрій;  
4 – формуюча дошка

Рисунок 1 – Формуюча частина з ящиками гідропланок

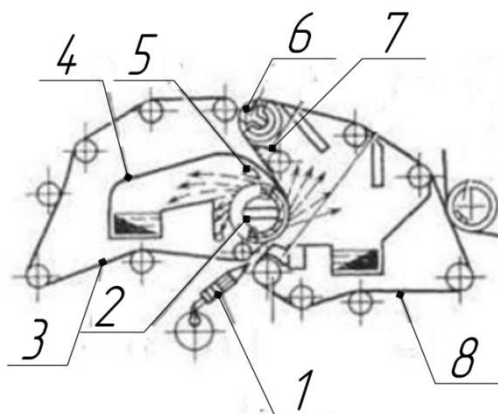
Дана конструкція, завдяки відмові від реєстрових валиків, має знижене зношування сітки та відносно інтенсивне зневоднення. Проте плососіткова частина картоноробної машини не дозволяє розвивати високу швидкість, що обмежує її продуктивність.

Провідні лідери з виробництва паперу, такі як Voith, зазвичай використовують двосіткові формуючі частини типу вертиформа (рис. 2) та дуоформер (рис 3).



1 - напірний ящик; 2 - сітка; 3 - відсмоктуючий гауч-вал; 4 - пересмоктуючий вал;

Рисунок 2 – Формуюча частина типу вертиформа



1 - напірний ящик; 2 - формуючий вал; 3 - верхня сітка; 4 - збір оборотної води; 5 - відсмоктуючий шабер; 6 - гауч-вал; 7 - відсмоктуючий ящик; 8 - нижня сітка

Рисунок 3 – Формуюча частина типу дуоформер

Недоліками двосіткових формуючих частин є труднощі із заміною сіток для вертикальних конструкцій та відсутність візуального контролю формування полотна. Проте така конструкція дозволяє досягати високих швидкостей папероробної машини завдяки швидкому формуванню паперового полотна зі збереженням високої його якості.

Проте в Україні багато сіткових частин є саме плососіткові. Тому є актуальним знаходження нових технічних рішень щодо їх модернізації.

#### Перелік посилань:

1. <http://www.papir.kiev.ua/>
2. <http://voith.com/>

**УДК 676.056.712**

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КРЕЙДУВАЛЬНОЇ МАШИНИ**

магістрант Пензев О.С., к.т.н., професор Марчевський В.М.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

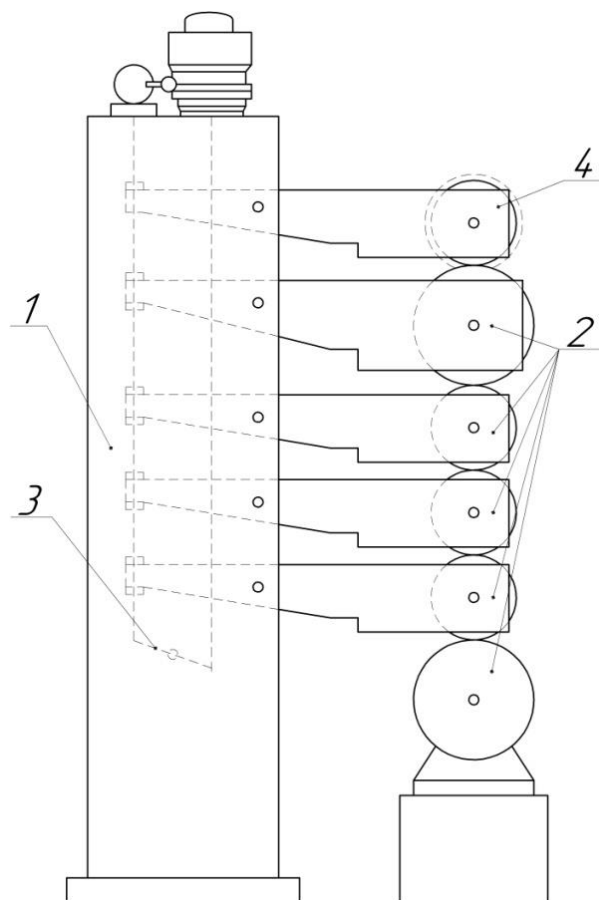
Каландрування – процес обробки матеріалів на каландрі, з метою підвищення гладкості, щільності, лоску, а також вирівнювання товщини матеріалів. За стандартної конструкції каландрів [1] під час каландрування крейдованих полотен волокнистих матеріалів частинки волокон прилипають до робочої поверхні валу каландра, що негативно відображається на якості вихідної продукції. Тому вирішено створити каландр для вигладжування полотен крейдованих волокнистих матеріалів, в якому забезпечується самоочищення робочої поверхні верхнього валу каландра (рис.1).

Модернізація каландра, що пропонується, належить до пристроїв для каландрування крейдованих полотен волокнистих матеріалів і може бути використана в целюлозно-паперовому виробництві, або в інших суміжних виробництвах.

Розроблений каландр для вигладжування полотен крейдованих волокнистих матеріалів містить станину, до якої закріплені з можливістю переміщення металеві вали, верхній вал виконаний з пористим покриттям зовнішньої поверхні полімерним матеріалом. Вертикальне переміщення валів відбувається за допомогою механізму притискання і піднімання валів.

Каландр для вигладжування полотен крейдованих волокнистих матеріалів (рис.1) працює таким чином: крейдоване волокнисте полотно заправляється у перший захват між верхнім валом з пористим покриттям зовнішньої поверхні полімерним матеріалом і валом який розташований нижче першого та безперервною стрічкою пропускається через всі захвати між валами зверху вниз. Під час заходження крейдованих волокнистих матеріалів у захват глухі пори стискаються і в них виникає надлишковий тиск, при виході із захвату цей тиск виштовхує прилиплі крейдовані волокна. Вали приводяться до обертання

за рахунок притискання один до одного по периферії та контакту з приводним валом.



1 – станина; 2 – металеві вали; 3 – механізм притискання і піднімання валів;

4 – вал з пористим покриттям зовнішньої поверхні полімерним

Рисунок 1 – Схема каландра для вигладжування полотен крейдованих волокнистих матеріалів

Конструкція каландра для вигладжування полотен крейдованих волокнистих матеріалів, що пропонується, нескладна у виготовленні та експлуатації. При цьому забезпечується самоочищення робочої поверхні верхнього валу від прилиплих крейдованих волокон, що підвищує якість одержаної продукції.

#### **Перелік посилань:**

1. Чичаев В.А., Глезин М.Л., Екімова В.А. и др. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2. Бумагоделательные машины. - М.: Лесная пром-сть, 1981. - С.186-187.

## **ТЕХНОЛОГІЯ ПРОКЛЕЮВАННЯ КАРТОНУ**

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

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Метою процесу проклеювання картону є надання йому властивостей зменшення поглинання води і водних розчинів [1]. Для того, щоб якісні характеристики картонного полотна були однакові, його проклеювання має бути ефективним по всій його ширині.

Для проклеювання найчастіше застосовують модифікований крохмаль (підданий дії ензиму амілози або окислений), карбоксиметилцелюлозу, тваринний клей, казеїн, а також емульсії парафіну і воску окремо або в суміші з крохмалем. Іноді в крохмальний клей додають мочевино-формальдегідні і меламіно-формальдегідні смоли.

Концентрація клею може змінюватися в широких межах: від 1% до 10% і вище, залежно від бажаної інтенсивності поглинання (приросту) клею і необхідних властивостей картону. Поглинання клею залежить від вологості картону, ступеня його проклейки в масі, характеру поверхні картону, в'язкості і температури клею. Так, при вологості полотна нижче 4% і вище 12% ступінь вбирання клею різко знижується. Проклеєний смоляним клеєм картон значно менше поглинає клею, ніж не проклеєний, а гладкий картон менше, ніж шорсткий і пористий. Поглинання клею можна регулювати також ступенем віджиму валами преса і концентрацією клею.

Зазвичай приріст клею становить від 1 до 4%. При використанні клею концентрацією до 1% отримують незначний приріст клею (менше 1%), однак картон вже має кращу обробку, меншу деформацію і рівність поверхні. При концентрації клею 2% приріст клею становить 1% від ваги волокна, а при підвищенні концентрації клею до 10% приріст сягає 4%. При поверхневому проклеюванні картону методом занурення в клейову ванну, приріст клею виходить більш високим і досягає 6-7%, однак і властивості картону при цьому



змінюються більшою мірою.

При поверхневому проклеюванні картону в клеїльному пресі відбувається зв'язування поверхневих шарів картону, в результаті чого волокна більш міцно скріплюються один з одним, картон не пилить і не вищипується з поверхні при друкуванні, стає більш стійким до стирання, краще піддається обробці в каландрі, менше деформується і скручується, його механічна міцність підвищується, значно поліпшується ступінь проклейки картону каніфольним клеєм і знижується різносторонність картону. Витрати на поверхневу проклейку часто компенсують зниженням ступеня помелу паперової маси і зниженням витрат енергії на розмелювання.

Окрім головного призначення, клеїльний прес використовують також для фарбування, пластифікації, пігментації, легкого крейдування та нанесення різних шарів, які надають картону або паперу спеціальні властивості (вологостійкості, водо- та жиронепроникненості, вогнестійкості).

За допомогою клеїльного преса може бути підвищена видима білизна шляхом нанесення на її поверхню оптичного відбілювача. Можливе застосування клеїльного преса для вироблення крейдованого паперу.

Таким чином можна стверджувати, що використання клеїльного пресу під час виготовлення картону покращує його фізико-механічні характеристики та надає нові необхідні властивості.

Метою роботи є модернізація клеїльного пресу з метою інтенсифікації процесу проклеювання.

#### **Перелік посилань:**

1. Фляте Д.М. Технология бумаги. Учебник для вузов. – М.: Лесн. Пром-сть, 1988, 440с.
2. [http://ugleprom.com.ua/equipments/kleil\\_n\\_press](http://ugleprom.com.ua/equipments/kleil_n_press) від 10.10.2018р

## ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ПРОЦЕС ПРЕСУВАННЯ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Пресування є одним з головних процесів під час виготовлення паперу та картону. Тому підвищення ефективності пресової частини, зниження її енергоємності, матеріалоємності, інтенсифікація зневоднення полотна на основі вдосконалення існуючих і створення принципово нових схем зневоднення є актуальною задачею.

Узагальнюючі дослідження пресової частини, проведені Н.Е. Новіковим, показали, що розвиток схем пресування супроводжується одночасним збільшенням силового і динамічного впливу на конструкцію [1]. Це призводить до необхідності забезпечення не тільки ступеня, а й рівномірності зневоднення. Тому в сучасних машинах необхідно обов'язково встановлювати сканери вологості по всій ширині полотна.

Процес зневоднення паперового полотна в системі папір-сукно взаємопов'язаний з процесом деформування облицювання пресового вала. При роботі преса відбувається розігрів еластичного шару за рахунок сил в'язкого тертя, викликаних циклічним характером прикладання навантаження. Температурне поле, що виникає в шарі, впливає як на властивості матеріалу, так і на напружено-деформований стан в шарі.

Необхідний режим зневоднення паперового полотна конструктивно забезпечується надійною роботою облицювального шару. Важливим чинником, що знижує працездатність облицювань, є температура [2]. З ростом лінійного тиску і швидкостей машини зростає температура в еластичному облицюванні, що викликає зміни фізико-механічних властивостей матеріалу облицювання. По-перше, знижується міцність матеріалу і міцність кріплення його з металевої сорочкою вала, що призводить до відшарування облицювання від оболонки вала. По-друге, з підвищенням температури інтенсифікуються процеси

накопичення незворотних пластичних деформацій, старіння і знос поверхні. Тому важливим є мінімізація негативного впливу на оболонку вала та винайдення надміцних зносостійких покриттів.

Зневоднення паперового полотна в пресовій частині включає не тільки етап механічного видалення рідини із зони контакту паперової маси, але у організацію відводу рідини з зони контакту. Тому важливо забезпечити вільний відвід води через сукно. В цьому допомагає наявність вакууму в перфорованому валі, жолобки, глухі отвори тощо.

Корисна частина енергії, що витрачається безпосередньо на віджимання мокрого паперового полотна і сукна, становить 15-20% від загальної потужності, що підводиться до пресу. Ця величина є свого роду коефіцієнтом корисної дії (ККД) преса. Інші потоки енергії, за винятком енергії на пересування паперового полотна і сукна, негативно впливають на конструкцію преса і призводять до зносу і руйнування його елементів, погіршують динамічні характеристики. Існують потоки енергії, що паразитують в системі. Так, енергія, що витрачається на тертя в місці прослизання сукна і облицювання вала, становить величину 15-20% від потужності приводу і витрачається на знос сукна, розігрів еластичною облицювання і руйнування. Перерозподіл потоків енергії, в пресі, збільшення частки енергії, що витрачається безпосередньо на зневоднення паперового полотна, підвищує ККД преса. Отже, зниження рівня негативних і паразитних потоків енергії щодо її сумарної витрати є один із напрямів підвищення інтенсивності зневоднення на пресі.

#### **Перелік посилань:**

1. Новиков Н.Е. Прессование бумажного полотна. М., «Лесная промышленность», 1972.
2. Аналіз процесування. Режим доступу: <http://tekhnosfera.com/analiz-protssessa-pressovaniya-i-sovershenstvovanie-konstruktsii-oblitsovannyh-pressovyh-valov-bumago-i-kartonodelatelnyh.html>

**СЕКЦІЯ 5**

**«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»**

## ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КАРТОНУ ТАРНОГО МАКУЛАТУРНОГО

магістранти: Атаманчук А.<sup>1</sup>, Ковальчук А.<sup>1</sup>, Почечун Т.<sup>1</sup>,

к.х.н., ст. викл. Галиш В.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> – Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

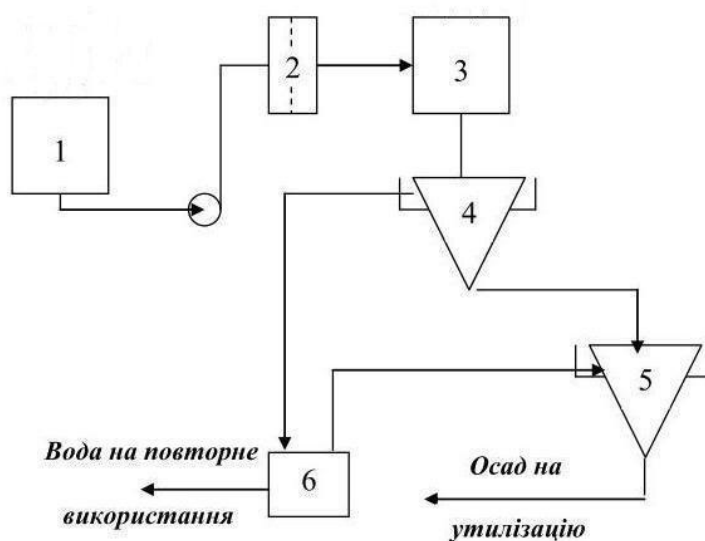
<sup>2</sup> – Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України

Підприємства паперової галузі споживають велику кількість води на виробництво картонно-паперової продукції, наприклад, для виготовлення 1 тони картону тарного макулатурного витрачається близько 32 м<sup>3</sup> води, відповідно, утворюється велика кількість стічних вод, яка містить різноманітні домішки в розчиненому та змуленому стані, які потребують очищення. Зменшити об'єм стічних вод можна за рахунок організації обігової чи замкненої системи водопостачання. Впровадження замкнутого водокористування потребує додатково впровадження в систему очищення надлишкових вод обладнання з знесолення води та системи термічного оброблення концентрату, що вимагає залучення значних фінансових, матеріальних та енергетичних ресурсів. А це, в свою чергу, впливатиме на собівартість кінцевої продукції.

Організація обігового водокористування має на меті зниження витрат свіжої води на виробництва картону, за рахунок використання надлишкових вод після попереднього очищення з використанням механічних методів.

На сьогоднішній день для вловлювання волокна з надлишкових підсіткових вод найчастіше використовують дисковий фільтр. Проте основним недоліком його використання в даному випадку є низька виробнича потужність та продуктивність, оскільки в стічних водах міститься значна кількість коротких волокон, що призводить до швидкого забивання фільтрувальних сіток.

Впровадження в систему локального очищення стічних вод від виробництва картонно-паперової продукції з макулатури фракціонатора дозволить не лише підвищити ефективність очищення надлишкових вод, але і дозволяє скоротити витрати волокнистого матеріалу, за рахунок повернення у виробництво довговолокнистої фракції. Схема встановлення фракціонатора для очистки надлишкових вод від виробництва продукції з макулатури наведена на рисунку.



: 1 – збірник надлишкових вод; 2 – фракціонатор; 3 – деаератор; 4 – відстійник; 5 – уцілювач осаду; 6 – збірник проясненої води.

Рисунок – схема встановлення фракціонатора в системі локального очищення надлишкових вод від виробництва картонно-паперової продукції з макулатури

У воді, яка пройшла фракціонатор, міститься деяка кількість дрібного завису, що складається з короткого волокна та тонкодисперсних забруднень неволокнистого характеру. Тому умовою ефективного використання даного методу очистки надлишкових вод є застосування другого ступеня очищення, який полягає у відстоюванні води з обов'язковим відділенням повітря або у флотації. Такий підхід дозволить на 30 % скоротити витрати свіжої води на виробництво одиниці продукції, за рахунок використання прояснених надлишкових вод.

## ОТРИМАННЯ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ СТЕБЕЛ СОЇ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Рослинна сировина є незамінним сировинним ресурсом для багатьох галузей промисловості (деревообробна, целюлозно-паперова, будівельна та ін.). Обсяги використання деревини щорічно збільшуються, тим самим зменшуються її світові запаси, незважаючи на те, що деревина належить до відновлювальних природних ресурсів. Використання недеревної рослинної сировини (НДРС) є одним із шляхів вирішення сировинної проблеми.

