



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

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

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

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОБЛАДНАННЯ”**

3 травня
Київ 2023

УДК 66

ББК 35.11я43

Р 43

Збірник тез доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (3 травня 2023 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КІІ ім. Ігоря Сікорського», 2023. – 219 с.

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ XXIV МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ СТУДЕНТІВ,
АСПІРАНТІВ І МОЛОДИХ ВЧЕНИХ**

"РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ"

Рекомендовано до друку
Вченою радою Інституту
технічної теплофізики
НАН України
Протокол № 6
від 26 квітня 2023 р.

Рекомендовано до друку
Кафедрою машин та апаратів
хімічних
і нафтопереробних виробництв
Протокол № 18
від 3 травня 2023 р.

Тези опубліковано за авторською редакцією.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Снежкін Ю. Ф.** академік, д.т.н., директор Інституту технічної теплофізики НАН України, голова програмного комітету конференції
- Корнієнко Я. М.** д.т.н., професор, зав. кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського, заступник голови програмного комітету конференції
- Киричок П.О.** д.т.н, проф., директор Видавничо-поліграфічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
- Ільєнко Б. К.** к.т.н., Вчений секретар Інституту Газу НАН України
- Сергієнко Р.В.** к.т.н., Вчений секретар Інституту Інституту технічної теплофізики НАН України
- Корінчук Д. М.** д.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України
- Коник А.В.** к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України
- Слободянюк К.С.** к.т.н., с.н.с., старший науковий співробітник відділу Тепломасопереносу в теплотехнологіях Інституту технічної теплофізики НАН України
- Ільєнко Б.К.** к.т.н., доц. провідний науковий співробітник Інституту Газу НАН України
- Собченко В.В.** к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник Інституту Газу НАН України
- Какубава Реваз (Івері) В.** д.т.н., професор Грузинського технічного університету

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Корнієнко Я. М.** д.т.н., професор кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського», голова організаційного комітету конференції
- Степанюк А. Р.** к.т.н., доцент, в.о. зав. 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

СЕКЦІЯ 1

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

УДК 66.11

СУШІННЯ БІШОФІТУ

К.т.н., професор Марчевський В.М. студент Квецко А.Л.

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

Анотація: розглянуто бішофіт як об'єкт сушіння, встановлено його термолабільність, схильність до комкування та гігроскопічність.

Ключові слова: БІШОФІТ, СУШІННЯ, КРИСТАЛИ, ШАР, ПСЕВДОЗРІДЖЕНИЙ .

Анотація: bischophyte as an object of drying was considered, its thermolability, tendency to coking and hygroscopicity were established.

Ключові слова: BISCHOFITE, DRYING, CRYSTAL, LAYER, PSEUDO-LIQUEFIED.

Кристали бішофіту білого кольору, містять поверхневу і хімічно зв'язану воду. За температури вищої 180°C бішофіт розпадається на Mg і HCl. Іони хлору викликають інтенсивну корозію чорних металів, особливо металоконструкцій. Кристали бішофіту мають округлу форму і легко утворюють псевдозріджений шар[1]. Але центрифуги радянського зразка не забезпечують стабільну вологість відфугованого бішофіту. Десь протікає розчин, він накопичується в барабані центрифуги, надмірно зволожує кристали, створюються комки, які транспортером подаються в сушарку. Потрапивши в псевдозріджений шар, комки розбиваються на менші шматочки, які перетворюються в окатиші[2]. Висушений бішофіт разом з окатишами подається стрічковим транспортером в бункер, звідки фасується в герметичні біг-беги, місткістю три тони. За фасування шнековим дозатором

окатиші руйнуються до окремих кристалів. Утворення окатишів і руйнування кристалів бішофіту унеможливають застосування пневмотранспорту. Проблему утворення окатишів необхідно вирішувати в центрифугі і в сушарці. Наступною проблемою є викиди тонкодисперсного бішофітного пилу. Разом з відпрацьованим теплом в навколишнє середовище викидається біля 0.5% маси висушеного бішофіту. В зоні осідання бішофітного пилу буде інтенсивна корозія металоконструкцій, усихання дерев.

Аналіз методів очищення показує, що в зв'язку з інтенсивною адсорбцією води бішофітом, неможна використати електрофільтри і рукавні фільтри. Але, очевидно, можна використати очищення відпрацьованого теплоносія, краплями води. Вода розпилюється, створюючи поверхню контакту більшу поверхні частинок бішофіту. Частинки бішофіту, контактуючи з поверхнею крапель води, утримуються силами поверхневого натягу води і розчиняються. Утворений розчин направляється на випарювання, а в систему циркуляції добавляється вода в необхідній кількості для підтримання постійної концентрації розчину бішофіту.

Висновки: в процесі проектування необхідно вирішити дві проблеми: усунути комкування і забезпечити очищення відпрацьованого теплоносія, сушарки.

Перелік посилань:

1. Бішофіт // Мінералого-петрографічний словник / Укл. : Білецький В. С., Суярко В. Г., Іщенко Л. В. — Х. : НТУ «ХП», 2018. — Т. 1. Мінералогічний словник. — 444 с.

Марчевський В.М. Аеродинаміка вихрових потоків сушильного агента в сушильній камері / В.М.Марчевський, Я.В.Гробовенко // Вісник Житомирського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. – 2018.-№1 (81). – С.38-42.

УДК 661.1

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТУ (РПА) ТА
ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ В РІЗНИХ ГАЛУЗЯХ**

асистент Косенко В.В.; асистент Бишко М.А.

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

Основним завданням перемішування є розподіл та змішування різноманітних компонентів. Цей процес використовується в багатьох галузях, включаючи харчову, фармацевтичну та хімічну промисловість [1]. Для досягнення якості продукції важливим є використання ефективних перемішувачів. Один з таких пристроїв - роторно пульсаційний апарат (РПА).

РПА забезпечують інтенсивне перемішування та змішування різних матеріалів, включаючи тверді та рідкі компоненти [2]. Вони складаються з ротора, що знаходиться в циліндричному статорі, та генерують пульсуючі потоки в суміші, яка проходить через пристрій [3]. Цей процес дозволяє досягти швидкого та ефективного змішування компонентів, а також покращити якість кінцевого продукту [4].

РПА застосовуються в багатьох галузях, наприклад - для виготовлення майонезу, соусів, пасти, а також для змішування твердих матеріалів в рідинах, таких як епоксидна смола [5, 6]. Дослідження показують, що використання РПА забезпечує більшу стійкість емульсії та збереження смакових властивостей кінцевого продукту [7]. Крім того, вони дозволяють зменшити розмір частинок в емульсії, що покращує її якість [8].

Однак, РПА мають деякі недоліки. Вони можуть бути менш ефективними у змішуванні матеріалів з високою в'язкістю або з невеликим вмістом повітря [9]. Крім того, РПА можуть бути менш ефективними для

перемішування матеріалів з високим вмістом твердих частинок, оскільки ці частинки можуть ущільнюватись [10].

Незважаючи на ці обмеження, РПА продовжують бути ефективними та часто використовуються в промисловості. Більше того, наукові дослідження демонструють, що РПА є більш ефективними, ніж інші перемішувачі пристрої. У дослідженні, проведеному Казуо Коморі та його колегами, було показано, що РПА забезпечує більш ефективне змішування твердих матеріалів в рідинах порівняно з використанням інших пристроїв [11]. Крім того, дослідження, проведене Вінсентом Р. Сінгхом та його колегами, показало, що РПА є більш ефективним у змішуванні компонентів, які мають різну в'язкість [12].

Отже, роторно пульсаційні апарати є ефективним обладнанням для перемішування та змішування матеріалів в багатьох галузях промисловості. Вони забезпечують ефективніше змішування твердих матеріалів в рідинах та зменшення розміру частинок в емульсіях, що покращує якість кінцевого продукту. Хоча РПА мають свої обмеження, вони все ще залишаються ефективними перемішувальними пристроями, які забезпечують високу якість та стійкість продукту.

Бібліографія:

1. Sharma, A. K., & Tripathi, D. (2017). A review on rotatory mixing technology. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 11(3), 2928-2939.
2. Fischer, T., & Müller, R. (2009). Hydrodynamic cavitation reactors for process intensification in the chemical industry. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 48(4), 774-781.
3. Grover, P., & Singh, V. K. (2017). Ultrasonic and rotor-stator mixing for the production of nanoemulsions and emulsions. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 29, 1-8.

4. Kim, S. Y., & Yoon, S. H. (2007). Dispersion of powders in liquids with rotor-stator mixers: effect of rotor-stator geometry. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 40(12), 1146-1153.
5. Obradovic, B., Strbac, N., & Stankovic, M. (2005). Optimization of rotor-stator mixer for the emulsion polymerization of vinyl acetate. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 44(10), 1195-1201.
6. Shafiee, A., Babaluo, A. A., & Hajiaghababaei, L. (2012). Comparison of efficiency of various mixing devices in gas-liquid mass transfer: a review. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 51, 20-35.
7. Tatarchuk, T., Shevchuk, O., & Gruzevych, I. (2020). Analysis of the design and operating principle of rotor-stator-type devices. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3(6 (105)), 9-20.
8. Maa, Y. F., & Hsu, C. C. (1996). Liquid mixing in agitated vessels: shear-thinning effects. *AIChE Journal*, 42(4), 1057-1066.
9. Orhan, M. F., & Tüzün, U. (2016). Experimental and computational investigation of solid blockage in rotor-stator mixers. *Chemical Engineering Science*, 152, 335-345.
10. Komori, K., Itabashi, T., Hasegawa, T., & Shimizu, M. (2012). Mixing performance of rotor-stator type devices for solids and liquids. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 45(7), 524-530.
11. Singh, V. R., Gao, Y., Amanullah, M., & Ramkrishna, D. (2010). Mixers for efficient mixing in multiphase and reactive systems. *AIChE Journal*, 56(12), 3087-3109.

**INVESTIGATION OF THE PRODUCTION PROCESS OF
POLYMER PIPES USING A GEAR PUMP**

student Koliadenko V. V., Ph.D., associate professor Shved M.P., Ph. D.,
engineer Shved D. M.