Виходячи з вище зазначеного, актуальним є розробка та вдосконалення технологій отримання волокнистих напівфабрикатів з НДРС, а саме з відходів переробки сільськогосподарських культур.

На сьогодні виробництво сої займає провідні позиції на вітчизняному аграрному ринку поряд із зерновими культурами – за обсягами виробництва вона займає четверте місце у світі після кукурудзи, пшениці і рису. Україна за обсягами виробництва сої займає перше місце в Європі і восьме – у світі [1].

Соя вирощується для отримання шроту та олії. На сьогодні важливо раціонально використовувати інші компоненти рослини, зокрема стебла рослини, які містять більше 40% целюлози [2].

Відомо, що стебла сої мають досить складну будову, є досить щільним матеріалом, за показниками щільності і пористості близьким до деревини [3]. Це потребує вибору реагентів та певних технологічних параметрів для проведення якісної делігніфікації.

Метою роботи одержання волокнистих напівфабрикатів (ВНФ) із стебел сої комбінованим способом.

Для дослідження брали подрібнені стебла сої з частками розміром 5-10мм. Делігніфікацію проводили у дві стадії.

На першій стадії проводили варіння подрібнених стебел сої у лужному середовищі у лабораторних автоклавах з використанням розчину NaOH концентрацією 40 г/дм<sup>3</sup> за температури 170 °С та гідромодуля 6:1. Після промивання отриманий волокнистий напівфабрикат піддавали варінню на другій стадії у кислому середовищі розчином пероцтової кислоти за температури 95 °С для завершення процесу делігніфікації, надання білості отриманій целюлозі та зменшення її зольності. Результати проведених досліджень наведено в табл.

Таблиця - Результати комбінованого варіння стебел сої

Назва	Вміст лігніну, %	Зольність, %	Вихід, %
Стебла сої	27,2	2,38	-
ВНФ після першої стадії делігніфікації	18,1 - 19,0	1,60 - 1,84	52,2 - 57,4
ВНФ після другої стадії делігніфікації	0,7 - 0,9	0,18 - 0,44	56,7 - 64,1

Таким чином, проведення комбінованого варіння дало змогу отримати волокнистий напівфабрикат з низьким вмістом лігніну і золи та цілком прийнятним виходом по відношенню до маси сировини.

### **Перелік посилань**

1. Бабич А. О. Світові та вітчизняні тенденції розміщення виробництва і використання сої для розв'язання проблеми білка/А. О. Бабич, А. А. Бабич-Побережна // Корми і кормовиробництво – 2012. – Вип. – 71.- С. 12 - 26.

2. Барбаш В. А. Волокнистые полуфабрикаты из стеблей сои в производстве бумаги и картона / В. А. Барбаш, И.В. Трембус // Упаковка. – 2010. – № 1. – С. 22-24.

3. Торгашев В.И. Сравнительное исследование условий выделения, морфологии и свойств целлюлозы из стеблей злаковых и масличных культур / В.И. Торгашев, Е.В. Герт, О.В. Зубец, Ф.Н. Капуцкий // Химия растительного сырья. – 2009. – № 4. – С. 45-54.



УДК 662.758

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ РІДКИХ МОТОРНИХ БІОПАЛИВ

пров. наук. співр., к.т.н. Шматок О.І., ст. наук. співр., Степанова О.Є.

**Інститут технічної теплофізики (ІТТФ)**

**Національної академії наук України**

Нині є очевидною обмеженість традиційних джерел енергії, що ґрунтуються на використанні палив мінерального походження (нафти, природного газу, вугілля).

Пошук нових джерел енергії є актуальною проблемою для всього світу. Все більш істотну роль в світовій енергетиці відіграють альтернативні джерела енергії, що базуються на використанні поновлюваної рослинної сировини різного походження для отримання біопалив [1-3].

Відома технологія одержання дизельного біопалива шляхом здійснення процесу переестерифікації рослинної олії метиловим спиртом. Однак, реалізація технології потребує значних витрат енергії на нагрівання вихідних компонентів і підтримання робочої температури проведення процесу. Крім того, для реалізації технології найчастіше використовують ємнісні апарати періодичної дії з механічним перемішуванням, що обумовлює обмеженість інтенсифікації тепломасообмінних і фізико-хімічних процесів, призводить до значних втрат енергії, ускладнює автоматизацію виробничих процесів і, як наслідок, обумовлює високу собівартість отриманого біопалива.

Слід констатувати, що в Україні відсутні сучасні підприємства з виробництва рідких моторних біопалив. Що стосується виробництва дизельного біопалива з рослинних олій, то воно обмежене невеликими малоефективними установками у фермерських господарствах, що виготовляють біопаливо для власних потреб.

Пошук шляхів і методів підвищення енергетичної ефективності одержання дизельного біопалива з рослинних олій є актуальним науково-практичним завданням.

В Інституті технічної теплофізики НАН України вирішення вищезгаданих задач здійснюється на підставі вивчення кінетики перебігу фізико-хімічних і теплофізичних процесів, з'ясуванні механізмів, що керують ними та фізичної природи явищ, що їх супроводжують.

Дві різнорідні рідини – рослинна олія і спирт при перемішуванні утворюють емульсію типу «спирт в олії». На початковому етапі процесу переестерифікації, лімітуючим є масообмін на границі розділу фаз олії та спирту, що обумовлює необхідність створення гідродинамічних умов для збільшення масообмінної поверхні, шляхом диспергування краплин емульсії, та для забезпечення швидкого оновлення поверхні розділу фаз. Крім того,

швидкість хімічного перетворення компонентів лімітується енергією активації. Її визначають як енергію, необхідну для здійснення ефективного зіткнення молекул, що приводить до хімічної взаємодії. У хімічну взаємодію вступають лише активні молекули, які мають енергію, достатню для здійснення реакції. Для переведення недостатньо активних молекул в активний стан їм необхідно надати додаткову енергію. Цей процес називається активацією. Від вибору відповідного обладнання або пристроїв для забезпечення вищезгаданих умов залежить ефективність реалізації технології одержання біопалива.

З метою забезпечення вищезгаданих умов інтенсифікації масообмінних і фізико-хімічних процесів, в ІТТФ НАНУ запропоновано для організації технологічного процесу одержання дизельного біопалива використовувати метод дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ), який реалізуються в роторно-пульсаційних апаратах (РПА). Використання цього методу дозволяє створити гідродинамічні умови в реакційному рідкому середовищі, які полягають в пульсаціях тиску й швидкості потоку рідини, розвиненій турбулентності потоку, жорсткому кумулятивному впливі, виникненню кавітаційних явищ.

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

Використання механізмів ДІВЕ дозволяє створювати нові та удосконалювати існуючі технології і тепломасообмінне обладнання для підвищення ефективності виробництва рідких моторних біопалив.

#### **Перелік посилань:**

1. Future energy. Improved, Sustainable and Clean Options for Our Planet. Second edition /*Edited by Trevor M. Letcher, Emeritus Professor, University of KwaZulu-Natal, Durban*// <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099424-6.00001-6>
2. Biomass Energy Data Book. Edition 4/Zia Haq, Stacy Davis/ September 2011/ ORNL/TM-2011/446 // <https://info.ornl.gov/sites/publications/files/Pub33120.pdf>
3. Energy Policies of IEA Countries: Finland 2018 Review/ 23 October 2018/ Pages 174// <https://webstore.iea.org/energy-policies-of-iea-countries-finland-2018-review>

**ВПЛИВ КАТАЛІЗАТОРІВ НА ПРОЦЕС  
ДЕЛІГНІФІКАЦІЇ СТЕБЕЛ КУКУРУДЗИ**

магістранти: Бруцький Д.О., Бурцев Є.П., к.т.н, доц.Дейкун І.М.

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

Необхідною умовою подальшого розвитку целюлозно-паперової галузі промисловості є зниження негативного впливу виробництв на навколишнє середовище. З метою зниження навантаження на довкілля вченими розробляються альтернативні методи варіння целюлози: органосольвентні, гідротропні, відновлювальні, біотехнологічні. Серед них найбільш перспективними є органосольвентні способи делігніфікації рослинної сировини [1].

Додавання каталізаторів до варильного розчину під час органосольвентного варіння сприяє збільшенню виходу целюлози та зменшенню вмісту залишкового лігніну в целюлозі [2].

Мета роботи - дослідження впливу каталізаторів на процес делігніфікації стебел кукурудзи розчинами пероцтової кислоти.

Для досліджень використовували подрібнені стебла кукурудзи без листя, що містили 41,6 % целюлози; 17,95 % лігніну; 3,52 % смол, жирів і восків та 7,9% золи.

Для дослідження впливу каталізаторів на процес делігніфікації були проведені варіння стебел кукурудзи розчином ПОК концентрацією 7,5 % з додаванням каталізаторів  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  і  $\text{Na}_2\text{WO}_4$  та їх суміші у співвідношенні 50 : 50 у кількості 1 % від маси а/с сировини до варильного розчину. Тривалість варіння становила 2...4 години. Гідромодуль варіння складав

7 :1, температура -90 °С. Умови варіння та результати наведено у табл.

Таблиця–Результати делігніфікації стебел кукурудзи розчином пероцтової кислоти з додаванням каталізаторів

Каталізатор	Трива лість варіння, год	Вихід целюлози, %	Вміст лігніну,%	Зольність целюлози,%
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	2	89,9	16,1	8,02
Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>		76,8	11,6	5,89
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> + Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>		80,6	15,6	6,45
Без каталізатора		63,3	14,1	4,98
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	3	86,9	14,9	4,98
Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>		68,8	7,7	4,37
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> + Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>		72,8	14,3	5,83
Без каталізатора		60,1	12,9	4,70
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	4	73,8	12,4	4,15
Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>		65,2	4,56	3,80
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> + Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub>		70,2	11,8	4,62
Без каталізатора		43,3	7,8	4,35

Встановлено, що введення молібдату натрію до складу варильного розчину призводить до зниження ступеня провару целюлози у порівнянні з варіннями без каталізаторів та з додаванням вольфрамату натрію. У всіх випадках додавання каталізаторів сприяло підвищенню виходу целюлози.

**Висновок.** Використання вольфрамату натрію у якості каталізатору при одержанні волокнистих напівфабрикатів із стебел кукурудзи є доцільним, оскільки вміст лігніну у волокнистому напівфабрикаті найменший.

**Перелік посилань:**

1. Вураско А.В. Кинетика окислительно-органоcольвентной делигнификации недревесного растительного сырья / А.В. Вураско, А.Р. Минакова, Б.Н. Дрикер // Химия растительного сырья – 2010. – № 1. – С.35-40.
2. Кузнецов Б.Н. Новые каталитические методы в получении целлюлозы и других химических продуктов из растительной биомассы / Б.Н. Кузнецов, В.Е. Тарабанько, С.А. Кузнецова // Кинетика и катализ. – 2008. – Т. 49. – № 4. – С. 541-551.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ  
МОДИФІКОВАНИХ КУКУРУДЗЯНИХ КРОХМАЛЬНИХ КЛЕЇВ ДЛЯ  
ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ 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 вивчення особливостей позитивного 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 для визначення комплексу фізико-механічних властивостей відливків паперу для гофрування, отриманих з використанням катіонних модифікованих крохмалів, та дослідженні розроблених математичних моделей за даним комплексом показників.

Макулатура в Україні традиційно є основною волокнистою сировиною у виробництві картонно-паперової продукції. Проте, однією з головних проблем використання макулатури в якості сировини для виробництва різних видів паперу і картону є відновлення паперотворних властивостей вторинних волокон та досягнення нормативів показників якості готової продукції. Як відомо, фізико-механічні показники паперового (картонного) полотна, виготовленого із макулатури значно нижчі, ніж при використанні первинного волокна. Для вирішення цієї проблеми в композицію макулатурної маси додають допоміжні речовини, основною з яких є крохмаль.

При використанні крохмалю в целюлозно-паперовій промисловості постає ряд проблем, що пов'язаний з утримуванням його волокнами. Для підвищення утримування крохмалю додають синтетичні полімери, або замість звичайного крохмалю використовують модифіковані крохмалі. Вони дають змогу підвищити утримання його на волокні під час випуску паперової маси на сітку папероробної машини, під час пресування та сушіння паперового полотна, а таким чином і зменшити забруднення підсіткових вод.

В композиції макулатурної маси можуть застосовуватись не видозмінений крохмаль, модифікований крохмаль, крохмалофосфати, діефіри крохмалю та ацетати крохмалю з низьким ступенем заміщення.

Звичайний не модифікований крохмаль використовується дуже рідко через свою погану розчинність. Крохмальна дисперсія в холодній воді не має зв'язуючої сили. Клейкість крохмалю пов'язана належним чином з температурою желатинування, яка є параметром, залежним від рослини, з якої крохмаль виготовлений. Крохмальна паста, отримана з не видозміненого крохмалю, має порівняно високу в'язкість при дуже низькій концентрації щільних частинок. Іншим недоліком є те, що крохмаль не є спорідненим до волокон целюлози, що заряджені негативно. Це погіршує утримання крохмалю при утворенні паперового полотна. Для усунення цих недоліків до крохмалю застосовують модифікації.

В процесі модифікації відбувається гідроліз (розрив) глюкозидних зв'язків, внаслідок чого зменшується молекулярна маса полісахаридів крохмалю і зменшується в'язкість його дисперсій. Особливу увагу слід приділити катіонним модифікованим крохмалю, що, можливо, є найсвоєріднішим класом похідних крохмалю, які недавно набули широкого розповсюдження. Їх велика шкала промислової важливості полягає в їх спорідненості по відношенню до негативно заряджених молекул целюлози. Таким чином, в розчині крохмаль 'прилипає' до волокон, що підвищує утримання його на полотні та підвищує фізико-механічні властивості паперу.

У виробництві паперу ацетилюючі крохмалі переважно застосовують для покриттів; поверхнєве проклеювання дозволяє поліпшити якість друку, забезпечити низьку і рівномірну пористість паперу, збільшити поверхнєву міцність, підвищити стійкість до стирання, до розчинника і жиру, а також проклеювання волокон до основи. Гнучкість плівки з ацетатів крохмалю має велике значення, оскільки підвищується опір зламу під час багатократних згинань.

Таким чином, використання модифікованих крохмалів дозволяє підвищити якість продукції, отриманої з макулатурної маси, а також зменшити забрудненість підсіткових вод, що позитивно впливає на стан довкілля.

#### **Перелік посилань:**

1. Обзорная информация. Применение крахмального клея в производстве тарного картона. Целлюлоза, бумага и картон. – М.:ВНИИПИЭИ леспром. – 1985.-№10.-с.36—45
2. Примаков С. П., Барбаш В. А. Технологія паперу і картону: навчальний посібник для ВУЗів. - Кит: ЕКМО. - 2008. - 425 с.

## ОТРИМАННЯ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ

### З СТЕБЕЛ МІСКАНТУСУ

магістрантка Васильєва О. А., аспірантка Зеленчук Т. В.,

м.н.с, Ященко О. В., доц, к.х.н. Барбаш В. А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В умовах обмежених ресурсів викопних джерел, які використовуються для одержання полімерних матеріалів, продовжуються пошуки природних щорічно поновлювальних ресурсів, продукти переробки яких не створюють екологічних проблем за рахунок відносно швидкого періоду їх біорозкладу. До таких природних ресурсів відноситься целюлозовмісна рослинна сировина – деревина хвойних і листяних порід а сільськогосподарські культури. До перспективних представником недеревної рослинної сировини, придатної для отримання целюлози, відноситься міскантус (*Miscanthus*). Це швидкоростуча багаторічна невибаглива рослина з високим вмістом целюлози 49,7 %, вмістом лігніну 27,7 % і зольністю 1,1% [1].

Для отримання целюлози з рослинної сировини у світовій практиці найбільше розповсюдження набули сульфатний і сульфітний методи, які залишаються екологічно шкідливими і потребують заміни на альтернативні способи делігніфікації. До останніх відносяться органосольвентні способи варіння целюлози, зокрема у пероксидних розчинах.

Тому в роботі досліджено процес одержання целюлози у розчині оцтової кислоти і пероксиду водню за співвідношення льодяної оцтової кислоти і 35 % розчину пероксиду водню 70 : 30, температури 95 – 97 °С, тривалістю від 30 до 180 хв. Для отримання целюлози стебла міскантусу подрібнювали до розмірів 5 – 10 мм та зберігали в ексикаторі для підтримання постійної вологості. Вплив тривалості варіння на показники целюлози наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Показники якості целюлози після органосольвентного варіння

Тривалість, хв	Вихід, %	Вміст залишкового лігніну, %	Вміст мінеральних речовин, %
30	54,3	0,5	1,08
60	50,3	0,37	1,03
90	48,0	0,25	0,90
120	46	0,17	0,91
180	45,2	0,15	0,83

Проведені дослідження показали високу ефективність видалення

лігніну з стебел міскантусу. При цьому видалення мінеральних речовин відбувається до 25 %.

Для додаткового видалення мінеральних речовин з целюлози проведено лужну обробку розчином гідроксиду натрію різної концентрації від 1 до 7 % тривалістю 60, 120 та 240 хв. У таблиці 2 наведено результати лужної обробки.

Таблиця 2. Показники якості целюлози після лужної обробки

ПОК целюлоза	Тривалість, хв	Вихід*, %	Вміст залишкового лігніну, %	Вміст мінеральних речовин, %
30	60	54,6	0,27	0,03
	120	53,0	0,11	0,02
	240	50,7	0,08	0,02
90	60	55,5	0,08	0,04
	120	54,7	0,04	0,05
	240	51,0	0,01	0,05

\*- відносно целюлози після першої стадії варіння

Як видно із наведених результатів, лужна обробка сприяє одержанню із стебел міскантусу целюлози, яка придатна для хімічної переробки, зокрема для отримання наноцелюлози.

### **Перелік посилань:**

1. Miscanthus: a fast-growing crop for biofuels and chemicals production /Brosse N., Dufour A., Meng X. et al.// Biofuels, Bioprod. Bioref. – 2012. – DOI:10.1002/bbb.1353



## **ВПЛИВ КАЛАНДРУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ПАПЕРУ**

магістри Веремієнко В. М., Шуткевич Ю.А., доц. Черьопкіна Р.І.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Більшість видів паперу і картону після сушіння і проходження холодильних циліндрів направляється в машинний каландр для заключної обробки на машині – каландрування.

Сутність процесу каландрування полягає в тому, що полотно піддається поступово зростаючому механічному тиску каландрових валів. У результаті підвищеного тиску гладких валів, відбувається зменшення і вирівнювання товщини полотна за шириною, підвищення його гладкості, лоску і щільності.

В процесі каландрування за рахунок тиску і тертя валів з полотном відбувається його нагрівання, в результаті чого волокна стають більш еластичними і тому триває їх подальше зближення з утворенням додаткових міжволоконних зв'язків. У разі каландрування пересушеного полотна або з нерівномірною його вологістю може спостерігатися перерозподіл міжволоконних зв'язків в полотні або їх розрив [1].

До недавнього часу більшість машин малої та середньої швидкостей оснащувалися 6-вальними каландрами, однак, це призводить до підвищення обривності полотна і подорожчання продукції. Тому, нині є тенденція до застосування каландрів з невеликим числом валів. Замість звичайних в них використовують вали з регульованим згином, що забезпечують більш рівномірний розподіл тиску в ході каландрування до 200 кН/м замість 80...100кН/м в звичайних каландрах.

Метою даної роботи є використання сучасних удосконалених каландрів для підвищення якості паперу та продуктивності його виробництва.

Прикладом такого обладнання є двовальний гарячий каландр марки PrimeCal фірми ANDRITZ, який підтримує температуру до 200°C і дозволяє

підвищити лоск, гладкість, об'ємну масу, а також надає рівномірної товщини по ширині полотна [2].

На рис. 1 наведено стан полотна до каландрування:

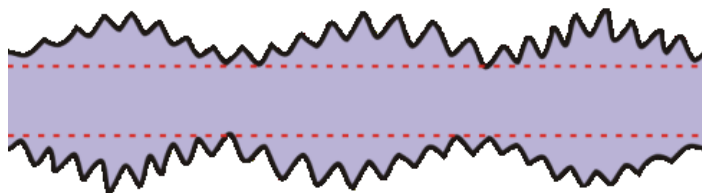


Рисунок 1 – Полотно до каландрування

В залежності від вимог до готової продукції, можна застосувати різні методи: а) м'якого каландрування, що дозволяє досягти однорідного ущільнення, поліпшення мікрошорсткості (рис.2.);

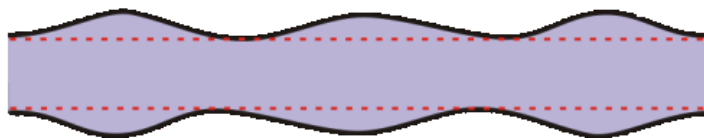


Рисунок 2 – М'яке каландрування

б) жорсткого каландрування, яке характеризується необхідністю калібрування до однорідної товщини, ризиком неоднорідного ущільнення залежно від якості формування, високим впливом на поліпшення макрошорсткості (рис.3).



Рисунок 3 – Жорстке каландрування

Висновок. Застосування каландра марки PrimeCal фірми ANDRITZ в процесі отримання паперу для гофрування дозволить поліпшити споживчі властивості паперу за одночасного підвищення його продуктивності.

**Перелік посилань:**

1. Примаков С. П., Барбаш В. А. Технологія паперу і картону: Навчальний посібник для вузів. – Київ: «ЕКМО», 2002. – 396 с.
2. ANDRITZ Paper Technology - PrimeCal - the modular calender concept.

## **НОВІ ІДЕЇ ОТРИМАННЯ ГОФРОПАПЕРУ**

маг. Веремієнко В. М., доц. Черьопкіна Р.І.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Проблеми екологічної безпеки, необхідність розширення обсягів використання для виробництва тари матеріалів, здатних до саморозкладання змушують дизайнерів і конструкторів тари все частіше повертатися до застосування для цих цілей гофрованого картону. Основними його перевагами є міцність, дешевизна, легкість матеріалу, який володіє амортизаційними властивостями і здатного протистояти дії ударних навантажень.

Гофрокартон є головним матеріалом для отримання картонної тари. Його виготовляють від двошарового до семишарового, де шари передуються плоскими шарами картону та гофрованим (хвилеподібним) шаром паперу.

Для утворення гофрованого шару в гофрокартоні використовується папір для гофрування. У виробництві паперу для гофрування основним напівфабрикатом є макулатура. Гофропапір зазвичай виготовляється одношаровим, він має грубу структуру, низький ступінь всмоктування клею та високі показники жорсткості. До такого паперу висувають високі фізико-хімічні та механічні властивості у вигляді теплоізоляційних, водовідштовхувальних та амортизаційних, оскільки гофрований шар приймає на себе все навантаження, що несе упаковка.

В Україні існує велика кількість не великих виробництв гофротари, які оснащено морально і фізично зношеним, малопродуктивним обладнанням, нездатним забезпечити споживачів якісною тарою.

Головними факторами, що здатні вирішити проблему підвищення якості виробництва гофротари та ліквідації її дефіциту є: удосконалення системи збору і заготівлі макулатури, створення вітчизняного обладнання, модернізація існуючих виробництв, заміна старого обладнання на сучасне.

Метою реконструкції потоку з виробництва паперу для гофрування є підвищення якості готової продукції та підвищення продуктивності картоноробної машини на ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат».

Пропонується замінити вакуум-формуючі пристрої на формуючий пристрій на основі плоскої сітки з двома сітковими столами і двома напірними ящиками. До переваг таких машин відносять високу швидкість до 1000 м / хв, велику обрізну ширину до 10 м, завдяки цьому і високу продуктивність.

Машини двосіткового формування відрізняються тим, що лиття та формування шару паперу здійснюється між двома сітками, які рухаються з однаковою швидкістю і в одному напрямку, однак вони можуть мати різну довжину і різну форму поверхні. Завдяки тому, що зневоднення і формування листа тут здійснюється одночасно через дві сітки та потік маси здавлений між ними, процес зневоднення відбувається значно інтенсивніше, ніж на одній сітці, а структура поверхні паперу утворюється однорідна та приблизно однакова по обидва боки. Крім того, машини двосіткового формування мають більш високу продуктивність і дозволяють працювати за більш високої концентрації вихідної маси, а це сприяє зниженню витрат свіжої води, зменшенню габаритних розмірів формувальних пристроїв, і як наслідок, зниженню капітальних витрат на будівництво підприємства.

**Висновок.** Встановлення плочосіткової частини машини дозволить підвищити якість паперу для гофрування та збільшення продуктивності і зниження собівартості продукції.

**Перелік посилань:**

1. Примаков С. П., Барбаш В. А. Технологія паперу і картону: Навчальний посібник для вузів. – Київ: «ЕКМО», 2002. – 396 с.
2. Папероробне обладнання. Каталог. ЗАТ«ПЕТРОЗАВОДСКМАШ».: Видавництво «Скандинавія», 2002 р.
3. Технологічний регламент виробництва картону макулатурного, картону для плоских шарів гофрованого картону, паперу для гофрування. Том 1 та 2. – м.Обухів, 2006 р.

## ОТРИМАННЯ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

магістрант Вовк Д.М., к.т.н., доцент Мовчанюк О.М.

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

Ефективна водоочистка і водопідготовка – проблеми, які сьогодні стоять перед багатьма виробництвами [1]. Все більше в промисловості і побуті знаходять застосування мембранні методи очищення води. Переваги мембранної технології, порівняно з традиційними, фізико-хімічними методами, очевидні: високий ступінь очищення; відсутність необхідності в послідовному застосуванні різноманітних технологічних ланцюгів; відсутність хімічних реагентів; висока продуктивність.

Метою даної роботи було отримання з сульфатної хвойної целюлози фільтрувального матеріалу для баромембранного очищення води, а також його випробування.

Основа фільтрувального матеріалу виготовлялася на листовідливому апараті з волокнистої суспензії сульфатної хвойної целюлози зі ступенем млива 90 °ШР, після чого просочувалася розчином амонійної солі з концентрацією 10 %. Випробування зразків здійснювалося на лабораторній баромембранній установці [2]. Фільтрування водного розчину гуматів каламутністю 4,85 мг/дм<sup>3</sup> і кольоровістю 28,38 град відбувалося за постійних значень тиску 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 і 1,0 МПа.

Ефективність зразків оцінювали за продуктивністю; залишковою кольоровістю та каламутністю перміату, що визначали на фотоелектрокалориметрі КФК-2, а також селективністю по каламутності та кольоровості. Каламутність визначали за довжини хвилі 670 нм, а кольоровість за довжини хвилі 400 нм.

На початковій стадії фільтрування для всіх значень тиску спостерігалось

зниження продуктивності, кольоровості і каламутності. Далі настає стабілізація показників. Результати фільтрування після виходу на сталий режим роботи наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Експлуатаційні характеристики фільтрувального матеріалу

Тиск, МПа	Питома продуктивність, (м <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> · год)) · 10 <sup>2</sup>	Селективність, %, по		Залишкова кольоровість перміату, град
		каламутності	кольоровості	
0,2	7	100	99,8	0,06
0,4	9	100	90,0	2,84
0,6	5	100	100	0
0,8	18	100	100	0
1,0	19	100	100	0

Таким чином, в результаті проведених досліджень було отримано зразки фільтрувального матеріалу, які забезпечують продуктивність до 0,19 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год), повне вилучення зважених та колоїдних часток, а також селективність по кольоровості до 100 %.

### **Перелік посилань:**

1. Нечитайло Н. П., Нагорна О.К. Використання технології мікро- та ультрафільтрації на стадіях біологічної очистки та доочистки стічних вод / Строительство, материаловедение, машиностроение: Стародубовские чтения. – 2015. – С. 216 – 222.
2. Мовчанюк О.М., Гомеля М.Д., Нагай А.О. Ефективність целюлозного фільтрувального матеріалу під час очищення води від гуматів баромембранним методом // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти» (26–27 жовтня 2017 р., м. Київ, Україна). – С. 161-163.

## ОЧИЩЕННЯ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ВОД

### РЕАГЕНТНИМИ МЕТОДАМИ

магістрант Возна І.П., к.т.н., ст.викл. Трус І.М., к.т.н., доц.Іваненко О.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вода – важлива складова нашого життя, без якої ми не зможемо існувати, а отже стан води та водних об'єктів має суттєве значення для людства. На планеті, воду, для своїх потреб, використовують всі живі організми. Тому значущість води важко переоцінити. Воду також використовують в різних підприємствах та в різних процесах виробництва. Стічна вода може бути забруднена різними домішками та елементами в залежності від типу та виду підприємства. Після використання очищена вода скидається в поверхневі природні джерела. Найважливіший процес – це очищення стічних вод. На жаль, на сьогодні, дуже мало технологій та методів можуть очистити воду до граничних значень. З кожним роком кількість чистої води суттєво зменшується і дуже швидкими темпами, а рівень очистки стічної води від шкідливих речовин знижується.

За дослідженнями які проводили на початку 2018 року, було створено рейтинг основних забруднюючих стічними водами підприємств. Лідери цього рейтингу знаходяться в Донецькій, Запорізькій та Дніпропетровській областях, це гірничі підприємства, які щорічно скидають близько 2 млрд. м<sup>3</sup>, з яких понад 50 % всіх стоків – вугільна промисловість. До них входять: шахти, копальні, рудники, кар'єри, нафтові та газові промисли, гірничо-збагачувальні комбінати та інші. За підрахунками, на сьогодні, в Україні налічується близько 2000 гірничих та переробних підприємств.

Важливим санітарним показником, яким характеризується вода є мінералізація, тобто вміст у воді мінеральних речовин. Вода, що використовується в шахтах, має підвищену мінералізацію (вміст солей до 3 г/дм<sup>3</sup> – 70 % шахт; 3 – 7 г/дм<sup>3</sup> – 26% шахт), а отже після скиду її в навколишнє середовище, а це майже 3 млн. тон мінеральних солей, всі прилеглі регіони

будуть споживати воду, яка має підвищений ступінь мінералізації та жорсткості. Це негативно вплине як на комунальне господарство так і промисловість, оскільки збільшиться об'єм скидів стічних вод. Критичною також є ситуація з забрудненням водних об'єктів вугільними підприємствами. Це відбувається за рахунок закриття непрацюючих шахт, в цьому випадку відбувається неконтрольований скид води (вода скидається навіть якщо шахта не працює) та водотік перерозподіляється на інші працюючі шахти.

Виходячи з усього, можемо зробити висновок, що проблема демінералізації та пом'якшення води має бути вирішена негайно. Найчастіше для знесолення води використовують технології баромембранної водопідготовки, адже на виході з них, очищена вода має високу якість з необхідними показниками. Але великим «мінусом» цих технологій є необхідність утилізації концентратів, які утворилися, що мають високу мінералізацію. При нанофільтраційному очищенні, концентрація сульфатів залежить від ступеню відбору перміату, якщо ступінь близько 75 %, то концентрація сульфатів може досягати  $\sim 4000$  мг/дм<sup>3</sup>. Тому найдоцільнішим методом переробки концентратів є реагентне пом'якшення води з одночасним вилучення сульфат-іонів [1, 2]. В роботі для вилучення сульфатів та пом'якшення води було використано 5/6 ГОХА і вапно. При збільшенні дози коагулянту зростає ефективність видалення сульфатів, покращується ефективність пом'якшення води та знижується залишкова лужність.

#### **Перелік посилань:**

1. Gomelya M.D. Application of aluminium coagulants for the removal of sulphate from mine water // M.D. Gomelya , I.M. Trus, T.O. Shabliy // Chemistry & Chemical Technology. – 2014. – 8 (2). – P. 197-203.
2. Трус І.М. Очищення високомінералізованих шахтних вод від сульфатів при використанні вапна та металічного алюмінію / І.М. Трус, В. М. Грабітченко, А.І. Петриченко, М.Д. Гомеля // Екологічна безпека. – 2012. – № 2. – С. 77-79.



## ПАПІР ДЛЯ ГОФРУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОЇ СОЛОМ'ЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ

магістр Зозуль Т.В., к.т.н., доц. Трембус І.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Волокнисті напівфабрикати (ВНФ) із відходів недеревної рослинної сировини (НДРС) знаходять широке застосування в композиції різних видів картонно-паперової продукції [1]. Але дані щодо використання органосольвентних ВНФ отриманих із пшеничної соломи в композиції картону та паперу представлені в літературі частково. Тому в роботі проведено дослідження використання органосольвентних солом'яних волокнистих напівфабрикатів в композиції паперу для гофрування. Для отримання лабораторних зразків паперу використовували солом'яні ВНФ одержані FORMACELL способом делігніфікації з наступними показниками якості: вихід – 51,7 %, вміст залишкового лігніну – 5,2 %, розривна довжина – 3510 м, опір роздиранню – 260 мН та абсолютний опір продавлюванню – 261,2 кПа.

З метою вивчення впливу вмісту органосольвентних солом'яних волокнистих напівфабрикатів на показники міцності паперу для гофрування було виготовлено лабораторні зразки паперу масою 112 г/м<sup>2</sup> різного композиційного складу із невибілених солом'яних FORMACELL ВНФ та макулатури марки МС-5Б [2]. В волокнисту масу вводили 1,5 % білого каніфольного клею та 2 % сірчанокислого алюмінію від маси абс. сух. сировини, ступінь млива ВНФ становив  $40 \pm 2$  °ШР. Фізико-механічні показники якості паперу для гофрування наведено в таблиці.

Із наведених в таблиці даних видно, що папір для гофрування, отриманий за композиції 25 % FORMACELL невибіленої солом'яної целюлози та 75 % макулатури марки МС-5Б, за своїми показниками якості відповідає вимогам ДСТУ 7798:2015 папір для гофрування марки Б–0.

Таблиця – Вплив вмісту FORMACELL солом'яних волокнистих напівфабрикатів в композиції волокнистої маси на показники міцності паперу для гофрування

Композиція паперу (ОСЦ*: М**), %	Поверхнева вбирність, г/м <sup>2</sup>	Опір площинному стисненню, Н	Абсолютний опір продавлюванню, кПа	Опір торцевому стисненню кН/м
0:100	64	232	312	1,0
25:75	65	267	335	1,3
50:50	66	290	352	1,5
75:25	67	331	377	1,6
100:0	68	354	394	1,7
Вимоги стандарту [3]	30 – 70	260	320	1,2

Примітка: ОСЦ\* – окисно-органосольвентна солом'яна целюлоза;

М\*\* – макулатура марки МС– 5Б [2]

Використання органосольвентних солом'яних ВНФ до 25 % у композиції з макулатурою дозволяє покращити механічні показники паперу для гофрування та здешевити кінцевий продукт у порівнянні з використанням в композиції паперу для гофрування деревної целюлози.

### **Перелік посилань:**

1. Крылов В. Н. Справочник бумажника – технолога. Сырье. Общие сведения, СПб. – Петербург, 1993, с. 71.
2. Макулатура паперова і картонна. Технічні умови: ДСТУ 3500-97 на зміну ГОСТ 10700-84. [Чинні від 1998-01-01], К., Держстандарт України, 1998, 10 с.
3. Папір для гофрування. Технічні умови: ДСТУ 7798:2015. [Чинні від 2016-04-01], К., Держстандарт України, 2016, 8 с.

## ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ХІМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ

магістрант Коваленко А.<sup>1</sup>, магістрант Атаманчук А.<sup>1</sup>,  
магістрантка Гондовська А.<sup>1</sup>, к.х.н., ст. викл. Галиш В.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> – Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

<sup>2</sup> – Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України

Україна – агропромислова країна, в якій кожного року продукується велика кількість рослинних відходів сільського господарства та побічних продуктів харчової промисловості. На сьогоднішній день незначна частка цих відходів спалюється як тверде паливо, проте більшість все-таки не знаходить використання і потребує утилізації. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки ефективних шляхів переробки рослинних відходів з метою одержання нових цінних продуктів.

Відходи та побічні продукти переробки сільськогосподарських культур і шкаралупа кісточок плодово-ягідних культур відносяться до твердих відходів агропромислового комплексу, які є складним комплексом природних полімерів. Хімічний склад деяких представників рослинних відходів, що наведений в табл. 1, свідчить про високий вміст вуглеводневої складової в цукровій тростині. Вміст холоцелюлози в шкаралупах кісточок абрикосу, вишні та горіху знаходиться на одному рівні та є найменшим у порівнянні з іншими представниками рослинних відходів, що були досліджені. Високий вміст високомолекулярної полісахаридної складової свідчить про високу механічну міцність волокон.

Вміст лігніну в шкаралупах кісточок абрикосу, вишні та горіху знаходиться на одному рівні, проте він є значно більшим ніж в лущинні гречихи, обрушених качанах кукурудзи та стеблах цукрової тростини.

Таблиця 1 – Хімічний склад твердих рослинних відходів агропромислового комплексу

Рослинні відходи	Вміст компонентів, %				
	Холоде- люлоза	Целю- лоза	Лігнін	Смоли, жири, воски	Зола
Шкаралупи кісточок абрикосу	41	24	49	5	3
Шкаралупи кісточок вишні	39	22	51	7	3
Шкаралупи лісового горіху	43	29	47	2	8
Лушпиння гречки	56	32	28	13	3
Обрушені качани кукурудзи	51	36	37	8	4
Стебла цукрової тростини	76	42	21	1	2

Це свідчить про те, що у випадку делігніфікації шкаралупи кісточок необхідно буде витратити більше реагентів та проводити процес за жорсткіших умов.

Максимальним вмістом смол, жирів і восків, які надають рослинній сировині гідрофобних властивостей, характеризується лушпиння гречихи, мінімальним – стебла цукрової тростини. Вміст мінеральних компонентів є найбільшим для шкаралупи лісового горіху; для всіх інших представників значення цього показника є дещо меншим. Високий вміст неорганічних компонентів може негативно вплинути на процеси регенерації відпрацьованих варильних розчинів.

Загалом, проведені дослідження з визначення хімічного складу деяких представників рослинних відходів агропромислового комплексу свідчить про принципіальну можливість їх хімічної переробки, наприклад, делігніфікація, гідроліз, біоконверсія, з метою одержання широкого спектру продуктів – волокнистих напівфабрикатів, целюлози, мікрокристалічної целюлози, лігнінів, спиртів, органічних кислот, кормових та харчових дріжджів та багато інших.

## СВІЖА ВОДА В ПРОЦЕСАХ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПИ СКОРОЧЕННЯ НОРМ ЇЇ СПОЖИВАННЯ

магістранти: Комісаренко Р.В., Котлярська Н.О., Якименко О.С.,  
доцент, к.т.н. Плосконос В.Г.

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

Метою даної роботи є визначення принципів скорочення споживання свіжої води в залежності від виду продукції, що виготовляється на картонно-паперовому комбінаті.

Як відомо із літературних джерел [1], основною тенденцією в промисловості в цілому і целюлозно-паперової промисловості, зокрема, є скорочення питомих витрат свіжої води на одиницю товарної продукції. Такий підхід дозволяє зменшити викиди зі стічними водами та знизити втрати цінних для системи виробництва компонентів.

Скорочення питомих витрат води відбувається, в основному, за рахунок інтенсифікації оборотності водопостачання. Цей шлях визнаний найбільш прогресивним, так як сприяє не тільки скороченню обсягів стічних вод, що надходять на очисні споруди, а і економії сировинних матеріалів, енергії, які витрачаються на очистку стічних вод. Інтенсифікація оборотності водопостачання і створення замкнутих систем водокористування найбільш широкого поширення набуло на підприємствах, які використовують в якості вторинних напівфабрикатів макулатуру, в силу того, що на цих підприємствах вимоги до якості води, що використовується у виробничому циклі вищі, ніж вимоги, які пред'являються в процесі скидання очищеної води у водойми.

За умови створення замкнутих систем водокористування першою і необхідною умовою є нормальне функціонування виробництва, за якого забезпечується випуск готової продукції заданої якості. Експлуатувати такі системи виробництва набагато складніше, ніж ті, що функціонують в умовах без обмеження споживання свіжої води.

Критеріями оцінки водного господарства є такі показники: питома витрата свіжої води; питома витрата реагентів, електроенергії і тепла на очистку стічних вод; абсолютна кількість відходів, що утворюються в процесі очищення стічних вод; техніко-економічна оцінка прийнятої системи використання води з урахуванням очищення стічних вод.

Відповідно до укрупнених норм водоспоживання та водовідведення питома витрата свіжої води для коробкового картону марки А і Б була

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

визначена в межах 40 м<sup>3</sup>/т. При цьому середній практичний показник витрати свіжої води на одиницю продукції по галузі знаходився на рівні 40 м<sup>3</sup>/т; на Жидачівському КБК - 32 м<sup>3</sup>/т, - Київському КПК - 25 м<sup>3</sup>/т, - на Рубіжанському КТК - 19 м<sup>3</sup>/т. Свого часу в результаті використання розробок, виконаних в Українському науково-дослідному інституті целюлозно-паперової промисловості (УкрНДІП) на Суоярвській паперовій фабриці вдалося досягти витрати свіжої води в межах 7-8 м<sup>3</sup>/т. На той час на багатьох підприємствах Європи були впроваджені системи водокористування з витратами свіжої води не менше 10-12 м<sup>3</sup>/тонну продукції.

На даний час обґрунтовані і освоєні технології водокористування та очищення стічних вод, які забезпечують стабільну експлуатацію систем водокористування в процесі виробництва картону з використанням макулатури в якості вихідної сировини в межах 8-20 м<sup>3</sup>/т. Разом з тим, за умови використання зворотної води в процесі виробництва паперу та картону можливе накопичення шкідливих речовин в системі водокористування, що може привести до прискореного руйнування обладнання і перевищення рівня іонів SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> перед скиданням у водойму очищених стічних вод, а також до накопичення шкідливих газів в цеху У більшості випадків немає єдиного підходу до вимог щодо води, яка використовується для виробництва паперу та картону. Ці вимоги розвиваються в різних країнах в залежності від місцевих умов, пов'язаних з можливостями водозабезпечення виробництва целюлозно-паперової продукції. Ці вимоги є загальними не тільки для целюлозно-паперової промисловості, а і для інших галузей виробництва.

Таким чином, визначено, що скорочення питомих витрат свіжої води відбувається, в основному, за рахунок інтенсифікації оборотності водопостачання, і цей шлях визнано найбільш прогресивним в галузі целюлозно-паперового виробництва.

**Перелік посилань:**

1. Заморуев Б.М. Использование воды в целлюлозно-бумажном производстве: - Изд-во: Лесная промышленность, М: 1993. - 216 с.

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

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРОКСОМУРАШИНОГО ВАРІННЯ СТЕБЕЛ СОНЯШНИКУ

магістр Лех О.П., к.т.н., доц. Трембус І.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Розроблення математичних залежностей є основою пошуку співвідношення факторів технологічного процесу, які б забезпечували оптимальне співвідношення між показниками якості волокнистих напівфабрикатів (ВНФ). Вирішення задач такого класу має базуватися на використанні можливостей методу математичного моделювання в поєднанні із сучасним рівнем розвитку засобів обчислювальної техніки.

Математична модель, у відповідності за своїм призначенням, повинна з максимальним ступенем істинності відобразити механізми процесів, що вивчаються. Саме тому розроблення та подальше дослідження математичних моделей – це цілеспрямоване використання інформації з метою надати можливість експериментатору прослідкувати та вивчити закономірності змінювання досліджуваних властивостей отриманого ВНФ в залежності від значень, які будуть надані вхідним факторам [1].

Для одержання математичних залежностей в роботі використовували методологію синтезу математичних моделей. Проведені в лабораторних умовах попередні дослідження дали можливість визначитися з факторами технологічного процесу, а саме тривалість варіння, хв ( $X_1$ ) та температура варіння,  $^{\circ}\text{C}$  ( $X_2$ ). В якості параметрів оптимізації вибрано наступні показники якості ВНФ: - вихід целюлози, % ( $Y_1$ ); вміст залишкового лігніну, % ( $Y_2$ ); розривна довжина, м ( $Y_3$ ); опір роздиранню, мН ( $Y_4$ ).

У відповідності з масивом експериментальних даних [2] розроблено математичні описи за показниками якості  $Y_1 - Y_4$ .

- математична модель за показником виходу целюлози, %

$$Y_1 = 88,20 \cdot 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot X_1 \cdot X_2 - 2,29 \cdot 10^{-1} \cdot X_2 + 5,43 \cdot 10^{-9} \cdot X_1^4 + 2,25 \cdot 10^{-8} \cdot X_2^4$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,28 %.

- математична модель за показником вмісту залишкового лігніну, %

$$Y_2 = 15,38 \cdot 3,58 \cdot 10^{-4} \cdot X_1 \cdot X_2 - 6,66 \cdot 10^{-2} \cdot X_2 + 7,54 \cdot 10^{-7} \cdot X_1 \cdot X_2^2 - 2,83 \cdot 10^{-3} \cdot X_1$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,23 %.

- математична модель за показником розривної довжини, м

$$Y_3 = -3344,36 + 6,83 \cdot 10^{-1} \cdot X_1 \cdot X_2 + 8,04 \cdot 10 \cdot X_2 - 4,28 \cdot 10^5 \cdot X_1 \cdot X_2^3 - 2,54 \cdot 10^6 \cdot X_1^4 - 4,29 \cdot 10^6 \cdot X_2^4$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 3,28 %.

- математична модель за показником опору роздиранню, мН

$$Y_4 = 28,18 + 3,98 \cdot 10^{-6} \cdot X_1 \cdot X_2^3 + 7,29 \cdot 10^{-6} \cdot X^3 + 1,40 \cdot 10^{-7} \cdot X_2^4$$

Відносна похибка розроблення математичного опису не перевищує 1,98 %.

Аналіз дослідження факторного простору [2] показує, якщо дотримуватися тривалості варіння 120 хв та температури делігніфікації 90 °С, то можливо отримати волокнистий напівфабрикат з стебел соняшнику з оптимальними показниками якості:  $Y_1$  вихід ВНФ = 55,8 % від маси абс. сух. сировини,  $Y_2$  вміст залишкового лігніну = 6,3 % від маси абс. сух. ВНФ,  $Y_3$  розривна довжина = 6870 м,  $Y_4$  опір роздиранню = 402 мН.

Висновок: розраховано рівняння, які адекватно описують експериментальні дані і можуть бути використанні в якості математичної моделі пероксомурашиного способу делігніфікації стебел соняшнику із заданими показниками якості.

### **Перелік посилань:**

1. Статюха Г. О., Складанний М.Д. Планування оптимального експерименту. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. К., Політехніка, 2004. с. 36.
2. I.V. Trembus, J. S. Trophimchuk, V.V. Galysh Obtaining of pulp from sunflower stalks with peracids shells // *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2018, No. 2, p. 122-127.



## ВПЛИВ ВИБІЛЕНОЇ ХІМІКО-ТЕРМОМЕХАНІЧНОЇ МАСИ НА ВБИРНУ ЗДАТНІСТЬ ПАПЕРУ

к.т.н., доцент Мовчанюк О.М., магістранти Данильчук А.О., Гузій В.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Багато видів паперу мають відрізнятися підвищеною вбирною здатністю по відношенню до різних рідин [1]. Властивість паперу вбирати рідину в значній мірі залежить від характеристик тих волокнистих напівфабрикатів, з яких він виготовлений. Деревна маса сьогодні широко використовується у виробництві багатьох видів картонно-паперової продукції. Вона надає паперу однорідної і рівномірної структури, підвищує вбирну здатність по відношенню до друкарської фарби, пористість і непрозорість [2]. Крім того, однією з сучасних тенденцій є використання більш дешевих волокнистих напівфабрикатів. Деревна маса є дешевшою за целюлозу, тому її використання може суттєво знизити собівартість готової продукції.

Метою даної роботи було дослідження впливу вмісту вибіленої хіміко-термомеханічної маси (ВХТММ) у композиції паперу на його вбирну здатність.

Лабораторні зразки паперу масою 80 г/м<sup>2</sup> виготовлялися на листовідливному апараті ЛА-2. Для дослідження використовувалися сульфатна хвойна вибілена целюлоза марки ХБ-4, сульфатна вибілена целюлоза з суміші листяних порід деревини марки ЛС-4 та товарна ВХТММ. Розпуск і розмелювання волокнистих напівфабрикатів здійснювалися окремо, в лабораторному розмелювальному комплекті ЛРК-1 за концентрації 4 %. Ступінь млива маси напівфабрикатів складав 30 і 45 °ШР. Вбирна здатність зразків оцінювалася капілярною вбирністю по Клемму. У таблиці 1 наведено результати досліджень.

Таблиця 1 – Вплив композиції та ступеня млива на капілярну вбирність лабораторних зразків паперу

Найменування напівфабрикатів	Сту піль млива, °ШР	Капілярна вбирність, мм, при вмісті хвойної целюлози в композиції паперу, %					
		0	2	4	6	8	10
Хвойна целюлоза і ХТММ	45	5	5	4	3	2	2
		8	1	9	5	8	1
Хвойна целюлоза і ХТММ	30	8	6	6	5	5	4
		6	9	8	8	3	5
Хвойна і листяна целюлози	30	6	6	6	5	5	4
		8	6	3	6	2	5

Як видно з таблиці, за ступеня млива 30°ШР капілярна вбирність зразків, що були виготовлені з листяної целюлози, в 1,5 рази, а що виготовлені з ВХТММ, в 1,9 разів перевищує цей показник у зразків з хвойної целюлози. Розмелювання до 45 °ШР призводить до зниження капілярної вбирності зразків з хвойної целюлози на 53 %, а з ВХТММ на 33 %.

При додаванні в композицію паперу 20 % ВХТММ, капілярна вбирність збільшується на 18 % за ступеня млива 30 °ШР і на 33 % за 45 °ШР. А вміст в композиції паперу 40 % ВХТММ збільшує капілярну вбирність за тих самих значень ступеня млива відповідно на 29 і 67 %.

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що при додаванні до композиції паперу ВХТММ можна значно підвищити капілярну вбирність паперу, знижуючи при цьому собівартість готової продукції.

### **Перелік посилань:**

1. Фляте Д.М. Свойства бумаги. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 648 с.
2. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3Т. Т.І. Сырье и производство полуфабрикатов. Ч.3. Производство полуфабрикатов. – СПб.: Политехника, 2004. – 316 с.

## ВПЛИВ ВМІСТУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ЩОЛОКІВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ СОЛОМ'ЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ

магістр Попадинець А.В, аспірант Соколовська Н.В., к.т.н., доц. Трембус І.В.

Національний технічний університет України

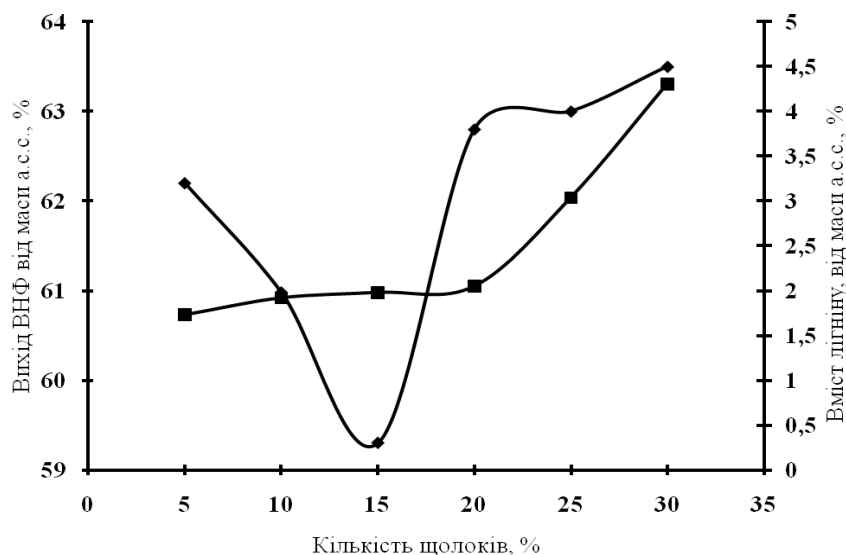
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Однією із основних причин дослідження та впровадження у виробництво варінь рослинної сировини з використанням пероксокислот та спирту є проста регенерація спирту із відпрацьованих щолоків шляхом вакуум-дистиляції і можливість практичного використання компонентів відпрацьованого щолоку – лігніну та вуглеводів [1]. Також відомо, що склад відпрацьованих щолоків залежить від умов варіння і виходу волокнистих напівфабрикатів (ВНФ) із рослинної сировини [1].

Тому метою роботи було дослідження складу відпрацьованих щолоків, одержаних після варіння пшеничної соломи в системі "оцтова кислота – пероксид водню – етиловий спирт" та можливості його повторного використання.