**National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

***Abstract:** The variant of manufacture of pipes with the help of a cascade plant for processing of polymer materials in order to improve the indicators of resource and energy intensity of finished products is considered. A comparative analysis of the developed installation with modern extrusion equipment was performed*

***Keywords:** PERFORMANCE; TOOTH THICKNESS; TOOTH GEOMETRY; GEAR PUMP.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІМЕРНИХ ТРУБ З
ВИКОРИСТАННЯМ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСУ**

студент Коляденко В. В., доц. ,к.т.н. Швед М. П., інженер Швед Д. М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

***Анотація:** Розглянуто варіант виготовлення труб за допомогою каскадної установки для переробки полімерних матеріалів з метою покращення показників ресурсо-енергоємності готової продукції. Виконано порівняльний аналіз розробленої установки з сучасним екструзійним обладнанням.*

***Ключові слова:** ПРОДУКТИВНІСТЬ; ЕКСТРУЗІЯ; КАСКАДНА СХЕМА ЕКСТРУЗІЇ; ДИСКОВИЙ ЕКСТРУДЕР; ШЕСТЕРЕННИЙ НАСОС*

Polymer pipes have become very popular in the modern world due to their multilayer designs and properties that allow them to withstand high pressures and temperatures, are not corrosive and do not interact with many chemicals. These pipes have found application in various industries, such as water supply, sewerage, oil and gas industry, as well as in construction and other areas. Pipes are one of the most common products obtained from thermoplastic polymers by extrusion. Since the beginning of the third millennium, the production of polymer pipes has been growing significantly both in Ukraine and abroad. At the same time, the process of their production remains quite resource-intensive and energy-intensive.

The extrusion method is one of the most popular methods of making polymer pipes. This process involves melting the raw material into a plastic mass, which then passes through an extruder and is melted as a pipe with a given shape and size.

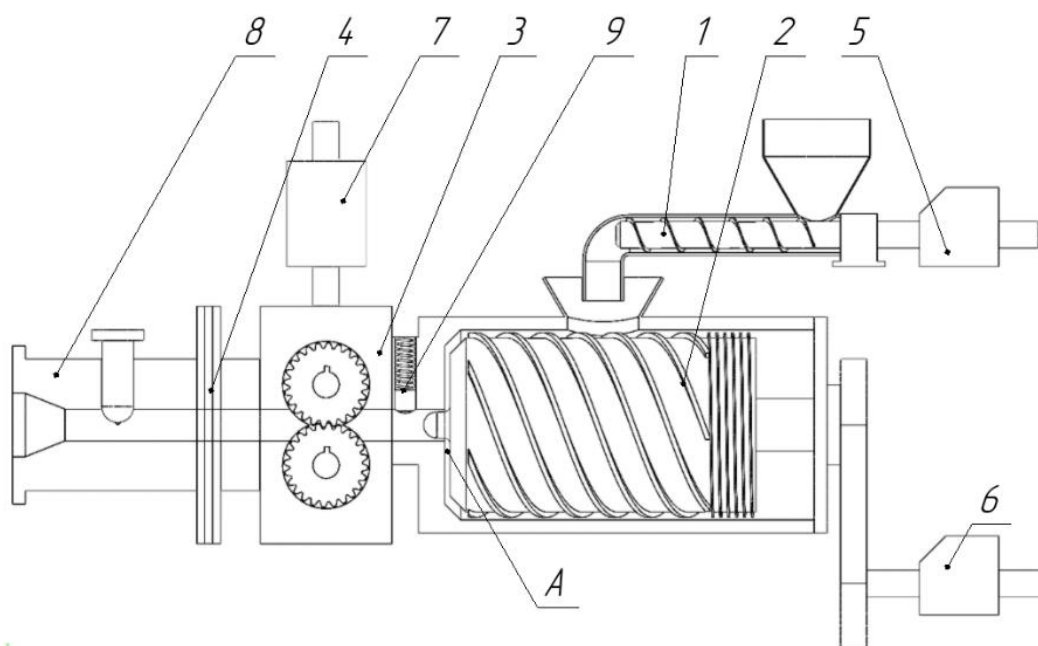
An analysis of the extrusion equipment market indicates the growing popularity of cascade extrusion schemes that include a high-speed double-stranded extruder in the first stage and a single-stranded extruder in the second stage. The first extruder is used to provide a quality melt, and the second - for the final bringing of the melt and its dosage to the forming tool [1, 2].

Melting and homogenization processes occur at high shear rates and low pressures in the first extruder, which allows for high melt quality.

However, high-quality melt in its composition can be prepared not only by a double-stranded extruder rotating at increased speeds, but also with the help of a structurally simpler disk extruder and gear pump.

At the Department of Machinery and Apparatus of Chemical and Oil Refining Industries of NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" a disk-gear cascade installation was developed (Fig. 1) [3]. The material to be processed is dosed from the hopper into the loading neck of the disc extruder 2 by means of a screw dispenser 1, where it is gripped by a multi-turn screw cutting of the disc.

Under the influence of significant shear forces, the material is heated, melted and mixed in the working disk gaps A. homogeneous in its composition, the melt is dosed with a gear pump 3 and acquires the necessary shape passing through the process head 8. This arrangement allows flexible control of the extrusion process by varying the magnitude of the disc gap and the rotational speed of the working member, while maintaining the steady productivity of the line controlled by the auger.



1-screw dispenser; 2-disk extruder; 3-gear pump; 4-filter; 5,6,7-drives of rotating elements of cascade extruder; 8 - process head; 9-compensator.

Figure 1 - Cascade Disk Gear Extruder Diagram

In common single-core extruders, fluctuations in pressure pulsation and productivity are 5-8%. The high internal hydraulic resistance of the gear pump provides a much more accurate dosing of the melt and smoothes the pressure and output pulsations of the extruder to 1% (fig. 2).

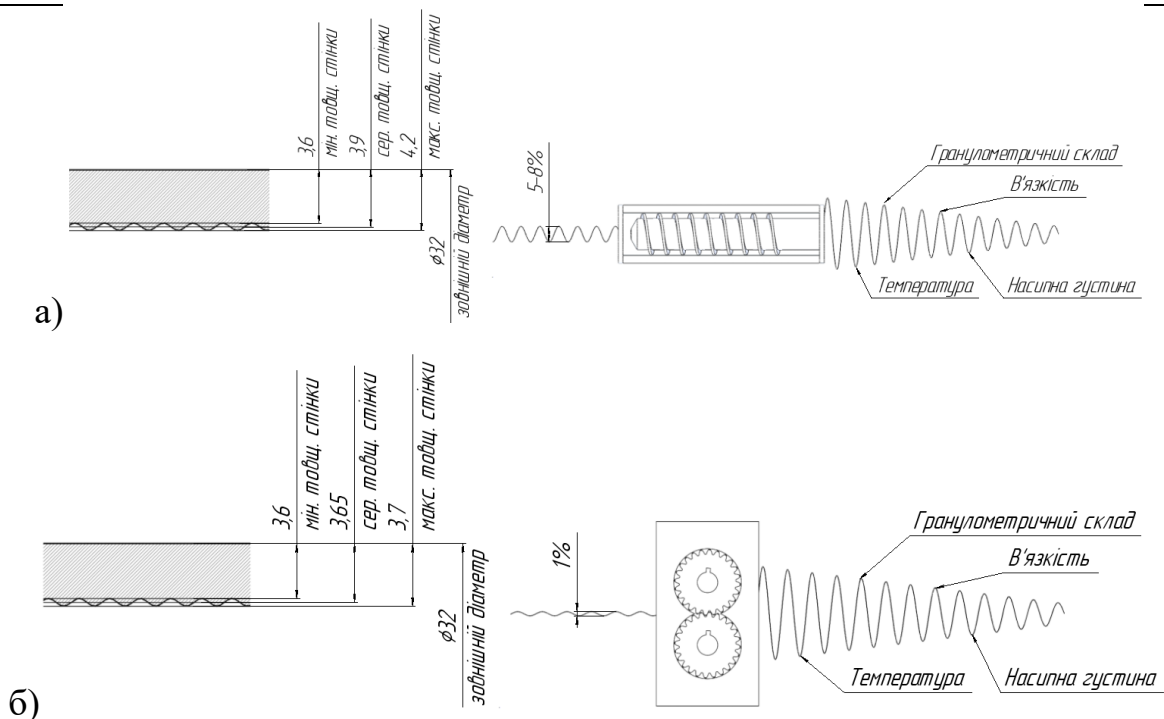


Figure 2 – Fluctuations in the average wall thickness of a pipe with a diameter of 32×3.6 depending on the metering device:

a – single-screw extruder; b - gear pump

References:

1. *Soft/ Rigid PVC Compounding Granules Making Machine* (б. д.). Nanjing Haisi Extrusion Equipment Co. <https://www.haisiextrusion.com/Soft-Rigid-PVC-Compounding-Granules-Making-Machine-pd6327554.html>.
2. *SHJS 75/180 Two-stage Compounding Extrusion Line* (б. д.). Nanjing Yongteng Chemical Equipment Co. <http://yongtenggroup.com/content/?141.html#:~:text=Nanjing%20Yongteng%20Chemical%20Equipment%20Co.%2C%20Ltd>
3. Shved D.M. (2017). *Protses ekstruzii polimeriv na kaskadnomu dyskovo-shesterennomu ekstruderi* [Polymer extrusion process on a cascade disc gear extruder] [Dys. kandydata tekhn. nauk, "Kyivskyi politekhnichnyi instytut imeni Ihoria Sikorskoho"]. ELAKPI. https://ela.kpi.ua/jspui/bitstream/123456789/19317/1/Shved_diss.pdf

UDK 66.047.75

ANALYSIS OF EXISTING ZEOLITE DRYING METHODS

PhD student Kushniruk V.M., assistant professor Novokhat O. A.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract: An analysis of zeolite drying methods was carried out. The most common drying methods were considered, because the general scientific problem is to find the most effective method of intensification of the zeolite drying process.

KEY WORDS: ZEOLITE, INFRARED RADIATION, RADIATION-CONVECTIVE DRYING, DRUM DRYER.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ СУШІННЯ ЦЕОЛІТУ

аспірант Кушнірук В. М., доцент Новохат О. А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Проведено аналіз способів сушіння цеоліту. Було розглянуто найбільш поширені методи сушіння, тому що загальною науковою проблемою є знаходження найбільш ефективного методу інтенсифікації процесу сушіння цеоліту.

Ключові слова: ЦЕОЛІТ, ІНФРАЧЕРВОНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, РАДІАЦІЙНО-КОНВЕКТИВНЕ СУШІННЯ, БАРАБАННА СУШАРКА.

Drying is the most energy-intensive technological process, so special attention should be paid to drying technology and its indicators. Special attention is paid to the efficiency and intensity of the drying process. In modern conditions on the market, the quality of the final product depends on the correctly selected drying process.

Today, zeolite is widely used in various industries, so for it to acquire high-quality consumer properties, it is necessary to establish the most appropriate method of drying zeolite depending on the purpose.

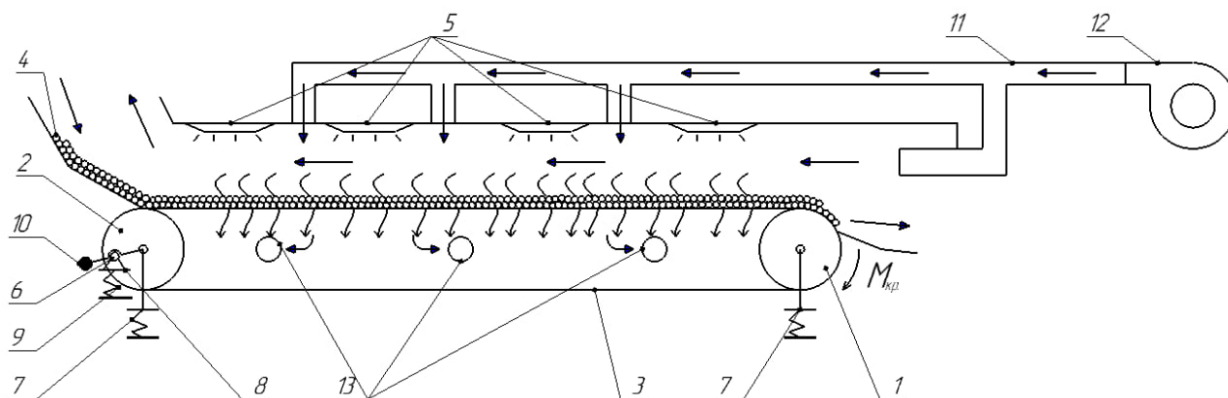
When drying zeolite, the following devices are most often used: drum dryers, pneumatic dryers, fluidized bed dryers, belt dryers, filtration drying. Many factors influence the choice of typical designs of drying plants, namely: material property, technological mode of drying, parameters and type of drying agent, method of heat supply, type of heat carrier, complexity of the plant and its maintenance conditions, etc. [1].

The most common method of drying zeolite is the use of a drum drying unit, which is described in the article [2]. These devices have a continuous effect, so it is usually very profitable to use them in mass production. They allow drying large volumes of material, have high efficiency and low energy consumption. The disadvantage of this construction is the partial abrasion of zeolite into dust, which entails the loss of material with garbage.

The article [3] describes the following common method of drying zeolite in a fluidized bed. With this method, you can dry zeolite in different humidity and grain shape. This fluidized bed design has a number of advantages and disadvantages during zeolite drying. The advantages of drying in a fluidized bed are the high intensity of material drying, because it has intensive movement and low hydraulic resistance, so the temperature of the fluidized bed is almost the same throughout the volume, and the time the material stays in the device can also be adjusted. The disadvantage is the significant consumption of electricity to create the gas pressure to ensure the boiling of the bed, and there is also dusting of material particles in the fluidized bed.

Belt dryers are used to prevent zeolite from being rubbed into dust [4]. Infrared emitters are the main source of heat for the dryer. Belt dryers have a continuous effect and are used for bulk materials, widely used in the agricultural

and food industry. When drying with infrared rays, the amount of heat enters the material in the form of radiant energy. However, such structures carry heat losses and have a low driving force for mass transfer. To prevent this and intensify the drying process, you need to add a convective component. The modernized installation of the zeolite drying process is presented in Figure 1.



- 1 - the leading roller; 2 - support roller; 3 - conveyor belt;
4 - zeolite; 5 - infrared emitters; 6 - eccentric shaft;
7 - support unit of the vibrator; 8 - platform, 9 - elastic element,
10 - counterweights, 11 - air duct, 12 - air blast, 13 - ventilation shaft.

Figure 1 - Modernized installation of zeolite drying process

Therefore, this design allows for better removal of moisture from the inner layers of zeolite, reduces abrasion of particles into dust and reduces heat loss.

References:

1. Sazhyn B. S. Scientific basis of drying technology/ B. S. Sazhyn, V. B. Sazhyn. - M.: Nauka. - 1997. - 448 p.
2. Tadeusz Kudra, Arun S. Mujumdar (2009). Advanced Drying Technologies. CRC Press.
3. Mikulionok, I. O. (2020). Classification of Convective Drum Dryers (Survey of Patents). Chemical and Petroleum Engineering.

4. Palamarchuk I.P., Bandura V.M., Palamarchuk V.I. (2014). Vibrating conveyor dryer with infrared emitters (Ukrainian patent No. 87767). State Service of Intellectual Property of Ukraine.

УДК 532.584:537.84

**ВИЗНАЧЕННЯ ДОЛІ ДИСПЕРСНИХ ВКЛЮЧЕНЬ, ЗДАТНИХ
ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЛЬТРУВАННЯМ КРІЗЬ
ПОЛЯРИЗОВАНУ НАСАДКУ**

к.т.н. Дахненко В.Л.¹, к.т.н. Гусарова О. В.²

¹ Інститут технічної теплофізики Національної Академії Наук України

² Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

***АНОТАЦІЯ.** Розглянуто задачу визначення долі частинок, здатних до електричної взаємодії між поляризованою діелектричною насадкою при електрофільтраційному способі їх вилучення.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПОЛЯРИЗАЦІЯ, СЕГНЕТОКЕРАМІЧНА НАСАДКА, ЕЛЕКТРИЧНА ІНДУКЦІЯ, КОЕФІЦІЄНТ ПОГЛИНАННЯ.*

**DETERMINATION OF THE FATE OF DISPERSED INCLUSIONS
CAPABLE OF THEIR EXTRACTION BY ELECTROFILTERING
THROUGH A POLARIZED NOZZLE**

Ph.D. Dakhnenko V.¹, Ph.D. Husarova O.²

¹ Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

² National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

***ABSTRACT.** The task of determining the fate of particles capable of electrical interaction between a polarized dielectric nozzle with the electrofiltration method of their extraction is considered.*

***KEYWORDS:** POLARIZATION, FERROTOCERAMIC NOZZLE, ELECTRIC INDUCTION, ABSORPTION COEFFICIENT.*

Актуальною проблемою є вилучення дисперсних включень із рідких та газових середовищ, наявність яких приводить до зниження основних експлуатаційних характеристик обладнання. Здатність аерозолу набувати власного поверхневого електростатичного заряду [1, 2] дозволили запропонувати використання електрофільтраційного методу їх вилучення в неоднорідному електричному полі, що створюється поляризованою сегнетоелектричною насадкою, котра характеризується високими значеннями діелектричної проникливості (λ), а також нелінійним характером залежності індукції D від зовнішнього електричного поля E . Спостерігається гістерезис при поляризації сегнетоелектриків [3], що аналогічно поведінці феромагнітних матеріалів у магнітному полі. Для використання методу необхідно визначити частку дисперсних включень, котрі можуть бути вилучені шляхом електрофільтраційного очищення.

Визначення ефективності ψ вилучення дисперсних включень із діелектричної рідини уздовж довжини L поляризованого сегнетокерамічної насадки (рис.1) показали, що осадження дисперсних часток має експоненційний характер (рис.2).

$$\xi = -\ln(1 - \psi/\lambda) = \alpha L, \quad (1)$$

де ξ – логарифмічний показник очищення, λ – частка дисперсних включень, схильних до електричної взаємодії (спочатку приймалося $\lambda=1$), α – коефіцієнт поглинання.

Тому залежність електрофільтраційного очищення має вигляд:

$$\psi/\lambda = 1 - \exp(-\alpha L). \quad (2)$$

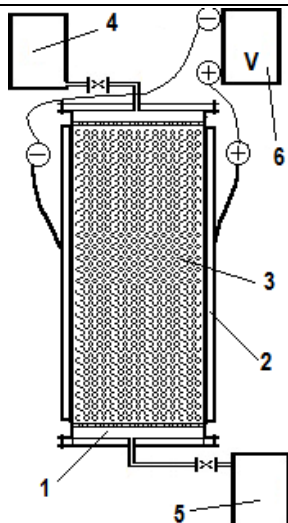


Рисунок 1. Схема установки електрофільтраційного очищення.

1 – корпус; 2 – електроди; 3 – гранульована насадка (BaTiO_3); 4, 5 – ємності подачі і збору сереловища, відповідно, 6- блок живлення

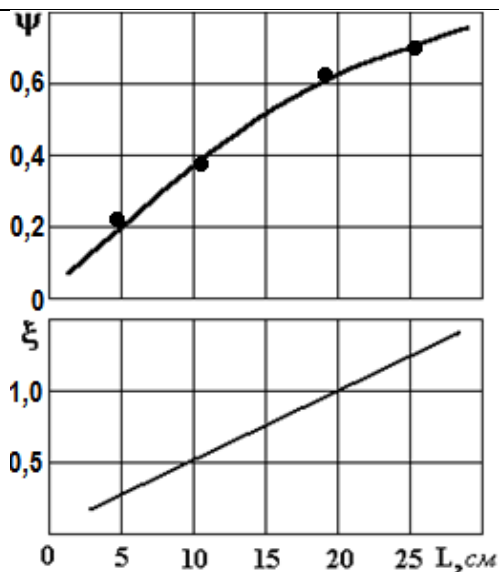


Рисунок 2. Залежність ефективності й логарифмічного показника електрофільтраційного очищення від довжини фільтр-матриці

Коефіцієнт поглинання α з точністю до індивідуального (для кожного середовища) коефіцієнта α_o , крім довжини фільтрування ще залежить від таких параметрів, як швидкість v фільтрування, середня електрична індукція D насадки.

Проведені дослідження $\psi \sim v$; $\psi \sim D$; (рис.3-4), а також вплив в'язкості потоку η ; $\alpha_\eta \sim \eta$ і середній розмір гранул: $\alpha_d \sim d$, до індивідуального коефіцієнта α_o , відкриваючи α ($\alpha = \alpha_o \cdot \alpha_L \cdot \alpha_v \cdot \alpha_D \cdot \alpha_\eta \cdot \alpha_d$) отримаємо:

$$\alpha = \alpha_o \cdot \left(\frac{DL}{\eta v d^2} \right) \quad (3)$$

Загальна залежність осадження частинок дисперсної фази у поляризованій сегнеоелектричній насадці описується експонентним законом, саме ж рівняння електрофільтраційного очищення має вигляд:

$$\frac{\psi}{\lambda} = 1 - \exp\left(\alpha_0 \cdot \frac{DL}{\eta v d^2}\right) \quad (4)$$

Для використання електрофільтраційного методу очищення принципове значення має частка електросприйнятливих дисперсних включень λ . Таке узагальнене формулювання можливе у зв'язку із досить складною і різноманітною природою силової взаємодії між дисперсними включеннями і сорбційною насадкою. Сегнетоелектрична насадка створює в поровому просторі неоднорідне електричне поле.