За результатами комплексних досліджень встановлено, що концентрація пероксооцтової кислоти у відпрацьованому розчині, який утворився після просочення пшеничної соломи розчином пероксиду водню в середовищі оцтової кислоти, змінюється від 4,6 до 3,7 %, а концентрація пероксиду водню від 7,4 до 6,6 % в залежності від тривалості оброблення (від 60 до 180 хв). З літературних джерел відомо [1], що під час так званого гарячого приготування пероксооцтової кислоти максимальна її концентрація знаходиться на рівні 5,8 – 6,4 %, тому є доцільним повторне використання одержаного розчину в процесі просочення рослинної сировини. В роботі було досліджено вплив різної кількості відпрацьованого розчину на показники якості одержаної солом'яної целюлози, кількість щолоку змінювалася від 5 до 30 %. Результати досліджень наведено на рисунку.

З даних, наведених на рисунку, видно, що збільшення кількості щолоку у варильному розчині призводить спочатку до незначного зменшення виходу ВНФ (від 1,3 до 2,9 %), при цьому вміст залишкового лігніну залишається майже не змінним.



-■- вміст залишкового лігніну, %; -◆- вихід волокнистого напівфабрикату, %

Рисунок – Залежність показників якості солом'яної целюлози від вмісту відпрацьованого щолоку в процесі просочення січки пшеничної соломи розчином пероксиду водню в середовищі оцтової кислоти

Слід зауважити, що така тенденція зміни показників якості ВНФ спостерігається до вмісту відпрацьованих щолоків на рівні 10 %. Подальше збільшення кількості відпрацьованого розчину призводить до збільшення кількості вмісту залишкового лігніну в одержаній солом'яній целюлозі на 2,6 %. Тому додавання відпрацьованого розчину саме у кількості до 10 %, не суттєво погіршує якість целюлози, але сприяє зменшенню її собівартості і частково вирішує питання регенерації відпрацьованих щолоків.

#### **Перелік посилань:**

1. Ву Куок Бао Получение белой целлюлозы из древесины осины в системе перуксусная кислота – изобутиловый спирт – вода: автореф. ... канд. техн. наук., «Санкт-Петербургская лесотехническая академия», Санкт-Петербург, 1995, с. 45.

## БЕЗХЛОРНЕ ВИБІЛЮВАННЯ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОЇ СОЛОМ'ЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ

студенти Ріляков І.Л., Свінцицький О.В., Шевченко Д.В., к.т.н., Трембус І.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Однією із проблем сучасної целюлозно-паперової промисловості залишається розробка екологічно чистих технологій вибілювання целюлози. Застосування молекулярного хлору та його сполук супроводжується утворенням високотоксичних хлорорганічних сполук, таких як хлорфеноли, діоксиди та фурани [1]. Тому загальним напрямком розвитку технології вибілювання целюлози є розробка методів вибілювання без використання молекулярного хлору або повністю без хлормістких реагентів.

В роботі було досліджено можливість вибілювання солом'яної целюлози пероксидом водню за різних його витрат. Для вибілювання використовували целюлозу, одержану варильним розчином який містив мурашину та оцтову кислоти у співвідношенні 70:30 об'ємних % (концентрація органічних кислот становила 85 % та 60 %, відповідно). Варіння проводили за гідромодуля 10:1, температури 90 °С, тривалості 210 хв. Витрати пероксиду водню на вибілювання становили від 1 до 9 %. Результати дослідження наведено на рисунку.

Як видно з наведених залежностей білість зі збільшенням витрат пероксиду водню закономірно зростає. Слід зазначити, що найбільш ефективно зростання білості спостерігається за витрат пероксиду водню 7 %. Тому подальше збільшення витрат вибілювального реагенту є неефективним. Використання пероксиду водню у кількості 7 % від маси абсолютно сухої целюлози дає змогу збільшити білість солом'яної целюлози на 30 %, так як білість вихідної органосольвентної солом'яної целюлози знаходиться на рівні 36,6 %.

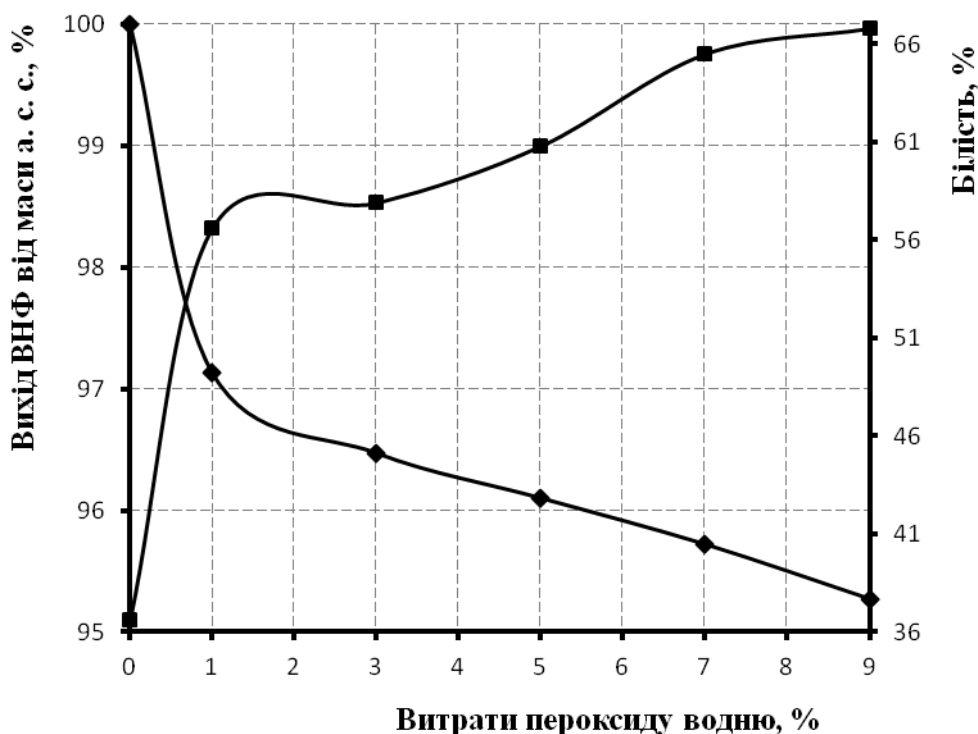


Рисунок – Залежність показників якості солом'яної целюлози від витрат перексиду водню в процесі вибілювання

Слід відмітити, що вихід вибіленої солом'яної целюлози по відношенню до невибіленої практично не змінюється, за виключенням втрат, за рахунок часткового вимого волокна при промиванні целюлози на сітці. Не високі втрати целюлози пояснюються тим, що при перексидному вибілюванні відбувається мінімальна деструкція вуглеводних компонентів рослинної сировини, а основні реакції при вибілюванні  $H_2O_2$  спрямовані на окиснення хромофорних груп лігніну і екстрактивних речовин, за рахунок чого білість целюлози зростає без значного зниження її виходу, тому що кінцеві продукти цих реакцій не переходять у розчинний стан.

#### Перелік посилань:

1. Барбаш В.А., Трембус И.В., Баглай Д.С. Влияние различных отбеливающих реагентов на качественные показатели органосольвентной соломенной целлюлозы. Экотехнологии и ресурсосбережение, 2008 № 1, с. 28-31.

**RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF UTILIZATION  
OF SEDIMENTS OF REAGENT WASHING OF WATER**

student Romas D.K., PhD, Senior Lecturer Trus I.M.

**National Technical University of Ukraine**

**"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kiev, Ukraine**

Today there is a quantitative and qualitative depletion of water resources due to their pollution. In many regions, there is a shortage of quality water to meet the needs of industry and the public. The discharge of insufficiently treated mine water causes deterioration of water quality in rivers, which are often sources of water supply. When mining seams for 1 ton of coal, there are about 3 m<sup>3</sup> of water. Mineralization of the main volume of mine water is 2-10 g/dm<sup>3</sup> and higher. Mine water is characterized by high acidity, a high concentration of various salts and a high content of sulfate ions. Therefore, it is important to develop various methods for wastewater treatment to values of lower RC. In [1], it was shown that when liming sulphate-containing water, the concentration of sulphates can be reduced only to 1500 mg/dm<sup>3</sup>, which is due to the solubility of gypsum. When using expensive and toxic compounds of barium, water purification technology becomes much more complicated. The main problem with the use of ion exchange and reverse osmosis methods is the formation of sulphate-containing liquid waste, which is difficult to dispose of. Therefore, it is advisable to apply reagent methods using aluminum coagulants (aluminum hydroxochlorides, sodium aluminate) to clean mine water [2]. These methods allow precipitating sulphates and hardness ions in the form of calcium sulfohydroxoaluminate –  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$ . Precipitates of such chemical composition are similar to one of the cement hydration products – Ettringite, so it is advisable to dispose of them in the construction industry, which already uses a variety of wastes from various industries: metallurgical industry wastes, ash and slag wastes from thermal power plants, mining wastes household waste. The purpose of this work is to develop a waste-free method of cleaning mine water from sulphates during liming and using aluminum-containing coagulants, with subsequent disposal of the resulting sediment in the construction industry.

The results of water purification from sulphates using lime, sodium hydroxyaluminate and magnesite are presented in table 1.

Table 1 – Dependence of mine water purification efficiency on lime consumption, sodium aluminate and magnesite

Ca O dose, mg-eq/dm <sup>3</sup>	Aluminu m dose mmol/dm <sup>3</sup>	MgCO <sub>3</sub> dose, mg- eq/dm <sup>3</sup>	Degree of softening, Z,%	Degree of purification SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , A,%
25	2,75	25	81,7	58,7
25	3,35	25	82,8	60,6
25	3,80	25	88,3	75,5
30	2,75	30	82,2	65,8
30	3,35	30	87,8	67,1
30	3,80	30	93,3	81,3

As can be seen from the table, the efficiency of water purification from sulphates increases with an increase in the consumption of reagents. In this case, the concentration of sulfates in some cases decreases to 145–190 mg/dm<sup>3</sup> with a residual hardness of 1.2–2.1 mg-eq/dm<sup>3</sup>. The additive was introduced into the composition of ordinary cement in quantities of 2.5, 5.0 and 7.5 mass. %.

The addition of sediment suitable for the introduction of the cement. On day 1, a decrease in strength is observed, however, on days 3 and 28, no decrease in strength is observed. Thus, up to 7.5 wt. % clinker or portland cement can be replaced by sediment without deterioration of the physical and mechanical properties of the material. The normal density of cement with a slight increase in sediment content varies slightly. With a content of 5.0-7.5 wt. % sediment behaves as an accelerator of the initial setting time, and the final time, on the contrary, slows down.

### References

1. Трус И.Н. Применение реagentных методов для деминерализация шахтных вод / И.Н. Трус, Н.Д.Гомеля, В.Н.Грабитченко, А.Ю.Флейшер, В.И.Воробьева // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2015. – № 12 (96). – С. 22-27.
2. Трус І.М. Очищення шахтних вод від сульфатів з одночасним їх пом'якшенням реagentним методом / І.М. Трус, М.Д. Гомеля // "Економіка. Екологія. Управління": Зб. наук. праць . – Ірпінь, 2012. – №1.– С. 230-237.



## WATER PURIFICATION WITH NANOFILTRATION

student Salashnyi T., PhD Trus I., Doctor of Technical Sciences, Prof. Gomelya M.

**National Technical University of Ukraine**

**"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

Nanofiltration membranes are potential technology for drinking water preparation. Due to a decrease in water quality of natural sources, stricter requirements to quality of water, a lack of efficient methods, nanofiltration became extremely popular. Membrane technology reverse osmosis and nanofiltration have well developed theoretical background and many experimental researches which prove their efficiency. However, in order to begin a massive application of nanofiltration, the water purification technologies have to be simplified and the cost price should be reduced; last but not least is that the reliability of technologies should be improved as well. The main trend in perfection of the methods of nanofiltration is synthesis of new membranes, improving on design of equipment and conducting investigations of processes of membrane pollution. In the article [1] is listed advantages of baromembrane water purification methods: it is reliable and compact equipment, an opportunity to automate the processes completely, minimal use of reagents, low power consumption, it is possible to obtain a high quality filtrate with one step of purification, simplicity in an increase of power of the technologies, a use of chemical reagents is strongly limited (the reagents can be used only for a process of membrane regeneration). The main disadvantages of the technology: costs of equipment is very high, a formation of sediments on a surface of membranes, special requirements to quality of water after the purification process. In the research [2] is mentioned that the main problem of membrane purification technology is a huge amount of water which is used for a concentrate at the end of the process. One of the solution to perfection of membrane technologies is to start to use new and upgrade equipment which has an "open" channel. It resolves sedimentation problems during an exploitation of membranes and greatly reduces an amount of used concentrate.

Considering water purification technologies, it can be noticeable that membrane methods begin more and more common, in the meanwhile, traditional methods lose their popularity. When it comes to a classification of membrane filters, there have been created some groups of filters for microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis. These groups of filters have an upward trend in transmembrane pressure, from 0,5-3 till 15-20 bar; at the same moment the size of pores decreases. Analysing the table, it can be seen that by dint of the use of microfiltration and ultrafiltration suspended particles, viruses and bacteria, can be removed with low expenses of electricity. Furthermore, a use of listed methods has an important advantage, it is an opportunity for purification of wasted water without chemical reagents and obtaining clean drinking water afterwards. The most important part of any membrane equipment is a semipermeable membrane, hence main features of membrane processes and their working modes depend on characteristics of semipermeable membranes. There are several standards for the membranes: they should have high selection properties and they have to be resistant to an influence of environment which is being divided; in order to prevent damage during transfer of semipermeable membranes, they should have mechanical durability; properties of membranes should not dramatically change. The specific productivity of nanofiltration membranes is of the central importance. The productivity depends on many factors, such as pH, temperature, pressure, water composition, etc. It is worth noting that any commercial success related to membrane filtration requires an application of highly efficient and good-quality semipermeable membranes.

To summarize briefly, the water purification method with semipermeable membranes is an advanced technology promising huge potential in the near future.

### **References**

1. Тарасов А. Баромембранные методы обработки воды / Андрей Тарасов //ЖКХ: технол. и оборуд. – 2007. – № 2. – С. 36-39.
2. Андрианов А. Новый подход к созданию безреагентной и бессточной мембранной технологии водоподготовки / А.Г. Первов, Д.В. Спицов // Питьевая вода. – 2010. – № 4. – С. 2-16.

**УДК 676.056**

## **ПРЕС З РОЗШИРЕНОЮ ЗОНОЮ ПРЕСУВАННЯ**

### **SINGLE NIPCOFLEX**

магістрантка Ткаченко О.В., асистент Остапенко А.А.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Основне призначення пресової частини полягає в зневодненні паперового полотна та забезпеченні якісних показників продукції, що виробляється і надійності машини [1]. При пресуванні полотна зростає сухість, міцність і щільність паперу [1].

Від ефективності роботи пресової частини залежать витрати на сушку паперу і продуктивність машини. З метою скорочення витрати пари на сушку після пресової частини прагнуть отримати максимально можливу сухість паперового полотна. Однак підвищення сухості за рахунок збільшення тиску між пресовими валами призводить до збільшення витрат енергії на привід валів і до погіршення споживчих властивостей продукції, що виготовляється [2].

Компанії VOITH вдалося розробити таку концепцію преса, щоб домогтися оптимального зневоднення та ідеального очищення сукон і поверхонь валів [3]. У порівнянні зі звичайними пресами процес зневоднення на пресі SINGLE NIPCOFLEX значно менше впливає на пухкість [3]. Це пояснюється декількома причинами: по-перше, висока сухість забезпечує високу вихідну міцність у вологому стані, що в поєднанні з закритим прогоном полотна і ефективною системою стабілізації в сушильній частини знижує навантаження на полотно. Це дозволяє підвищити робочу швидкість папероробної машини за меншого вмісту довгого волокна, ніж у випадку зі звичайними пресами.. По-друге, в звичайних пресових частинах для регулювання двобічності нерідко застосовується прямий прес. Якщо прямий прес розташовується безпосередньо за пресом з розширеною зоною пресування, це зазвичай призводить до втрати пухлості без істотного підвищення сухості. І, нарешті, прес SINGLE

**NIPCOFLEX** забезпечує збереження пухлості за рахунок попередження піків тиску, які виникають в звичайних пресах.

Що стосується якості паперу, прес **SINGLE NIPCOFLEX** має додаткову перевагу. Завдяки наявності двох сукон і рівномірного зневоднення з обох боків паперу досягаються показники шорсткості з обох боків. Це особливо важливо для друкарських видів паперів, оскільки компенсувати двобічність на каландрі зазвичай неможливо в силу недостатніх лінійних навантажень.

### **Перелік посилань:**

1. Иванов С.Н. Технология бумаги / С.Н.Иванов. – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с
2. Фляте Д. М. Свойства бумаги / Д. М. Фляте. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 648 с.
3. Dr. Georg Kleise **SINGLE-NIPCOFLEX-PRESSE** // Together. - March 21.- 2012.- p.28-32.

## НОВА КОНЦЕПЦІЯ ПАРОКОНДЕНСАТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУШІННЯ КАРТОНУ

маг.Тонніков А.В., студ.Рудзей Ф.П., маг.Цьоха В.М., доц.. Черьопкіна Р.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Картоноробна машина є ключовим технологічним елементом процесу виробництва картонної продукції. Вона являє собою багатостадійний процес перетворення целюлозної або макулатурної маси у готові вироби. Серед усіх ділянок КРМ особливо варто виділити сушильну частину, яка є найбільшим споживачем матеріальних та енергетичних ресурсів у всій технологічній схемі виробництва. У зв'язку з цим, відповідно до сучасних світових тенденцій енерго- та ресурсозбереження, постає науково-технічне завдання вдосконалення даного технологічного процесу.

**Мета дослідження.** Метою дослідження є підвищення ефективності процесу сушіння картонного полотна шляхом вдосконалення пароконденсатної системи у відповідності до сучасних вимог ресурсо- та енергозбереження.

В минулому для підвищення продуктивності виробництва багато підприємств піднімали швидкість картоноробних машин. В результаті питомі витрати пари збільшувалися, що призводило до зниження рентабельності.