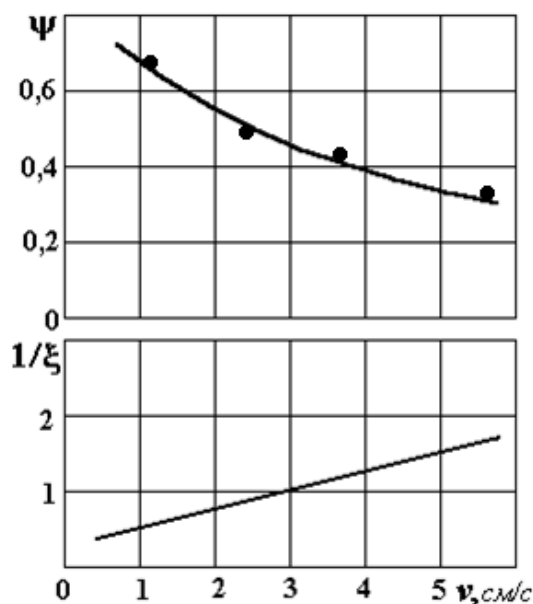


Рисунок 3. Залежність ефективності й логарифмічного показника електрофільтраційного очищення від швидкості фільтрування

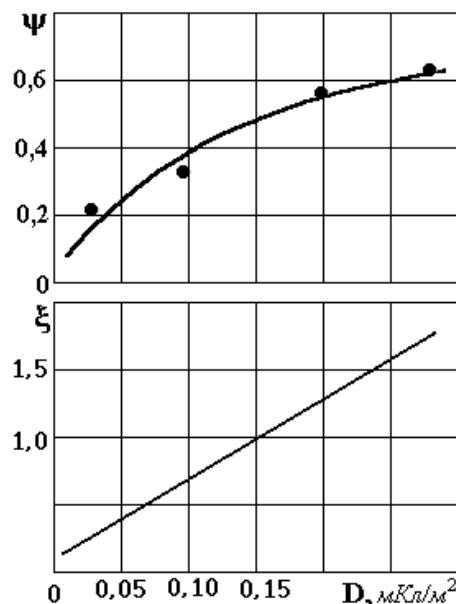


Рисунок 4. Залежність ефективності й логарифмічного показника електрофільтраційного очищення від середньої індукції фільтр-матриці

Природа властивостей частинок, на яких впливає зовнішнє електричне поле складна і залежить від природи дисперсної фази та дисперсного середовища, їх взаємодії та технологічних параметрів їх взаємодії. Саме тому частка електросприйнятливих дисперсних включень використовується у

якості узагальненого параметра, що характеризує потенційно можливе використання методу очищення, а не як характеристика природи взаємодії елементів із використанням електричного поля.

Для визначення λ можна використати основні закономірності електрофільтраційного очищення (4). Для цього слід провести експерименти із використанням відповідного середовища на модельній електрофільтраційній установці (рис.1), наприклад, з використанням насадки різної довжини L_1, L_2 і одержання даних ψ_1, ψ_2 стає можливим записати систему двох рівнянь типу (4) або рівність:

$$1 - \frac{\psi_1}{\lambda} = \left(1 - \frac{\psi_2}{\lambda}\right)^f, \quad (5)$$

для якого розв'язок у явному виді відносно λ існує при показнику ступеня $f=2$ і $f=3$ (тобто $L_2=2 \cdot L_1$ і $L_2=3 \cdot L_1$) і описуються залежностями двох параметричних точок:

$$\lambda = \frac{\psi_1}{2 - \psi_2/\psi_1} \quad (6)$$

$$\lambda = \psi_1 \frac{3 + \sqrt{4(\psi_2/\psi_1) - 3}}{2 - \psi_2/\psi_1} \quad (7)$$

Залежності (6,7) слід використовувати для середовищ, в яких дисперсність частинок коливається в межах одного порядку, для більш широкого спектру дисперсності слід використовувати формули для визначення λ . Для цього необхідно експериментально визначити дані ψ_1, ψ_2 і ψ_3 для трьох значень довжин L_1, L_2 і L_3 , записавши систему із трьох рівнянь типу (4), привівши їх до рівності:

$$\left(\frac{1 - \psi_1/\lambda}{1 - \psi_2/\lambda}\right)^f = \left(\frac{1 - \psi_2/\lambda}{1 - \psi_3/\lambda}\right) \quad (8)$$

Залежність (8) для визначення λ має явний вигляд лише при $f=1$, коли $f=(L_3-L_2)/(L_2-L_1)=1$ або $L_3-L_2=L_2-L_1$ (тобто L_1 , L_2 і L_3 зв'язані між собою арифметичною прогресією) або $L_3=2L_2-L_1$.

$$\lambda = \frac{\psi_2^2 - \psi_1 \cdot \psi_3}{2\psi_2 - \psi_1 - \psi_3} \quad (9)$$

Залежність трьох параметричних точок. Згідно вказаних пропорцій, вибираючи, наприклад, $L_1=0,3$ м і $L_2=0,5$ м, необхідно обов'язково встановлювати $L_3=0,7$ м.

Список літератури:

1. Дацко Т. Я., Зеленцов В. И. Зависимость поверхностного заряда и адсорбции фтора γ -окисью алюминия от температуры раствора // Электронная обработка материалов. 2009. № 5. с. 65-73.
2. Ardizzone S., Bianchi C. L. Electrochemical features of zirconia polymorphs, the interplay between structure and surface OH species // J. Electroanal. Chem. 1999. Vol. 465. P. 136–141.
3. Смоленский Г.А. и др. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики. – Л.: Наука, 1971. – 476 с.
4. Сандуляк А.В., Дахненко В.Л. Использование сегнетоэлектрических насадок для очистки от высокодисперсных примесей. - Химическая технология, № 4, 1986, с.38-44.
5. Ребиндер П.А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах // Коллоидная химия. Наука. 1979.

УДК 662.749.351

СИМУЛЯЦІЙНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ МОДЕРНІЗАЦІЇ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОЛІ

магістрант Ярослав БОЙЧУК, к.т.н., доц. Андрій СТЕПАНЮК

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Описано технологічну схему отримання морської солі. Сформульовано пропозиції щодо модернізації барабанної сушарки шляхом виконання трикутних прорізів по всій довжині насадки В наслідок запропонованої модернізації збільшиться площа контакту фаз твердої речовини і газу.

Ключові слова: ПРОДУКТИВНІСТЬ, БАРАБАННА СУШАРКА, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

Сіль останнім часом набуває помітної актуальності, на тлі постійного збільшення її потреб. Розробка технологічних схем та методів отримання солі ведеться промислово розвинутими країнами світу.

По технології виробництва необхідно висушити морську сіль, для цього можемо використовувати сонце, але це є неефективно та процес затрачує багато часу, тому використовуємо різноманітні сушарки, в нашому випадку використовуємо барабанну сушарку [1].

Переваги барабанної сушарки:

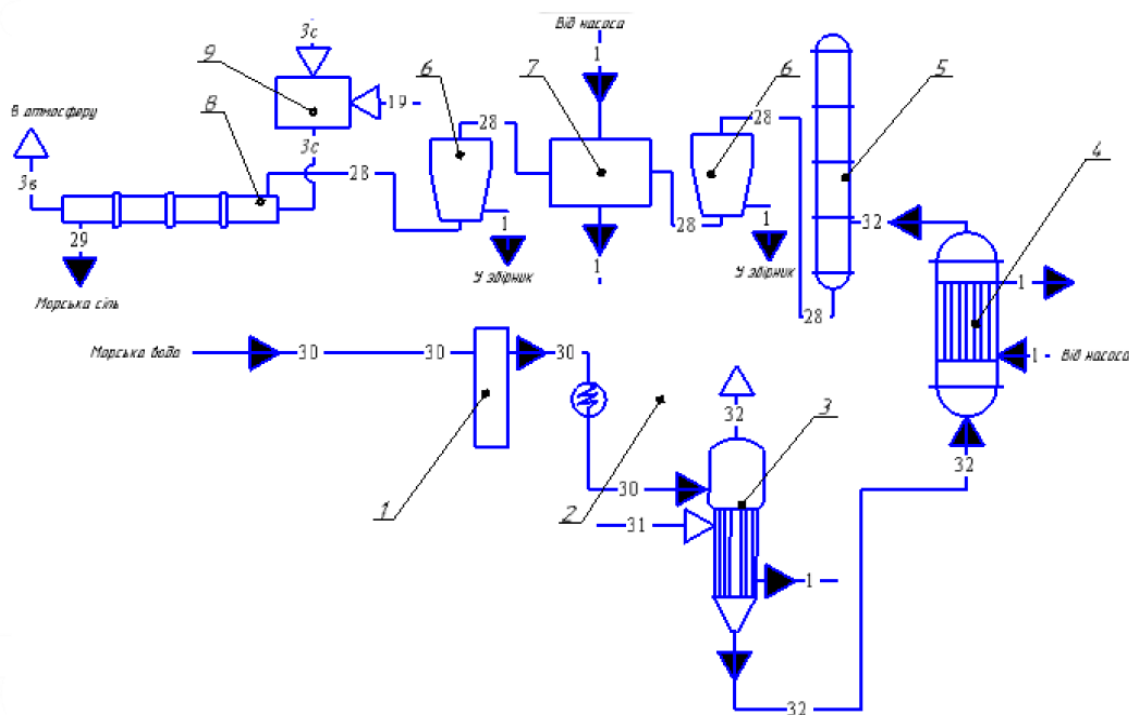
- висока потужність випаровування вологи;
- висока продуктивність з стабільною кінцевою вологістю;
- невибагливий догляд;
- низька енергозатратність.

Недоліки барабанної сушарки:

- громіздкістю;
- високі капітальні витрати;
- подрібнення матеріалу при сушінні;
- тривалий контакт матеріалу з тепловим агентом (до 40 хв);
- забруднення продуктів золою з топки (0,2-0,7 %);
- налипання вологого матеріалу на внутрішню поверхню і насадки барабана;
- пожежонебезпека;
- викиди в атмосферу;
- шумність апарату.

У фільтр 1 подається морська вода, яка після підігрівання в підігрівачу 2 подається у випарний апарат 3, в якому за допомогою водяної пари, утворюється упарений розчин. Після випаровування суспензія потрапляє у теплообмінник 4 й кристалізується в кристалізаторі 5. Закінчивши кристалізуватись суміш потрапляє у центрифугу 6, в якій видаляється деяка кількість вологи. Після центрифугування суспензія промивається водою у промивачі 7 та повторно центрифугується у центрфузі 6, потім подається у барабанну сушарку 8, гаряче повітря для якої гріється у калорифері 9, після висушування в барабанній сушарці отримується кінцевий продукт – морська сіль.

Технологічна схема процесу добування морської солі зображена на рисунку 1 [2].



- 1 – фільтр I; 2 – підігрівач; 3 – випарний апарат; 4 – теплообмінник;
5 – кристалізатор; 6 – центрифуга; 7 – водяний промивач;
8 – барабанна сушарка; 9 – калорифер.

Рисунок 1 – Технологічна схема процесу отримання морської солі

Метою дисертації є розробка та модернізація барабанної сушарки та розробка циклону.

Суть модернізації полягає у модернізації насадки барабанної сушарки. Наведеної на рисунку 2.