Враховуючи всі аспекти пов'язані з процесом сушіння картону та з метою підвищення рентабельності технологічного процесу, вченими розроблено індивідуальні рішення на базі комплекту обладнання для оптимізації пароконденсаторної системи Value +. Додаткові компоненти Value + дозволять економити енергію в сушильній частині, що призведе до підвищення ефективності виробничого процесу [1,3,4].

Парові головки Value + зі стаціонарними сифонами.

В багатьох існуючих сушильних циліндрах конденсат відводиться за допомогою парових голівок сифонів, що обертаються. У випадку підвищення швидкості КРМ для надійного видалення конденсату із сушильного циліндра

необхідно постійно підвищувати перепад тиску. Низький тиск в циліндрах і підвищення робочої швидкості інколи приводить до того, що конденсат взагалі не видаляється. Дані умови призводять до погіршення теплопередачі і зниження продуктивності сушіння картону.

Альтернативою забезпечення надійного відводу конденсату за мінімального перепаду тиску може бути застосування парових голівок зі стаціонарними сифонами. Крім того, у випадку підвищення швидкості машини кількість пролітної пари не збільшується і залишається на самому низькому рівні за умови оптимального підбору діаметра сифона [4].

Відомо, що ефективність сушіння визначається середньою різницею температур поверхні сушильного циліндра і полотна. Дану різницю можна збільшити за рахунок підвищення тиску пари, конструктивних змін або застосування термопланок для утворення вихрових потоків в шарі конденсату.

У випадку збільшення швидкості машини вище 500 м/хв. конденсат утворює ламінарне кільце всередині сушильного циліндра, яке знижує відносну теплопередачу від пари до внутрішньої стінки циліндра.

Для вирішення цієї проблеми пропонується встановлення термопланок **Value +**, які утворюють вихрові потоки, що руйнують конденсатне кільце тим самим підвищують теплопередачу і ефективність сушіння [2,4].

Висновок. Встановлення індивідуально підібраних термопланок в окремих циліндрах забезпечує чітко розраховане підвищення теплопередачі і одночасне покращення профілю вологості. Нова концепція встановлення компонентів Value + дозволить зекономити до 20 % енергії в залежності від системи, тим самим підвищити конкурентоздатність виробництва [3,4].

#### **Перелік посилань:**

1. <http://www.bellmer.de/sprache3/n1021503/n.html> від 20.10.2017 р.
2. [https://www.voith.com/corp-de/voith-paper\\_twogether19.pdf](https://www.voith.com/corp-de/voith-paper_twogether19.pdf).
3. Малков В.Г. Модернизация бумаго-, картоноделательных и сушильных машин. Целлюлоза, бумага, картон. 2005. – № 6. – С. 52.
11. Эрих Вилл. Новая концепция пароконденсатной системы. Together. 2008. – № 26. – С. 40.

## МЕТОДИ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПРИРОДНИХ І СТИЧНИХ ВОД

к.т.н., ст.викл. Радовенчик Я.В., к.т.н., ст.викл. Трус І.М.,

к.х.н., ст.викл. Галиш В.В., к.т.н., доц. Сіренко Л.В., студ. Мігранова В.О.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Джерелами водопостачання, як правило, є поверхневі та підземні води, якісні та кількісні показники яких зумовлені природними умовами походження та рівнем антропогенного навантаження. Внаслідок неконтрольованого антропогенного впливу впродовж останніх десятиліть відбувається забруднення вод на території України. Близько половини всього населення споживає питну воду, яка не відповідає вимогам по цілому ряду показників. Як правило, якість річкової води, особливо біля витоків, відповідає вимогам I–II класу якості з екологічних позицій. Однак для окремих регіонів України характерним є підвищений вміст заліза в природних водах. Відомо, що одним з факторів, що сприяють накопиченню заліза в організмі людини, є питна вода. Води багатьох підземних водоносних горизонтів України мають підвищений вміст заліза, який коливається від 0,5 до 30 мг/дм<sup>3</sup> і більше, але частіше буває близько 5 мг/дм<sup>3</sup>. Тому пошук методів очищення води від іонів заліза, що дозволять зменшити концентрації до допустимих рівнів ГДК, є надзвичайно актуальним питанням на сьогодні. Для знезалізнення підземних вод застосовуються різні методи: спрощена аерація з наступним фільтруванням; аерація з вапнуванням і хлоруванням; коагулювання сульфатом алюмінію з попередніми хлоруванням; фільтрування води через завантаження з піролюзита; катіонування води [1, 2]. Для видалення заліза з поверхневих вод використовуються коагулювання, вапнування, окислювальні методи. Метод знезалізнення обирають залежно від хімічного складу води, ступеня знезалізнення, продуктивності станції. Знезалізнення поверхневих вод можна здійснити лише реагентними методами. Для знезалізнення підземних вод найчастіше використовують безреагентний метод, оскільки він простіший та дешевший. Процес полягає в тому, що в аераційному пристрої воду насичують

киснем, при цьому частково видаляється вугільна кислота, частково окислюється залізо. Потім воду відстоюють у резервуарах і фільтрують на фільтрах, де видаляються утворені пластівці гідроксиду заліза. Тільки якщо процес знезалізнення безреагентним методом відбувається погано, то вдаються до реагентного методу. При цьому у вихідну воду вводять окислювачі: хлор, перманганат калію, вапно, соду.

Одним із перспективних методів знезалізнення води є використання капілярних матеріалів. Найоптимальніше значення рН для ефективного переходу заліза двовалентного в тривалентне спостерігається при значеннях рН від 4 до 7. На процес переходу іонів заліза (II) в тривалентну форму значно впливає площа контакту поверхні капілярного фільтру з повітрям. Чим більша площа контакту, тим інтенсивніше відбувається зниження вмісту загального заліза. Підвищення температури води інтенсифікує процес переходу іонів заліза в тривалентну форму. Даний ефект спостерігається як при використанні капілярних фільтрів, так і без них. Щільність капілярних матеріалів при знезалізненні вод з різною початковою концентрацією заліза суттєво на процес не впливає. Для кожної проби спостерігається приблизно однакова динаміка зменшення концентрації загального заліза в досліджуваних пробах.

Таким чином, застосування методів, оснований на капілярному ефекті, дозволяє розробляти прості, автономні, енергоощадні та високоефективні технології знезалізнення природних та стічних вод.

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Державного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом Ф83/50087.

1. Bong-Yeon Cho. Iron removal using an aerated granular filter / Bong-Yeon Cho // Process Biochem . – 2005. – 40. – Р. 3314–3320.

Гомеля М. Д. Вплив аерації та електролізу на зниження вмісту заліза / М. Д. Гомеля, І. М. Трус, В. М. Грабітченко // Екологічна безпека. – 2014. – № 1 (17). – С. 78-82.



## **РЕКОНСТРУКЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ**

### **КАРТОНОРІБНОЇ МАШИНИ**

магістри: В.М.Цюха, Тонніков, студ. Ф.П. Рудзей, А.В., к.т.н., доц. Р.І. Червопкіна

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Ефективність роботи картоноробних машин (КДМ) визначається роботою складових їх частин, в тому числі і роботою пресової частини. Розробка і впровадження у виробництво нових видів пресів, таких як преси з подовженою зоною пресування, а також які суміщають процеси механічного зневоднення та сушіння паперового полотна, нових видів покриттів пресових валів (металокераміка, синтетичні покриття), нових конструкцій пресових суконов (ламінантних, мембранних, що виключають зворотне вбирання і т.д.) призвели до істотних змін в ефективності роботи пресових частин. Тому головним завданням нині стає оптимізація роботи існуючого обладнання з метою зниження енергоємності виробництва та підвищення якості продукції [1,2].

В процесі виробництва картону особливу роль відіграють процеси видалення води з вологого полотна. Основна частина води видаляється в сітковій частині, однак полотно містить ще значну її кількість, яка утримується капілярними силами, а також деяку кількість вільної води. Подальше зневоднення паперового полотна відбувається в пресовій частині машини під дією зовнішніх сил, що призводить до його ущільнення за рахунок збільшення контакту поверхонь волокон в картоні та підвищується міцність міжволоконних зв'язків. В результаті зростають сухість, міцність і щільність полотна. Однак підвищення сухості призводить до збільшення витрат енергії та надмірне пресування може погіршити споживчі властивості продукції [2].

Мета роботи. На основі глибокого вивчення механізму процесу зневоднення паперу в пресовій частині було запропоновано технічні удосконалення, що дозволили інтенсифікувати роботу пресів та досягати сухості полотна до 45% та

вище за високої робочої швидкості машини. Із числа таких удосконалень необхідно відмітити використання пресів з подовженою зоною пресування.

Преси з подовженою зоною пресування є відносно сучасною альтернативою традиційним пресовим валам та являють собою великий діжкоподібний вал з регульованим прогином, з подовженим валом, зігнутим за формою верхнього притискного валу, що приводиться в рух гумовим ременем. Завдання преса з подовженою зоною пресування полягає в тому, щоб продовжити тривалість перебування полотна паперу між двома валами, тим самим збільшуючи зневоднення. У порівнянні зі стандартним притискним пресовим валом, який забезпечує пресування до 35% сухості, прес з подовженою зоною пресування має наступні переваги: підвищення сухості паперового полотна після пресової частини до 48-52%; зниження витрат пари на тонну паперу; більш короткі сушильні частини у нових машин; збільшення вологоміцності паперу; підвищення показників міцності паперу [3,4].

Конструкція пресу дозволяє видалити велику кількість води за низького тиску пресування, що виключає небезпеку роздавлювання вологого полотна і зберігає пухкість картону, а також забезпечує високу гладкість навіть за високих швидкостей картоноробної машини.

В даний час інвестиційні витрати на нові машини і реконструкції різко скорочуються, тому прагнення отримати високопродуктивну пресову частину цілком очевидно. Крім того, пресова частина повинна відрізнятися низькими експлуатаційними та енерговитратами. Такі вимоги здаються нездійсненною мрією, але завдяки башмачному пресу ця мрія може стати реальністю [3].

#### **Перелік посилань:**

1. Примаков С.Ф. Производство картона. М.: Экология, 1991. – 224 с.
2. Акулов Б.В., Ермаков С.Г. Производство бумаги и картона: Учебное пособие /Перм.гос.техн.ун-т. – Пермь, 2010. – 440 с.
3. Башмачный пресс Single NipcoFlex. Выход на новые виды бумаги 28 / 2009 / Voith Paper / twogether.
4. Технический весник: <http://www.papcel.ru/download-centrum/technicky-zpravodaj>.

## **ПОВЕРХНЕВЕ ПРОКЛЕЮВАННЯ КАРТОНУ**

магістр Денисенко А. М., доц., к.т.н. Черьопкіна Р. І.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

Призначенням проклеювання картону є надання йому обмежених всмоктувальних властивостей по відношенню до різних рідин, наприклад, води, чорнил, типографської фарби та ін., а також покращення фізико-механічних властивостей. Проклеювання буває поверхневе або в масі. Поверхневе проклеювання проводиться нанесенням клею на поверхню готового картону. Проклеювання в масі відбувається за рахунок введення речовин для проклеювання в масу перед відливанням картону.

Особливістю поверхневого проклеювання картону є поліпшення зімкнутості його структури, підвищення міцності, гладкості, однорідності, надання йому водо-, паро-, і жиронепроникності, для усунення таких дефектів, як різнобічність, вищипуваність волокон, шорсткість тощо. Крім того, поверхневе проклеювання дозволяє в ряді випадків зменшити ступінь млива волокна, що сприяє зниженню витрат енергії на виробництво картону і підвищенню продуктивності машини.

Поверхневе проклеювання може здійснюватися в клеїльній ванній, у каландрі та у клеїльному пресі. Останній спосіб є найпоширеніший [1].

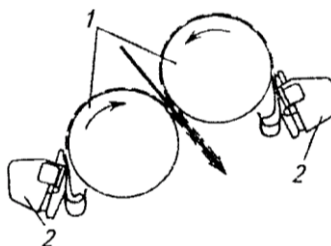
Для покращення якості продукції з оптимальною витратою сировини і матеріалів підприємству необхідно проводити технічне переоснащення виробництва, реконструкцію та модернізацію технологічного обладнання, збільшувати свої потужності і автоматизувати виробничі процеси та операції.

Метою реконструкції потоку з виробництва картону для плоских шарів гофрокартону є підвищення якості готової продукції за рахунок поверхневого проклеювання.

Для досягнення поставленої мети запропоновано замінити звичайний клеїльний прес на плівковий, що дозволить працювати за широкого діапазону

швидкостей – від 100 до 1800 м/хв, забезпечити можливість нанесення покривної маси від  $0,05 \text{ г/м}^2$  (проклеювання) до  $40 \text{ г/м}^2$  (крейдування) на кожну сторону, використовувати покривні композиції з в'язкістю – 1,0-2000 мПа·с та високим вмістом сухих речовини і різними реологічними властивостями, зменшити проникнення покривного складу в товщу полотна, в результаті чого композиція, що наноситься лишається на поверхні у вигляді однорідної плівки.

На рис. 1 наведено схему нанесення покриття на плівковому клеїльному пресі.



1 – вали клеїльного пресу; 2 – наносні пристрої

Рисунок 1 – Схема двостороннього плівкового покриття з нанесенням на вали покривної речовини для передачі на картон

Нанесення покривної маси здійснюється формуванням на поверхні валу клеїльного преса рідкої плівки заданої товщини, яка потім переноситься на картон, що знаходиться в проміжку між валами. Товщина рідкої плівки визначається дозуючим стрижнем різного діаметра із нарізкою різного профілю [2].

Висновок. Встановлення плівкового клеїльного преса в процесі виробництва картону для плоских шарів гофрокартону дозволить поліпшити його споживчі властивості за одночасного підвищення його продуктивності.

#### **Перельк посилань:**

1. Примаков С. П. Технологія паперу і картону / С. П. Примаков, В. А. Барбаш. – К.: ЕКМО, 2008. – 396 с.

2. Вураско А. В. Технологія получения, обработки и переработки бумаги и картона: учеб. пособие / А. В. Вураско, А. Я. Агеев, М. А. Агеев. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. – 272 с.

**СЕКЦІЯ 4**

**«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА І ДЕТАЛІ МАШИН»**

**ВИЗНАЧЕННЯ ДОДАТКОВИХ РЕАКЦІЙ, ЩО ВИНИКАЮТЬ**

**У СТАТИЧНО ЗБАЛАНСОВАНОМУ ПЛОСКОМУ РОТОРІ**

студент Айтубаєв І.І., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

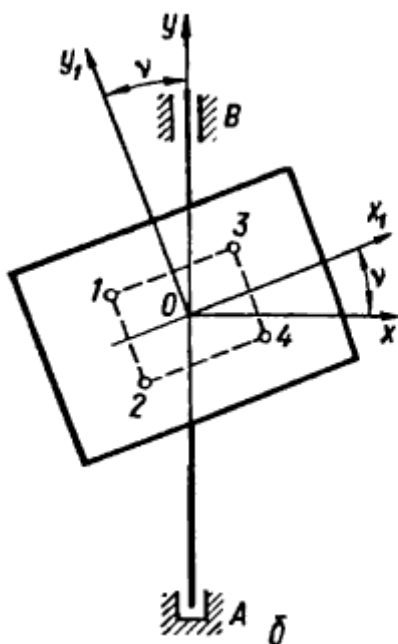


Рис. 1

Розглянемо питання про визначення додаткових реакцій, що виникають у статично збалансованому плоскому роторі, який зображено на рис.1. Вважатимемо що ротор статично збалансований, але посаджений на вал з перекосом  $v$ , ( $v \approx 1^\circ$ ).

Нехай швидкість обертання ротора  $\omega = 500 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ , його маса 1 кг, а радіус  $r = 0,1$  м,  $y_B = 0,2$  м,  $y_A = -0,2$  м.

Оскільки  $\varepsilon = 0$ ,  $x_C = 0$ ,  $z_C = 0$ ,  $I_{xy} = I_{yz} = 0$ , то  $Z_A = Z_B = 0$ ,  $Y_A = Y_B = -mg$ .

То з системи рівнянь, що визначають статичні і динамічні реакції маємо

$$X_A^D + X_B^D = 0, I_{xy}\omega^2 = -y_A X_A^D - y_B X_B^D.$$

Звідси отримуємо  $X_A^D = -X_B^D$ ,  $I_{xy}\omega^2 = -y_A X_A^D + y_B X_B^D = 2 \cdot 0,2 X_A^D$ ,  $X_A^D = \frac{I_{xy}\omega^2}{0,4}$ .

Обчислимо  $I_{xy}$  за формулою для обчислення моментів інерції в разі повороту осей на кут  $v$ .  $I_{xy} \approx (I_{x_1} - I_{y_1})v = \left(\frac{mr^2}{4} - \frac{mr^2}{2}\right)v = -\frac{mr^2}{4}v$ ,  $I_{xy} = -\frac{1\text{кг}\cdot 10^{-2}\text{ м}^2}{4} \cdot 2 \cdot 10^{-2} = -0,5 \cdot 10^{-4} \text{ кг}\cdot \text{ м}^2$ .

Тепер визначимо додаткову динамічну реакцію  $X_A^D$ :  $X_A^D = \frac{-0,5 \cdot 10^{-4}}{0,4} 25 \cdot 10^4 = -31,25 \text{ кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = -31,25 \text{ Н}$ .

Порівнюючи модуль  $X_A^D$  з вагою ротора (9.8Н) бачимо що, динамічний додаток реакції може значно перевищувати статичний.

## ФОРМИ ЗАПИСУ ОСНОВНИХ ТЕОРЕМ ДИНАМІКИ В РУХОМИХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

При розв'язанні багатьох задач навігації, приладобудування, руху об'єктів, динаміки машин, роботів-маніпуляторів тощо виникає потреба розглядати рух певних елементів пристроїв та об'єктів відносно рухомих систем координат, які можуть знаходитися і в обертальному, і в поступальному русі.