Щоб збільшити продуктивність барабанної сушарки необхідно виконати трикутні прорізи по всій довжині насадки, при цьому виконанні матеріал буде просипався через насадку. В наслідок цього, збільшити площу контакту фаз твердої речовини і газу.

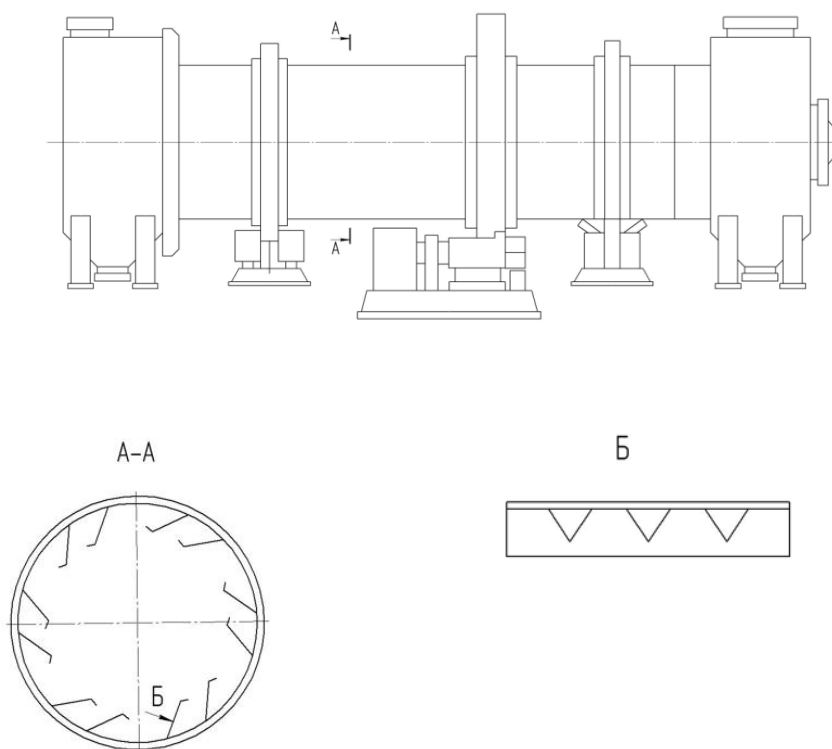


Рисунок 2 – Модернізована барабанна сушарка

На рис. 3 зображений немодифікований барабан, побудований за допомогою програми SolidWorks.

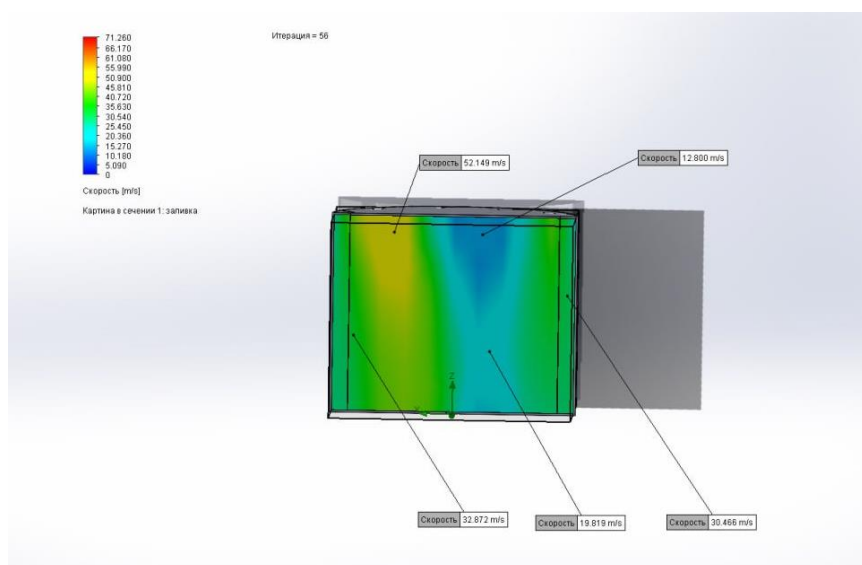


Рисунок 3 – барабан без отворів

На рис. 4 зображений модифікований барабан, побудований за допомогою програми SolidWorks.

Як бачимо на рис.4 швидкість протікання діє в межах 20,51-27,35, виходячи з цього можна зробити висновок, що отвори в барабані позитивно вплинули на переробку матеріалу в ньому.

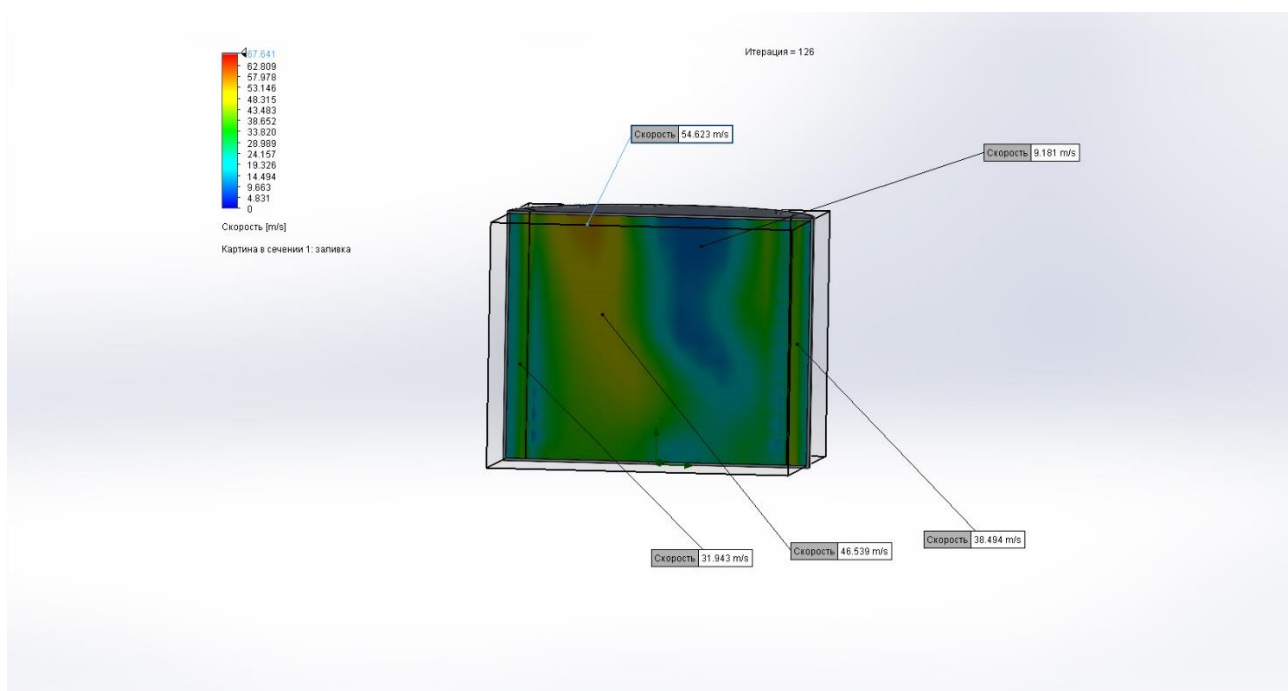


Рисунок 4 – барабан з отворами

Висновок: за допомогою даної модернізації ми збільшили площу контакту фаз твердої речовини і газу, а також пришвидшили процес переробки матеріалу в барабані для досягання найефективнішого виробництва солі.

Список використаних джерел:

1. Дытнерский Ю.И.. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов / Дытнерский Ю.И.. В 2-х частях. – М.: Химия, 1995.
2. https://uk.wikipedia.org/wiki/Морська_сіль

EFFECT OF TOOTH GEOMETRY ON GEAR PUMP PERFORMANCE

student Koliadenko V. V., Ph.D., associate professor Shved M.P., Ph. D.,
engineer Shved D. M.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract: *This article is about influence of gear pump tooth geometry and their quantity on gear pump performance is considered*

Keywords: *PERFORMANCE; TOOTH THICKNESS; TOOTH GEOMETRY; GEAR PUMP.*

ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ ЗУБА НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСУ

студент Коляденко В. В., доц. ,к.т.н. Швед М. П., інженер Швед Д. М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Анотація: *Розглянуто вплив геометрії зуба шестерні шестеренного насосу та їх кількості на продуктивність шестеренного насосу.*

Ключові слова: *ПРОДУКТИВНІСТЬ; ТОВЩИНА ЗУБА; ГЕОМЕТРІЯ ЗУБА; ШЕСТЕРЕННИЙ НАСОС.*

The gear pump is a gear train, which actually forms the pump. The melt, which flows from the extruder into the inlet of the gear pump, enters the pump chamber between the gears and the housing, is pushed by the transmission and flows out of the outlet. One gear moves using an external source, and the other - thanks to the first. Pump shafts are generally lubricated by a small stream of melt that is withdrawn from the main stream [1].

One of the factors that affects the performance and efficiency of the gear pump is the diameter of its gears. This parameter has a direct effect on the volume of material that can be pumped for one turn of the pump shaft. The larger the

diameter of the gears, the larger the volume of material can be pumped for one turn of the pump shaft. However, increasing the diameter of the gears can also lead to increased wear and noise.

The authors of the work [2] investigated the influence of the thickness of the gear tooth and the diameter of the gear on the performance and efficiency of external gear pumps. To do this, they conducted experimental studies using an external gear pump, changing the thickness of the gear tooth and the diameter of the gear. Studies have shown that gear tooth thickness and gear limb diameter have a significant impact on the performance and efficiency of external gear pumps. In particular, increasing the thickness of the gear tooth and the diameter of the toothed limb leads to a decrease in the productivity and efficiency of the pump.

The authors of the work [3] investigated the influence of the size of the gear tooth on the volumetric productivity of the external gear pump. To do this, they conducted experimental studies using an external gear pump, changing the size of the gear tooth. Studies have shown that gear tooth size has a significant impact on the volumetric performance of external gear pumps. In particular, an increase in the size of the gear tooth leads to a decrease in the volume capacity of the pump. This effect can be explained by the fact that an increase in the size of the gear tooth leads to a decrease in the volume of space between the gears, which reduces the volume of the pump working chamber, and therefore the volumetric productivity.

In the study [4], the author investigated the influence of tooth geometry on the performance of a gear pump. The author conducted experimental tests with different teeth geometry (standard and unstandard) (fig. 1, 2).

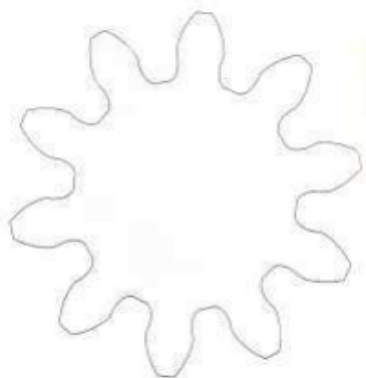


Figure 1 – Standard gear

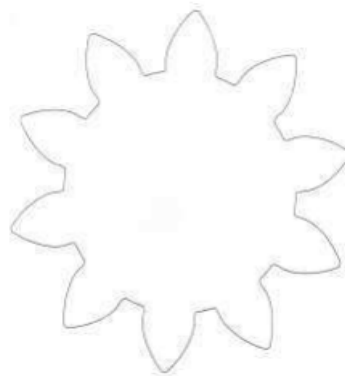


Figure 2 – unstandard gear

Studies show that the shape and angle of the teeth affects the performance of the gear pump (fig. 3).

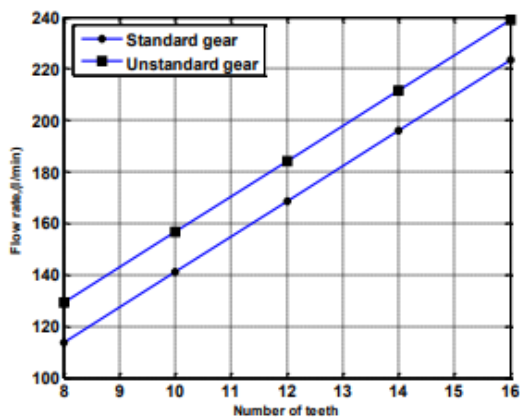


Fig. (5): Relation between number of teeth and theoretical flow rate

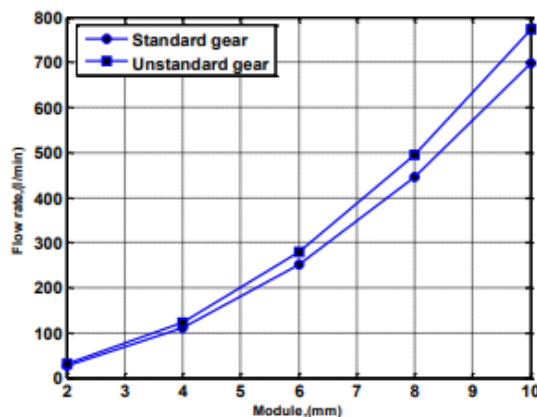


Fig.(6): Relation between module and flow rate

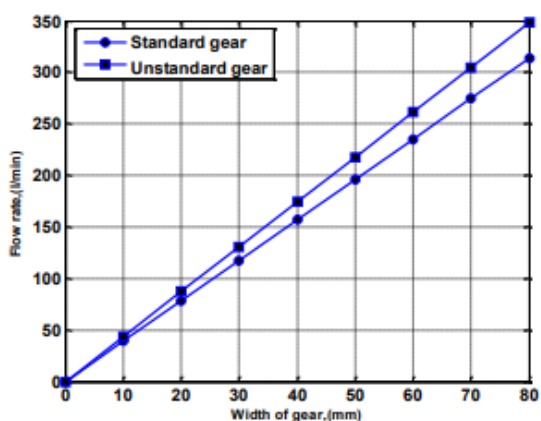


Fig. (7): Relation between width of gear and flow rate

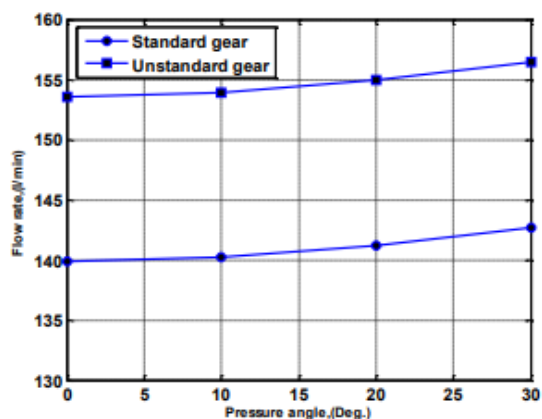


Fig.(8):Relation between pressure angle and flow rate

Figure 3 – Results of the study [4].

At the same time, the gap between the teeth does not have a significant impact on performance. In particular, it has been found that gears having a curved profile have a higher efficiency than gears with straight profile teeth. In addition, gears with teeth having a smaller angle of inclination of the teeth have a higher productivity and gears with a larger gap between the teeth have a lower productivity, since the gap leads to energy loss during the movement of the working material.

Referenses:

1. Chris Rauwendaal., «Polymer Extrusion»
<https://www.sciencedirect.com/book/9781569905166/polymer-extrusion>
2. N. Nagaraj, R. M. Soudagar., «Effect of gear tooth thickness and pitch diameter on the performance of external gear pumps»
3. J. M. R. Gonçalves, M. J. C. Silva., «The effect of gear tooth size on volumetric efficiency of an external gear pump»
4. Ahmed M. Saleem., «Effect of Tooth Geometry on Gear Pump Performance Ahmed M. Saleem», Tikrit Journal of Eng. Sciences/Vol.16/No.4/December 2009, (20-27).
https://www.academia.edu/28270866/Effect_of_Tooth_Geometry_on_Gear_Pump_Performance

УДК 631.8

MODERNIZATION OF APPARATUS FOR CAPTURE OF TWO-PHASE INCLUSIONS

master Andrii DMYTRUK, Ph.D., Assoc. Andrii STEPANIUK

**National Technical University of Ukraine
"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

Abstract: *The proposed methods of modernization of devices for catching two-phase inclusions are considered. The modernization of the proposed device and directions of research into its effectiveness are described*

Key words: *CYCLONE, HIGHLY DISPERSED PARTICLES. WATER VAPOR, CYCLONE MODERNIZATION, SIMULATION EXPERIMENT*

МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТУ ДЛЯ ВЛОВЛЮВАННЯ ДВОФАЗНИХ ВКЛЮЧЕНЬ

А.В. Дмитрук, А. Р. Степанюк

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

Анотація: *Розглянуто запропоновані методи модернізації апаратів для вловлювання двофазних включень. Описано модернізацію запропонованого апарату та напрями дослідження його ефективності*

Ключові слова: *ЦИКЛОН, ВИСОКОДИСПЕРСНІ ЧАСТИНКИ. ВОДЯНА ПАРА, МОДЕРНІЗАЦІЯ ЦИКЛОН, СИМУЛЯЦІЙНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ*

In the production of organo-mineral fertilizers, the raw material of which is a mixture of 50% - water and 50% - solid components (ammonium sulfate salts, humates, other mineral and organic impurities, such as bone meal, etc.), fluidized bed granulators

are used. In the process of granulation, up to 10% of the mass is generated. dust, and water vapor [1].

The designs of devices and the principle of their operation, which could solve the problem of catching emissions, were considered.

The authors [2] proposed an increase in the speed of air entering the cyclone, which allows to increase the efficiency of particle collection, but also leads to an increase in the hydraulic resistance of the device.

Disadvantages are that the size of the cyclone body is very small at 10 mm, which may not reflect the behavior of larger cyclones.

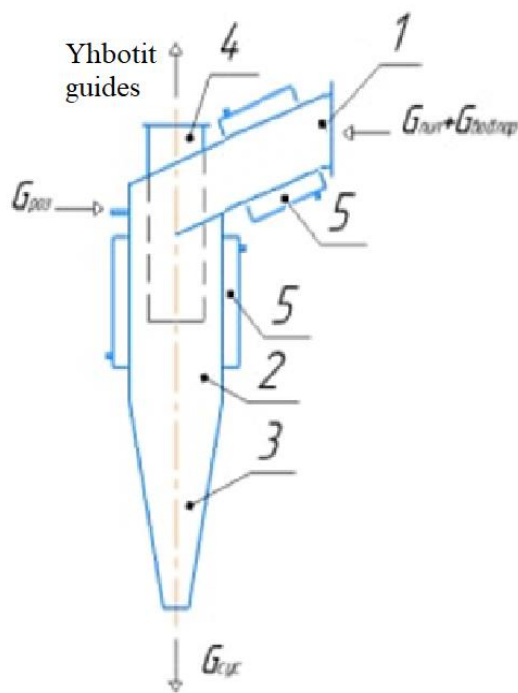
The authors of [3] described the results of testing a new device that is added to cyclones to improve their efficiency. It has a conventional dust inlet to the cyclone(s) and the waste stream goes to an after-treatment device "jet impingement chamber" which contains an air tube which directs the dust particles towards the wall, creating a clean gas in the center which exits.

The disadvantage of the device is the high cost of the device and its maintenance. The authors [4] proposed a method of increasing the efficiency of the separation of particles smaller than 2.5 micrometers using the combined technique of ultrasonic agglomeration and vortex flow. Disadvantages include the fact that the described method depends on parameters that cannot always be accurately measured or controlled in real conditions, such as gas swirl speed and ultrasonic power. The authors [5] proposed an increase in the efficiency of the separation of particles smaller than 2.5 micrometers using the combined technique of ultrasonic agglomeration and vortex flow. However, the method has several drawbacks, such as uncertainty in research results, dependence on parameters that cannot always be accurately measured or controlled in real conditions, and limitations on large scales.

The proposed devices do not allow to fully solve the problem of simultaneous capture of solid particles and water vapor, therefore it is proposed to use the modernized cyclone shown in Figure 1 [6]. Inlet 1 serves to feed the gas stream to the cyclone, and

cyclone body 2 contains internal components that help separate solid particles from the gas stream.

One of the features of this design is the possibility of installing a shell 5 on the inlet pipe 1 and the cyclone body 2 for supplying cooling water. This can be useful because the gas stream can heat up due to the process that takes place in the system and the temperature can exceed the permissible level. The supply of cooling water will help reduce the temperature of the gas flow and provide optimal conditions for the cyclone to work and increase its efficiency. If necessary, if you need to further increase the cooling efficiency, you can install additional cooling elements in the inlet pipe 1. This can be useful in cases where the temperature of the gas stream is very high or when additional temperature reduction is required. To improve the capture of solid fine particles in the upper part of the housing 2, it is necessary to supply water.



1 – tangential inlet pipe; 2 – body; 3 – conical part;
4 – axial outlet nozzle; 5 - shell

Figure 1 – Modernized cyclone

Conducting traditional experimental research today causes great difficulties due to the high cost of energy sources, therefore, to simplify experimental research, according to the authors [7-9], it was suggested to conduct simulation experimental research.

Simulation studies allow you to conduct experiments on a computer, with the help of mathematical models and software, which allows you to save time and money for conducting real experiments. Thanks to such studies, it is possible to evaluate various parameters of technological processes, in particular, the capture efficiency, the influence of various factors on the efficiency, and to develop the optimal operating conditions of the devices.

References:

1. Корнієнко Я. М. Гранульовані гуміново-органомінеральні добрива. Спосіб одержання / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай, О. В. Мартинюк, А. М. Любека // Хімічна промисловість України. – 2015. – №1. – С. 44-48.