В таких випадках необхідно записувати основні теореми динаміки в поступально рухомих та обертальних системах координат.

Дослідимо форми запису основних теорем динаміки в нерухомій системі координат  $A\xi\eta\zeta$ , яка незмінно зв'язана з тілом  $Oxyz$ , і системі координат  $O\xi'\eta'\zeta'$ , яка рухається поступально із полюсом  $O$  так, що її осі залишаються паралельними осями нерухомої системи координат  $A\xi\eta\zeta$ . Розглянемо форми запису основних теорем динаміки в кожній з цих систем координат:

1. Умовно нерухома система координат  $A\xi\eta\zeta$ . Опираючись на теорему про зміну кількості руху системи матеріальних точок у диференціальній та інтегральній формах та теорему про зміну кінетичного моменту системи в диференціальній та інтегральній формах, вибираємо за центр моментів початок координат  $A$  і отримуємо:

$$\frac{d\bar{Q}}{dt} = m\bar{w}_C = \bar{F}^e; \quad \frac{d\bar{K}_A}{dt} = \bar{M}_A. \quad (1)$$

2. Поступально рухома система координат  $O\xi'\eta'\zeta'$ . Вибираємо за полюс точку  $O$  і, підставивши в (1) вираз  $\bar{K}_A = \bar{r}_0 \times \bar{Q} + \bar{K}_0$ , після

диференціювання, враховуючи, що  $\frac{d\bar{Q}}{dt} = \bar{F}^e$ , отримуємо:

$$\frac{d\bar{K}_O}{dt} + \bar{v}_O \times \bar{Q} + \bar{r}_O \times \bar{F}^e = \bar{M}_A. \quad (2)$$

Виходячи з того, що головний момент внутрішніх сил дорівнює нулю, знаходимо

$$\bar{M}_A = \sum_{i=1}^n \bar{r}_i \times \bar{F}_i^e = \sum_{i=1}^n (\bar{r}_O + \bar{\rho}_i) \times \bar{F}_i^e = \bar{r}_O \times \bar{F}^e + \bar{M}_O. \quad (3)$$

Підставимо (3) в (2) і отримаємо

$$\frac{d\bar{Q}}{dt} = m\bar{w}_C = \bar{F}^e; \quad \frac{d\bar{K}_O}{dt} + \bar{v}_O \times \bar{Q} = \bar{M}_O^e. \quad (4)$$

За одержаними результатами робимо висновок, що теорема про зміну головного вектора кількості руху системи однаково записується як в нерухомій, так і в поступально рухомій системі координат.

3. *Обертальна система координат  $Oxy$  або система координат, незмінно зв'язана з тілом.* У цьому випадку диференціюємо вектори  $\bar{Q}$  і  $\bar{K}_O$ . Застосовуючи формулу для локальної похідної, з формули (4) маємо:

$$\frac{d\bar{Q}}{dt} + \bar{\omega} \times \bar{Q} = \bar{F}^e, \quad \frac{d'\bar{K}_O}{dt} + \bar{\omega} \times \bar{K}_O + \bar{v}_O \times \bar{Q} = \bar{M}_O^e. \quad (5)$$

Роблячи певні математичні перетворення, можна вираз (5) надати у більш зручному вигляді:

$$\frac{d'\bar{K}_O^\omega}{dt} + \bar{\omega} \times \bar{K}_O^\omega = \bar{M}_O^e - m\bar{\rho}_C \times \bar{w}_O. \quad (6)$$

Або (при  $\rho_C = 0$ ):

$$\frac{d'\bar{K}_C^\omega}{dt} + \bar{\omega} \times \bar{K}_C^\omega = \bar{M}_C^e. \quad (7)$$

Для застосування наведених формул при складанні диференціальних рівнянь руху твердих тіл потрібно спочатку обчислити кількість руху і кінетичний момент тіл різної форми з урахуванням розподілу мас.



## ВИЗНАЧЕННЯ КОМПОНЕНТІВ МОМЕНТІВ ІНЕРЦІЇ РОТОРА В СИСТЕМІ КООРДИНАТ, ЗВ'ЯЗАНИЙ З ВАЛОМ ОБЕРТАННЯ РОТОРА

студ. Полякова В.І., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Дослідимо питання про визначення компонентів інерції ротора в системі координат, що зв'язана з валом обертання ротора гіроскопа радіусом  $R$ , у якого його центр мас  $C$  не збігається з віссю обертання  $O_x$  і зміщений відносно точки  $O$  в напрямі координат  $y$  і  $z$  на величини  $y_C$  та  $z_C$ . При цьому площина симетрії  $C_{y_1z_1}$  нахилена під кутом  $\alpha$  до осі обертання.

Введемо три системи координат: зв'язану з валом; зв'язану з ротором так, що її осі є головними центральними осями інерції; з полюсом у центрі мас, осі якої паралельні осям першої системи координат (рис. 1).

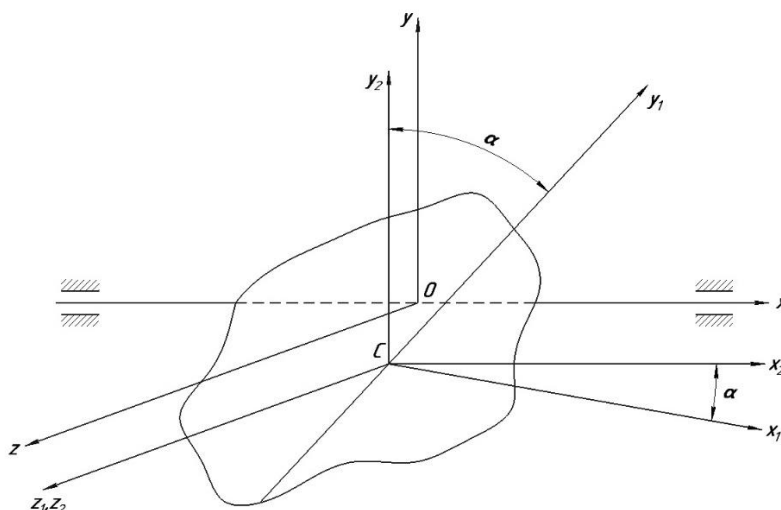


Рисунок 1 – Введені системи координат

Враховуючи, що ротор – це тонкий диск ( $h \ll R$ ) маємо:

$$I_{x_1} = \frac{mR^2}{2}, I_{y_1} = I_{z_1} = \frac{mR^2}{4}.$$

Далі будемо матрицю перетворення осей, враховуємо формули елементів тензора інерції твердих тіл і отримуємо значення. Враховуючи, що кут  $\alpha$  малий ( $\cos \alpha \approx 1$ ,  $\sin \alpha \approx \alpha$ ), матимемо наближено  $I_x, I_y, I_z$ , а також  $I_{xy}$  та  $I_{yz}$ .

$$I_x = m(y_C^2 + z_C^2) + \frac{mR^2}{2}, \quad I_y = mz_C^2 + \frac{mR^2}{4}, \quad I_z = my_C^2 + \frac{mR^2}{4},$$

$$I_{xy} = \frac{mR^2}{4} \alpha, \quad I_{yz} = my_C z_C, \quad I_{zx} = 0.$$

## ВИЗНАЧЕННЯ РЕАКЦІЇ ПІДШИПНИКІВ ПРИ ОБЕРТАННІ ТВЕРДОГО ТІЛА НАВКОЛО НЕРУХОМОЇ ОСІ

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

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

Дослідимо питання про визначення реакції підшипників при обертанні твердого тіла навколо нерухомої осі. Тверде тіло, що обертається навколо нерухомої осі, наприклад  $O_y$ , є прикладом невіЛЬНОГО твердого тіла, положення якого у просторі визначається кутом  $\varphi$  (рис 1, а).

Якщо нам треба визначити реакції в'язей у підшипниках А і В (рис 1, а), то, застосовуючи аксіому про звільнення від в'язей, замінимо їх реакціями  $\bar{R}_A$  і  $\bar{R}_B$ . Тепер тіло можна розглядати як вільне. Вважатимемо, що на тіло діють  $n$  активних сил, головний вектор і головний момент яких відносно центра  $O$  позначимо через  $F$  і  $\bar{M}_O$ . Введемо нерухому систему координат  $O\xi\eta\zeta$  і незмінно зв'язану з тілом систему  $Oxyz$  (рис 1, а). Взаємне положення осей задамо кутом  $\varphi$  і позначимо на осі проєкції реакцій  $\bar{R}_A$  і  $\bar{R}_B$ . Проєкції кутової швидкості тіла на нерухомі осі запишемо у вигляді:

$$\omega_x = 0, \omega_y = \omega = \frac{d\varphi}{dt}, \omega_z = 0.$$

Центр мас у рухомій системі координат має координати  $x_c, y_c, z_c$ . Поряд з активними силами і моментами треба врахувати реакції в'язей та їхні моменти. З урахуванням заданих параметрів дістанемо:

$$\begin{aligned} Q_x &= m\omega z_c, Q_y = 0, \\ Q_z &= -m\omega x_c, \\ K_x &= -I_{xy}\omega, K_y = I_y\omega, \\ K_z &= -I_{zy}\omega. \end{aligned} \tag{1}$$

Складемо вирази моменту реакції в'язі  $\bar{R}_A$  та  $\bar{R}_B$  відносно точки  $O$  у матричній формі.

Враховуючи ці вирази, з яких маємо проєкції моментів реакцій на осі  $Ox, Oy, Oz$ , а також те, що  $\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon$  і виконавши деякі математичні перетворення, отримаємо:

$$\begin{aligned}
 mz_c \varepsilon - m\omega^2 x_c &= F_x + X_A + X_B, \\
 0 &= F_y + Y_A + Y_B, \\
 -mx_c \varepsilon - m\omega^2 z_c &= F_y + Z_A + Z_B, \\
 -I_{xy} \varepsilon - I_{zy} \omega^2 &= M_x + y_A Z_A + y_B Z_B, \\
 I_y \varepsilon &= M_y, \\
 -I_{zy} \varepsilon + I_{xy} \omega^2 &= M_z - y_A X_A - y_B X_B.
 \end{aligned} \tag{2}$$

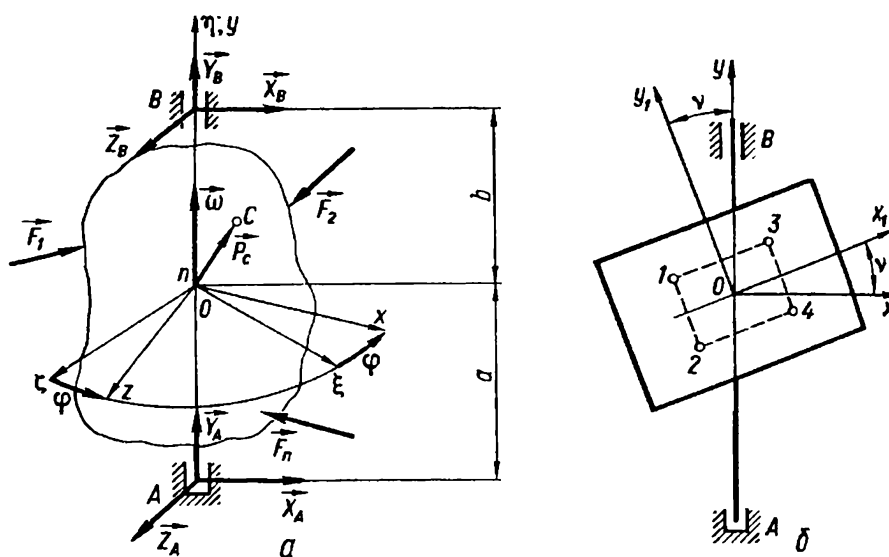


Рис. 1

В останніх виразах в правих частинах маємо всі невідомі реакції підшипників. Так як їх 6, то, розв'язуючи систему (2), що складатиметься з 6 рівнянь, їх можна визначити.

## ПРУЖНА ЗІРОЧКА

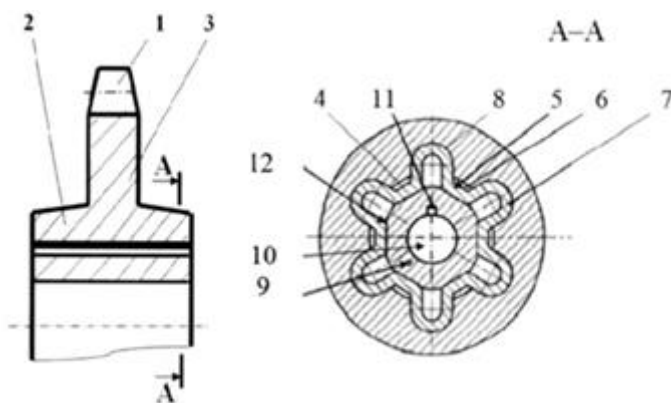
к.т.н., доц. Скуратовський А. К.<sup>1</sup>, к.т.н., доц. Радько О. В.<sup>2</sup>

1–Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

2–Національний авіаційний університет

Зірочки найчастіше розміщують на кінцях валів. Для зниження динамічної складової навантаження застосовують пружну зірочку, що містить вінець і маточину, які з'єднані заодно диском, а в отворі маточини встановлена тонкостінна втулка з поперечним перерізом у вигляді правильного шестикутника з порожнистими підковоподібними вершинами, які входять у виконані на



внутрішній поверхні отвору маточини ідентичні канавки. Зірочка при передаванні обертального моменту має підвищену демпфувальну здатність внаслідок деформації граней і порожнистих підковоподібних вершин

тонкостінної втулки шестиграним кінцем вала, який профільно з'єднаний з тонкостінною втулкою. Такі зірочки мають обмежене застосування, оскільки їх можливо розміщувати тільки на валах з шестиграними кінцями.

Для забезпечення можливості розміщення пружної зірочки на валах з циліндричними або конічними кінцями, які найбільш поширені, пропонується створена нами конструкція, що додатково містить проміжну втулку шестигранного перерізу з циліндричним або конічним отвором, яка закріплюється нерухомо на циліндричному або конічному кінці вала і профільно з'єднується з тонкостінною втулкою, деформуючи грані та порожнисті підковоподібні вершини тонкостінної втулки при передаванні обертального моменту.

### Перелік посилань:

1 Декл. Пат. Укр. №124149 оп. 25.03.2018, Бюл.№6

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ШКІВА

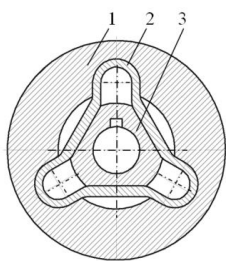
магістрант Шевченко Я. М., к.т.н., доц. Скуратовський А.К.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В приводах механізмів і машин широко застосовуються пасові передачі, які складаються з ведучого і веденого шківів та приводного паса замкнутої форми, що розміщується на шківах із деяким попереднім натягом. При передаванні обертового моменту зусилля від вала на пас або навпаки передається шківом. Динамічні навантаження, які виникають в приводах машин значною мірою залежать від демпфувальної здатності шківів.

Модернізована конструкція шківа містить обід і маточину, які з'єднані заодно диском або спицями, а в отворі маточини 1 встановлена тонкостінна втулка 2 з поперечним перерізом у вигляді рівностороннього трикутника з порожнистими підковоподібними вершинами, які входять у ідентичні канавки, виконані на внутрішній поверхні отвору маточини. В отворі тонкостінної втулки співвісно встановлена проміжна втулка 3 трикутного перерізу з циліндричним або конічним отвором, яка утворює з нею профільне з'єднання для передавання обертового моменту. Трикутні грані проміжної втулки можуть бути виконані також у вигляді лисок. Шків закріплюється на циліндричних або конічних кінцях валів, які найбільш поширені. Обертовий момент з вала на маточину передається через проміжну і тонкостінну втулки. Такий шків демпфує динамічні навантаження за рахунок деформації граней і порожнистих підковоподібних вершин тонкостінної втулки при їх розтисканні трикутними гранями проміжної втулки, яка профільно з'єднана з тонкостінною втулкою, що позитивно впливає на підвищення надійності і довговічності приводів машин.



### Перелік посилань:

1. Декл. Патент України № 125289 оп. 10.05.2018, Бюл. №9.

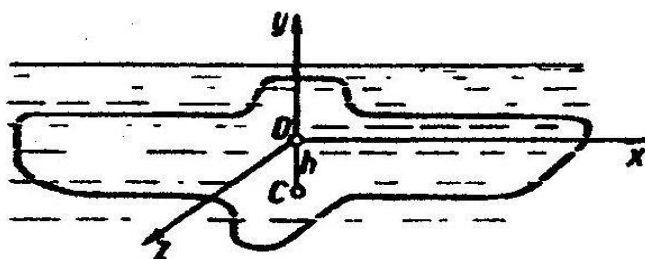
## ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, КІЛЬКОСТІ РУХУ ТА КІНЕТИЧНОГО МОМЕНТУ ПІДВОДНОГО ЧОВНА

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Знайдемо вирази для кінетичної енергії підводного човна і виразимо через неї кількість руху і момент кількості руху човна в проєкціях на осі  $Ox, Oy$ . Для цього розглянемо підводний човен масою  $m$ , який зображено у формі фізичного маятника, центр мас якого зміщений униз по вертикалі (осі  $Oy$ , рис.1) на



величину  $h$  ( $y = -h$ ), і який виконує плоский рух у площині  $Oxy$ .

Швидкість полюса  $\vec{v}_O$  має проєкції  $v_{Ox}$  і  $v_{Oy}$ , кутова швидкість обертання відносно осі  $Oz$ :  $\omega_x$ .

Момент інерції  $I_{Ox} = I_x$ .

Кінетичну енергію обчислюємо за формулою (для твердого тіла при плоскому русі):

$$T = \frac{1}{2} m v_O^2 + m \vec{v}_O \cdot (\vec{\omega} \times \vec{\rho}_C) + \frac{1}{2} I_z \omega_z^2 =$$

$$= \frac{1}{2} m (v_{Ox}^2 + v_{Oy}^2) + m \begin{vmatrix} v_{Ox} & v_{Oy} & 0 \\ 0 & 0 & \omega_z \\ x_C & y_C & 0 \end{vmatrix} + \frac{1}{2} I_z \omega_z^2$$

Ураховувавши, що  $x_C = 0$ , отримаємо:

$$T = \frac{1}{2} m (v_{Ox}^2 + v_{Oy}^2) + m v_{Ox} \omega_z h + \frac{1}{2} I_z \omega_z^2.$$

Використавши співвідношення для проєкцій кількості руху і кінетичного моменту через кінетичну енергію, отримаємо:

$$Q_x = \frac{\partial T}{\partial v_{Ox}} = m v_{Ox} + m \omega_z h; \quad Q_y = \frac{\partial T}{\partial v_{Oy}} = m v_{Oy}; \quad Q_z = \frac{\partial T}{\partial v_{Oz}} = 0.$$

$$K_{Ox} = \frac{\partial T}{\partial \omega_x} = 0; \quad K_{Oy} = \frac{\partial T}{\partial \omega_y} = 0; \quad K_{Oz} = \frac{\partial T}{\partial \omega_z} = I_z \omega_z + m v_{Ox} h.$$

СЕКЦІЯ 1

«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ  
І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

<b>КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СТРУМЕНЕВО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ В АВТОКОЛИВАЛЬНОМУ РЕЖИМІ</b>	
Денисенко В.Р., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С.	10
<b>ГРП ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ СТРУМЕННЕВО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ РЕЖИМУ ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ</b>	
Шевченко Я.М., Корнієнко Я.М., Гайдай С.С.	13
<b>ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ КРЕЙДОВИХ СУСПЕНЗІЙ</b>	
Бишко М.А., Семінський О.О.	16
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ РЕАКТОРА-ПОЛІМЕРИЗАТОРА ВИРОБНИЦТВА ПОЛІСТИРОЛУ</b>	
Борисенко А. С., Степанюк А. Р.	18
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БІОЕТАНОЛУ З РОЗРОБКОЮ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ТА ТЕПЛООБМІННИКА</b>	
Волошин І.Л., Степанюк А.Р.	20
<b>РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ ФІБРОБЕТОННОЇ СУМІШІ В УДОСКОНАЛЕНОМУ ВІБРОЕКСТРУДЕРІ</b>	
Гайдін Є.М., Андреев І.А.	22
<b>ПРОЦЕСИ ТЕПЛООБМІНУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ГРАНУЛЬОВАНИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ</b>	
Гоцький Я.Г., Степанюк А. Р.	24
<b>ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ РОЗПЛАВУ НА ЛИСТИ (ПЛИТИ) З СПІНЕНОГО ПОЛІСТИРОЛУ</b>	
Гребелюк І.В., Двойнос Я.Г.	26
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ ДІЛЬНИЦІ ФІЛЬТРУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ГЛІЦЕРИНУ</b>	
Гришин О.Ю., Двойнос Я.Г.	28
<b>ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ВИРОБНИЦТВА НІЗИНУ</b>	
Драгузя К.В., Зубрій О.Г.	30
<b>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ РІДКИХ МІЮЧИХ ЗАСОБІВ</b>	
Драгузя О.В., Зубрій О.Г.	32
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕАКТОРНОГО БЛОКУ КАТАЛІТИЧНОГО РИФОРМІНГУ</b>	
Іваненко М.С., , Степанюк А.Р.	34
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ КОКСОВИХ ГАЗІВ З РОЗРОБКОЮ РОЗДІЛЮЮЧОЇ КОЛОНИ ТА НАГРІВАЧА</b>	36
Ільєнко А.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р	

<b>ВПЛИВ КАВІТАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ В ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТАХ НА ВЛАСТИВОСТІ КІНЦЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ</b>	
Іваницький Г. К., Гоженко Л. П., Радченко Н. Л., Коник А.В.	38
<b>ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ КОМБІНОВАНИХ ВИКИДІВ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЯЦІЇ</b>	
Кичак Р. В., Степанюк А. Р.	40
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІМЕРНИХ ГРАНУЛ З РОЗРОБКОЮ ЕКСТРУДЕРА</b>	
Ковба А.М., Швед М.П.	42
<b>ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ ВОДИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕЛЕМЕНТИ МЕТАЛЕВИХ І БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ</b>	
Коник А.В., Целень Б.Я., Радченко Н.Л.	44
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ</b>	
Король А.Ю., Двойнос Я.Г.	46
<b>ОГЛЯД ВАРІАНТІВ ПРОМИСЛОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИХ СПОЛУК</b>	
Косенко В.В., Семінський О.О.	48
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ</b>	
Крестошина О.П., Двойнос Я.Г.	50
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ З РОЗРОБКОЮ ВИПАРНОГО АПАРАТА ТА АПАРАТА ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ</b>	
Кушнірук В. М., Гулієнко С. В.	52
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОПРІСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ</b>	
Лещенко О.А., Гулієнко С.В.	54
<b>АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА З РАПСОВОЇ ОЛІЇ</b>	
Метліна М.С., Зубрій О.Г.	56
<b>НОВА КОНСТРУКЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»</b>	
Мішуков С.Г., Пищик Б.І., Андреев І. .	58
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ГЛУТАМІНОВОЇ КИСЛОТИ</b>	
Новікова Ю.П., Зубрій О.Г.	60
<b>МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЛОВЛЮВАННЯ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК</b>	
Новодворський В.В., Степанюк А.Р.	62
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КОКСУ З РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ТА ЦЕНТРИФУГИ</b>	
Нурадінов І.А., Степанюк А.Р.	64
<b>УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛООБМІННИКА «ТРУБА В ТРУБІ»</b>	
Орел О.Ю., Андреев І.А.	66



<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА МАСТИЛА З РОЗРОБКОЮ ВІДПАРНОЇ КОЛОНИ ТА ДЕФЛЕГМАТОРА</b>	
Пінчук А.Є., Степанюк А.Р.	68
<b>СУШІННЯ ВТОРИННОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ</b>	
Подиман Г.С., Двойнос Я.Г.	70
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ ГІБРИДНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗНЕСОЛЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДЕСТИЛЯЦІЇ ТА ЗВОРОТНЬОГО ОСМОСУ</b>	
Процюк О.О., Гулієнко С.В.	72
<b>ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ ВТОРИННОГО ПОДРІБНЕНОГО ПОЛІЕТИЛЕНУ</b>	
Сацердотов А.О., Двойнос Я.Г.	74
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ З РОЗРОБКОЮ ЦЕНТРИФУГИ ТА ФЕРМЕНТЕРА</b>	
Тертус О.Г., Степанюк А.Р.	76
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ГЛЦЕРИНУ</b>	
Тищенко К. В., Двойнос Я.Г.	78
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МОРСЬКОЇ СОЛІ З РОЗРОБКОЮ ЦЕНТРИФУГИ ТА БАРАБАННОЇ СУШАРКИ</b>	
Ткачук М.В., Степанюк А.Р.	80
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ рН ВОДИ ПРИ ЇЇ ОБРОБЦІ НА ДОСЛІДНОМУ ЗРАЗКУ УСТАНОВКИ НЕЙТРАЛІЗАТОРА БЕЗРЕАГЕНТНОГО</b>	
Целень Б.Я., Коник А.В.	82
<b>ВПЛИВ СОНЯЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ТЕПЛО-ВОЛОГІСНИЙ СТАН ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ</b>	
Давиденко Б.В., Сороковий Р.Я.	84
<b>МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ СУШІННЯ І ТЕРМОДЕСТРУКЦІЇ БІОМАСИ</b>	
Сорокова Н.М., Корінчук Д.М.	86
<b>СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОВПАЧКОВИХ ТАРІЛОК МАСООБМІННИХ КОЛОН</b>	
Чайківський К.В., Андреев І.А.	88
<b>КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БАЗОВИХ КОМПОНЕНТІВ БЕНЗИНУ</b>	
Чеберда В.О., Степанюк А.Р.	90
<b>КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ФЕНОЛУ ІЗ СТИЧНИХ ВОД УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ ДИМОВИХ ГАЗІВ</b>	
Шиховцев Є.Р., Степанюк А.Р.	92

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КОНВЕКТИВНЕ ЗНЕВОДНЕННЯ  
ХУРМИ**

Шапар Р.О., Гусарова О.В 94

**СЕКЦІЯ 2  
«ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ»**

**ДВОСІТКОВА ФОРМУЮЧА ЧАСТИНА ПРМ**

Бобела С.О., Новохат О.А. 98

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ ПАПЕРОРОБНОЇ  
МАШИНИ**

Вишар А.С., Новохат О.А. 100

**ЛОЩИЛЬНИЙ ЦИЛІНДР ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ**

Гордієнко І.М. 102

**НАКАТ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ**

Гурін Д. В. 104

**НАКАТ ПАПЕРОРОБНОЇ МАШИНИ**

Гурін Д. В. 106

**СУЧАСНИЙ ТЕХНІЧНИЙ РІВЕНЬ ПАПЕРОРИЗАЛЬНИХ  
МАШИН**

Деркач О.Д. 108

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ КОНВЕКТИВНОГО  
СУШІННЯ СФЕРИЧНИХ ЧАСТИНОК ЦЕОЛІТУ**

Маргарян А.А., Марчевський В.М. 110

**МЕТОДИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ  
КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ**

Матохнюк М.Б., Новохат О.А. 112

**ЗНЕВОДНЕННЯ КАРТОННОГО ПОЛОТНА З  
ПОКРІВЕЛЬНИМ ШАРОМ**

Михалишина Т.С., Новохат О.А. 114

**СУЧАСНІ ТИПИ СІТКОВИХ ЧАСТИН ПАПЕРОРОБНИХ  
МАШИН**

Перепелиця Д. О., Новохат О. А. 116

**МОДЕРНІЗАЦІЯ КАЛАНДРА КРЕЙДУВАЛЬНОЇ МАШИНИ**

Пензев О.С., Марчевський В.М. 118

**ТЕХНОЛОГІЯ ПРОКЛЕЮВАННЯ КАРТОНУ**

Сюрвасєв С.В., Новохат О.А. 120

**ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ПРОЦЕС  
ПРЕСУВАННЯ**

Яновський Д.І., Новохат О.А. 122

**СЕКЦІЯ 5**

**«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»**

<b>ПОПЕРЕДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КАРТОНУ ТАРНОГО МАКУЛАТУРНОГО</b>	
Атаманчук А., Ковальчук А., Почечун Т., Галиш В.В.	125
<b>ОТРИМАННЯ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ СТЕБЕЛ СОЇ</b>	
Бондарчук Д.М., Дейкун І.М.	127
<b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ РІДКИХ МОТОРНИХ БІОПАЛИВ</b>	
Шматок О.І., Степанова О.Є.	129
<b>ВПЛИВ КАТАЛІЗАТОРІВ НА ПРОЦЕС ДЕЛІГНІФІКАЦІЇ СТЕБЕЛ КУКУРУДЗИ</b>	
Бруцький Д.О., Бурцев Є.П., Дейкун І.М.	131
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНИХ КУКУРУДЗЯНИХ КРОХМАЛЬНИХ КЛЕЇВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПАПЕРУ ДЛЯ ГОФРУВАННЯ</b>	
Букіна Я.І., Плосконос В.Г.	133
<b>ОТРИМАННЯ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ З СТЕБЕЛ МІСКАНТУСУ</b>	
Васильєва О. А., Зеленчук Т. В., Ященко О. В., Барбаш В.А.	135
<b>ВПЛИВ КАЛАНДРУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ПАПЕРУ</b>	
Веремієнко В. М., Шуткевич Ю.А., Черьопкіна Р.І.	137
<b>НОВІ ІДЕЇ ОТРИМАННЯ ГОФРОПАПЕРУ</b>	
Веремієнко В. М., Черьопкіна Р.І.	139
<b>ОТРИМАННЯ ФІЛЬТРУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ</b>	
Вовк Д.М., Мовчанюк О.М.	141
<b>ОЧИЩЕННЯ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ВОД РЕАГЕНТНИМИ МЕТОДАМИ</b>	
Возна І.П., Трус І.М., Іваненко О.І.	143
<b>ПАПІР ДЛЯ ГОФРУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОЇ СОЛОМ'ЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ</b>	
Зозуль Т.В., Трембус І.В.	145
<b>ОЦІНКА ПРИДАТНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ РОСЛИННИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ХІМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ</b>	
Коваленко А., Атаманчук А., Гондовська А., Галиш В.В.	147
<b>СВІЖА ВОДА В ПРОЦЕСАХ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПИ СКОРОЧЕННЯ НОРМ ЇЇ СПОЖИВАННЯ</b>	
Комісаренко Р.В., Котлярська Н.О., Якименко О.С., Плосконос В.Г.	149

<b>МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРОКСОМУРАШИНОГО ВАРІННЯ СТЕБЕЛ СОНЯШНИКУ</b>	
Лех О.П., Трембус І.В.	151
<b>ВПЛИВ ВИБІЛЕНОЇ ХІМІКО-ТЕРМОМЕХАНІЧНОЇ МАСИ НА ВБИРНУ ЗДАТНІСТЬ ПАПЕРУ</b>	
Мовчанюк О.М., Данильчук А.О., Гузій В.В.	153
<b>ВПЛИВ ВМІСТУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ЩОЛОКІВ НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ СОЛОМ'ЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ</b>	
Попадинець А.В., Соколовська Н.В., Трембус І.В.	155
<b>БЕЗХЛОРНЕ ВИБІЛЮВАННЯ ОРГАНСОЛЬВЕНТНОЇ СОЛОМ'ЯНОЇ ЦЕЛЮЛОЗИ</b>	
Риляков І.Л., Свінцицький О.В., Шевченко Д.В., Трембус І.В.	157
<b>RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF UTILIZATION OF SEDIMENTS OF REAGENT WASHING OF WATER</b>	
Romas D.K., Trus I.M.	159
<b>WATER PURIFICATION WITH NANOFILTRATION</b>	
Salashnyi T., Trus I., Gomelya M.	161
<b>ПРЕС З РОЗШИРЕНОЮ ЗОНОЮ ПРЕСУВАННЯ SINGLE NIPCOFLEX</b>	
Ткаченко О.В., Остапенко А.А.	163
<b>НОВА КОНЦЕПЦІЯ ПАРОКОНДЕНСАТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУШІННЯ КАРТОНУ</b>	
Тонніков А.В., Рудзей Ф.П., Цьоха В.М., Черьопкіна Р.І.	165
<b>МЕТОДИ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПРИРОДНИХ І СТІЧНИХ ВОД</b>	
Радовенчик Я.В., Трус І.М., Галиш В.В., Сіренко Л.В., Мігранова В.О.	167
<b>РЕКОНСТРУКЦІЯ ПРЕСОВОЇ ЧАСТИНИ КАРТОНОРІЗНОЇ МАШИНИ</b>	
В.М.Цьоха, Тонніков, Ф.П. Рудзей, А.В., Р.І. Черьопкіна	169
<b>ПОВЕРХНЕВЕ ПРОКЛЕЮВАННЯ КАРТОНУ</b>	
Денисенко А. М., Черьопкіна Р. І.	171

#### СЕКЦІЯ 4

##### «ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА І ДЕТАЛІ МАШИН»

<b>ВИЗНАЧЕННЯ ДОДАТКОВИХ РЕАКЦІЙ, ЩО ВИНИКАЮТЬ У СТАТИЧНО ЗБАЛАНСОВАНОМУ ПЛОСКОМУ РОТОРІ</b>	
Айтубаєв І.І., Штефан Н.І.	174
<b>ФОРМИ ЗАПИСУ ОСНОВНИХ ТЕОРЕМ ДИНАМІКИ В РУХОМИХ СИСТЕМАХ КООРДИНАТ</b>	
Ковальов Р.В., Штефан Н.І.	175
<b>ВИЗНАЧЕННЯ КОМПОНЕНТІВ МОМЕНТІВ ІНЕРЦІЇ РОТОРА В СИСТЕМІ КООРДИНАТ, ЗВ'ЯЗАНІЙ З ВАЛОМ ОБЕРТАННЯ РОТОРА</b>	
Полякова В.І., Штефан Н.І.	177

**ВИЗНАЧЕННЯ РЕАКЦІЇ ПІДШИПНИКІВ ПРИ ОБЕРТАННІ  
ТВЕРДОГО ТІЛА НАВКОЛО НЕРУХОМОЇ ОСІ**

Сацердотов О.О., Штефан Н. І. 178

**ПРУЖНА ЗІРОЧКА**

Скуратовський А. К., Радько О. В. 180

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ШКІВА**

Шевченко Я. М., Скуратовський А.К. 181

**ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, КІЛЬКОСТІ РУХУ ТА  
КІНЕТИЧНОГО МОМЕНТУ ПІДВОДНОГО ЧОВНА**

Хоменко М. В., Штефан Н. І. 182

## **Рішення**

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

На заключному пленарному засіданні конференції було прийнято наступне рішення:

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

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

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

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

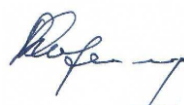
5. Видати збірник праць конференції.

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

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

8. Організатори конференції висловлюють вдячність всім учасникам конференції.

Завідувач кафедру машин та апаратів  
хімічних і нафтопереробних виробних  
виробництва



Я.М.Корнієнко

**Підписано до друку 21.11.2018 р. Формат 60х90 1/16.  
Папір офсетний. Умовн. др. арк. 7,9  
Друк різнограф. Тираж 200 прим. Зам. № 2111/02.**

---

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