2. Performance evaluation of a new micro gas cyclone using simulation and experimental studies to capture indoor fine particles. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921883119300627>

3. Numerical simulation of submicron particle removal using magnetic field in inner vortex electrostatic cyclone for flue gas purification <https://www.eeer.org/journal/view.php?number=1442#>

4. Numerical study of short-circuiting flow and particles in a gas cyclone. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674200122000499>

5. Improving the separation efficient of particles smaller than 2.5 micrometer by combining ultrasonic agglomeration and swirling flow techniques. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7515503>

6. Dmytruk A.V., Stepaniuk A.R. // Process of combined capture of highly dispersed particles and water vapor. Збірник тез доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених

"Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (5-7 грудня 2022 р. м. Київ) /

Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – с. 29

7. Features of near gravitational material tracers in a dense medium cyclone from PEPT. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591022009767>

8. Effect of the operation temperature on the hydrodynamics and performances of a cyclone separator. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921883122003703>

9. Comparative performance analysis between conventional and square cyclones for solid Particle-Gas Separation: A review <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322014833>

УДК 661

MODERNIZATION OF THE TUBULAR REACTOR-CATALYST

master Myhailo MUDRYK, Ph.D., Assoc. Andrii STEPANIUK

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract: Modernization of the tubular reactor-polymerizer is proposed. Its scheme and description of modernization are also given.

Keywords: REACTOR, POLYMERIZATION. MODERNIZPAYTICIA.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРУБЧАСТОГО РЕАКТОРА- ПОЛІМЕРИЗАТОРА

магістр Мудрик М.І., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: *Запропоновано модернізацію трубчастого реактора-полімеризатора. Також наведено його схему та опис модернізації.*

Ключові слова: РЕАКТОР, ПОЛІМЕРИЗАЦІЯ. МОДЕРНІЗАЦІЯ.

Benzene is the first representative of the homologous series of aromatic hydrocarbons, molecular formula C_6H_6 . Colorless volatile liquid with a characteristic smell. Benzene is obtained at coal tar distillation plants and coke-benzene plants [1]

Industrially, benzene was extracted from coal tar fractions, but since the middle of the 20th century, almost the entire industrial volume of benzene has been

produced by dehydrogenation of petroleum raw materials. Benzene has valuable properties as a solvent, but due to its high toxicity and carcinogenicity, such use is currently very limited. This compound is a raw material for industrial organic synthesis, more than two-thirds of benzene goes to the production of cyclohexane, ethylbenzene cumulate, for the synthesis of organic compounds and as a solvent [1].

Benzene can be obtained by rectification of a mixture of benzene-methylbenzene [2].

The initial mixture (benzene) is fed into the tubular reactor, the catalyst already heated to the boiling temperature through the lower fitting into the pipe space, which is filled with the catalyst. Coolant is supplied to the intertube space through the upper fitting.

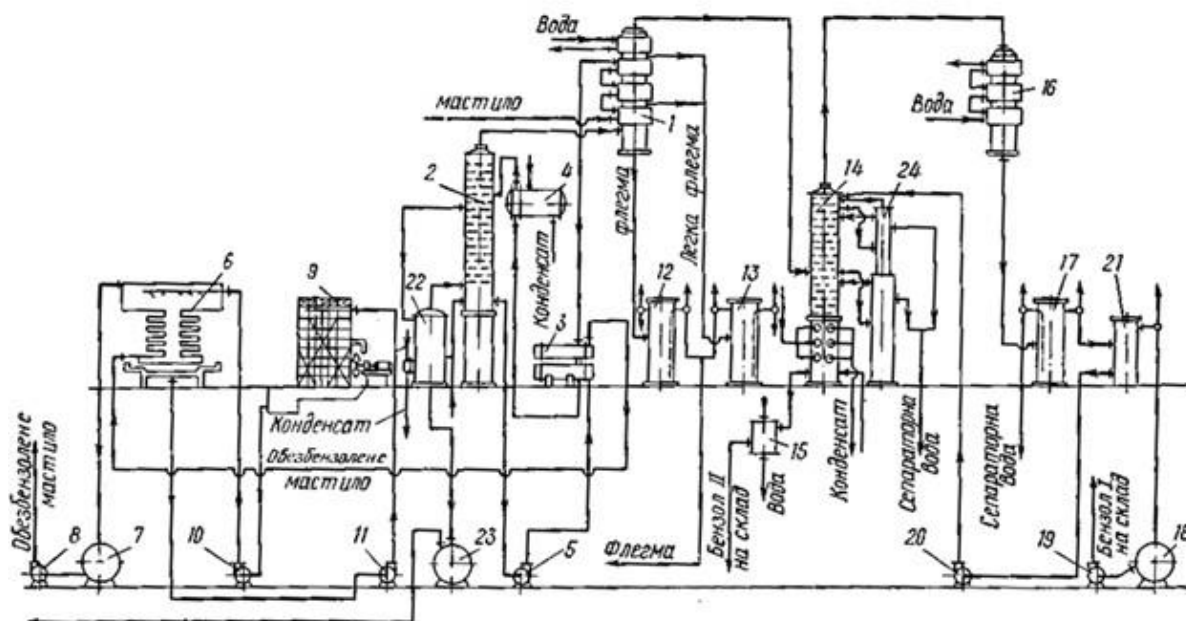
Figure 1 shows the technological scheme for obtaining crude benzene [2]. Absorbent oil saturated with benzene hydrocarbons is fed to the dephlegmator 1, where it is heated by the steam coming from the distillation column 2.

After the dephlegmator, the lubricant enters the heat exchanger 3, where it is heated by the lubricant flowing from the column and further heated by steam in the steam heater 4. From the steam heater, the lubricant enters the distillation column 2, in which benzene hydrocarbons are driven off. From the lower part of the column, the lubricant is pumped into the heat exchanger 3, where it cools.

Vapors of benzene hydrocarbons, lubricants and water from distillation column 2 enter the intertube space of dephlegmator 1. The phlegm obtained in the dephlegmator enters separators 12 and 13.

After the dephlegmator, the vapors of crude benzene and water are sent to the separation column 14, in which the vapors of benzene hydrocarbons are separated into two fractions of crude benzene: light benzene and heavy

benzene. Vapors from dephlegmator 1 flow to the bottom of the rectification part of the column and, passing from the bottom to the top, are enriched with low-boiling components.



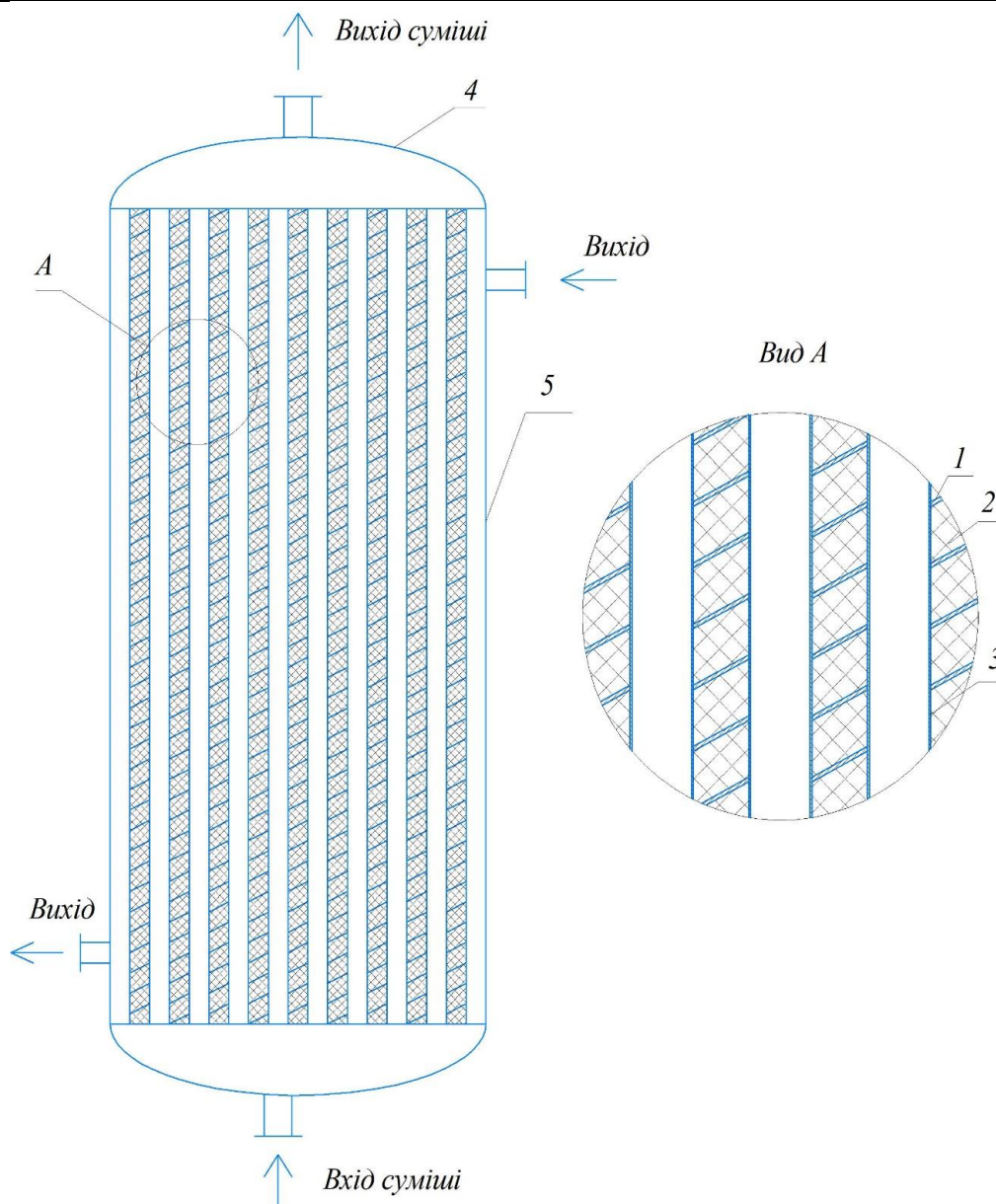
1, 16 – dephlegmator; 2 – distillation column; 3 – heat exchanger;
 4 – steam heater; 5, 8, 10, 11, - pump; 6 – irrigation cooler;
 7, 18, 23 – collection; 9 – capacitor; 12, 13, 17, 21 – separator;
 14 – evaporation column; 15 – refrigerator; 22 – evaporator; 24 is an additional column.

Figure. 1 - Technological scheme for obtaining raw benzene

The purpose of the work is to modernize the tubular reactor, which in the given technological scheme is used to obtain highly concentrated benzene (Figure 2).

To improve the hydrodynamic regime of pipe 1 of the tubular reactor, spiral elements 3 are installed, which form the flow of the reaction mixture, which leads to an increase in the contact time of the reaction mixture with the catalyst 2.

The proposed modernization will increase the yield of benzene in the catalytic reactor.



1-spiral; 2- catalyst; 3- pipe; 4- cover; 5- cylindrical body

Figure 2 – Schematic of a tubular catalyst reactor with a spiral in the tube space.

Перелік посилань

1. Збірник тез доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (5-7 грудня 2022 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. –с. 81.

УДК 620.1

ХІМІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ КЛЮЧОВИЙ ІНСТРУМЕНТ У ВІДНОВЛЕННІ ПІСЛЯ ВІЙНИ

асистент Косенко В.В.; асистент Бишко М.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Війна завжди приносить руйнування та спустошення, а після неї виникає потреба у відновленні зруйнованих будівель та інфраструктури. Хімічне машинобудування може стати ключовим інструментом для відновлення країни та забезпечення якості життя населення. Розглянемо необхідне обладнання хімічного машинобудування, що може допомогти у відновленні країни.

Обладнання для переробки бетону зі зруйнованих будівель.

Одним з найважливіших етапів відновлення зруйнованих будівель є їх переробка. Для цього необхідне обладнання для дроблення та переробки матеріалів. Одним із прикладів такого обладнання є дробарки та грохоти [1].

Обладнання для очищення стічних вод.

Під час відновлення будівель та інфраструктури неможливо уникнути забруднення навколишнього середовища. Тому необхідне обладнання для очищення стічних вод. Флотаційні установки є одним із прикладів такого обладнання, яке може очищати стічні води на певному етапі [2].

Обладнання для переробки відходів виробництва.

У процесі післявоєнної відбудови утворюється велика кількість виробничих відходів, таких як металеві та пластикові відходи, папір, картон тощо. Їх переробка є важливим етапом відбудови країни та забезпечення сталого розвитку. Для цього використовується різне обладнання, таке як дробарки, гранулятори, сепаратори, преси та інше [3].

Обладнання для виробництва будівельних матеріалів.

Одним з ключових аспектів відновлення зруйнованих будівель є виробництво якісних будівельних матеріалів. Для цього можуть використовуватися різні технології та обладнання, такі як змішувальні машини, формувальні машини, технології гідроізоляції та інші [4].

Обладнання для виробництва добрив.

Однією з важливих галузей післявоєнної відбудови є сільське господарство. Для підвищення врожайності та якості продукції необхідно використовувати добрива. Обладнання для виробництва добрив може включати такі компоненти, як бункер, конвеєр, змішувальна камера та інші [5].

Отже хімічне машинобудування може забезпечити відновлення зруйнованих будівель та інфраструктури після війни та вплинути на забезпечення якості життя населення. Відновлюючи будівлі та інфраструктуру, необхідно забезпечувати відповідну переробку бетону, очищення стічних вод, переробку виробничих відходів, виробництво будівельних матеріалів та добрив. Обладнання для цих процесів, такі як дробарки, флотаційні установки, гранулятори, змішувальні машини та інші, можуть стати ключовими інструментами для відновлення країни та забезпечення її сталого розвитку.

Бібліографія:

1. Обладнання для переробки бетону. (n.d.). ECU Haulmark. Отримано з <https://www.mekaglobal.com/en/products/concrete-batching-plants>
2. Флотаційні установки. (n.d.). Cleantech. Отримано з <https://www.envirochemie.com/en/technologies/flotationen-1/>
3. Обладнання для переробки відходів. (n.d.). Bronneberg. Отримано з <https://www.wiscon-tech.com/waste-processing-machines/>

4. Обладнання для виробництва будівельних матеріалів. (n.d.). Oree Trading. Отримано <https://www.directindustry.com/cat/production-building-materials-CX.html>

5. Обладнання для виробництва добрив. (n.d.). Виробник обладнання для виробництва добрив. Отримано з <https://feeco.com/granular-fertilizer-systems/>

UDC 678.023

**PARAMETERS OF MELT QUALITY INFLUENCE IN THE
PROCESS OF POLYMER DISK EXTRUSION**

PhD student Novodvorskiy V., Ph.D., Associate Professor Shved M.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT. The influence of various parameters on the quality of the melt is shown, and modes of cascade disk-gear extrusion with the ability to determine and adjust the quality of the melt during operation at constant productivity are proposed.

KEY WORDS: EXTRUSION, POLYMER, MELT, QUALITY,
TEMPERATURE HOMOGENEITY.

**ПАРАМЕТРИ ВПЛИВУ НА ЯКІСТЬ РОЗПЛАВУ В ПРОЦЕСІ
ЕКСТРУЗІЇ ПОЛІМЕРНИХ ДИСКІВ**

аспірант Новодворський В.; к.т.н, доцент Швед М.П.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ. Показано вплив різних параметрів на якість розплаву та запропоновано режими каскадної дисково-шестеренної екструзії з можливістю визначення та регулювання якості розплаву в процесі роботи при постійній продуктивності.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕКСТРУЗІЯ, ПОЛІМЕР, РОЗПЛАВ, ЯКІСТЬ,
ТЕМПЕРАТУРНА ОДНОРІДНІСТЬ.

The influence of screw speed on melt temperature and melt heating uniformity, as well as on melt quality in general, is a key parameter in the extrusion process [1-4].

Fig. 1 shows that the influence on melt quality can be summarized in terms of two main factors, where it can be seen that it depends on mechanical and temperature homogeneity, and that the latter is largely dependent on mechanical homogeneity. Table 1 shows in more detail the parameters on which melt quality depends.

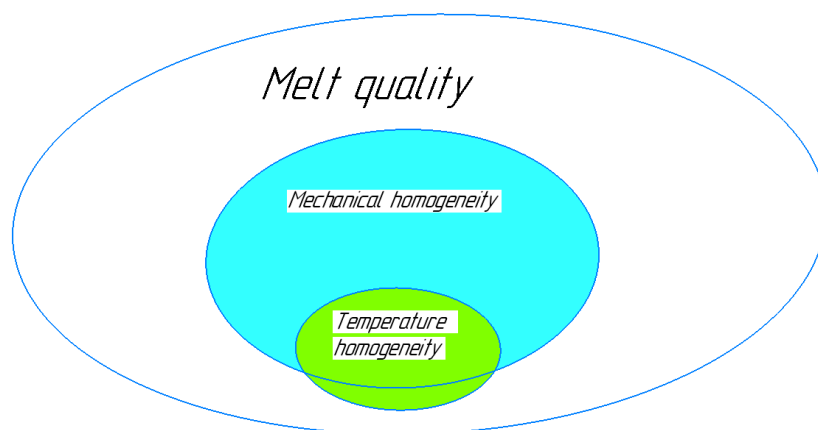


Figure 1 - Scheme of influence on melt quality

Table 1. Parameters on which melt quality depends.

| Melt quality | |
|----------------------------|--|
| 1. Mechanical homogeneity | |
| | total shear rate |
| 2. Temperature homogeneity | |
| | Heat supply |
| | Pressure fluctuations |
| | Dimensions of raw materials |
| | Thermal conductivity of working bodies |
| | Shear rate fields: |
| | -Extruder operation mode |
| | -geometry of the working bodies |

Conclusion. Thus, it is possible to obtain a melt of proper quality by controlling the main extrusion parameters, and for this purpose it is better to use a flexible polymer disk extrusion process that allows you to control and adjust the quality of the melt at a constant productivity.

References:

1. Abeykoon, C., Kelly, A. L., Martin, P. J., & Li, K. (2013, December). Dynamic modelling of die melt temperature profile in polymer extrusion. In 52nd IEEE Conference on Decision and Control (pp. 2550-2555). IEEE.
2. Domingues, N., Gaspar-Cunha, A., & Covas, J. A. (2008). Global mixing indices for single screw extrusion. *International Journal of Material Forming*, 1(1), 723-726.
3. Wood A.K., (2003), Determination of melt temperature and velocity profiles in flowing polymer melts
4. Abeykoon, C., Martin, P. J., Kelley, A. L., Li, K., Brown, E. C., & Coates, P. D. (2014). Investigation of the Temperature Homogeneity of Die Melt Flows in Polymer Extrusion. *Polymer Engineering and Science*, 54(10), 2430-2440.

UDK 66.02.011

METHODS OF CONDUCTING EXPERIMENTAL RESEARCH

graduate student Kovba A, Ph.D., associate professor Shved M.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute "

ABSTRACT: It is possible to check the adequacy of the physical and mathematical model of the cascade disk-gear extruder by conducting experimental research on the created laboratory unit. This scientific work will describe the methodology of these research.

KEYWORDS: EXTRUDER, MELTING, MELTING ZONE, MATHEMATICAL MODEL, DISPERSION MODEL.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

аспірантка Ковба А.; к.т.н, доцент Швед М.П.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: Перевірити адекватність фізико-математичної моделі каскадного дисково-шестеренчастого екструдера можливо шляхом проведення експериментальних досліджень на створеній лабораторній установці. У даній науковій праці буде описано методологію цих досліджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕКСТРУДЕР, ПЛАВЛЕННЯ, ЗОНА ПЛАВЛЕННЯ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ДИСПЕРСІЙНА МОДЕЛЬ.

On the cascade disk-gear extruder, experimental work was carried out in five stages:

- 1) research of the melting time of the granule in the polymer melt.
- 2) research of the screw dispenser, and then research of the work of the extruder disk.

3) a gear pump is connected to the screw of the disk extruder and the operating modes of the entire cascade extruder are determined.

4) research of the melter-homogenizer.

5) testing the extruder in industrial conditions in a long-term mode of operation as part of a technological line for the production of polyethylene sleeve lamina.

At the first stage, the granule melting time was determined experimentally. An experimental installation was developed, which includes a dosing device, a hopper, a disk extruder, a gear pump, a cooling device, a forming head and a receiving device.

At the second stage, the dependences of the dispenser productivity on the disk rotation frequency, the granulometric composition of the raw materials, the stability of the dosage, and the specific energy consumption were determined. When the disc extruder and dispenser work together, determining the disc rotation frequency, power consumption, and melt temperature.

At the third stage, the modes of operation of the extruder with vacuuming and without vacuuming the melt were determined, a nomogram was developed to determine the modes and control the operation of the cascade extruder as a whole. The set operating modes were determined by the constantly controlled temperature, consumer power and pressure at the inlet from the disk extruder and the gear pump. At this stage of the work, after the extruder was switched on, the temperature profile of the disk extruder body was constantly recorded on the diagram tape of the EPP-09M potentiometer.

At the fourth stage of the ZPZ study, the consumer power, pressure, temperature of the melt at the entrance, the length of the section filled with polymer were measured. At the same time, the following procedure for conducting

the experiment was observed: according to the regime determined in the second stage, the frequency of rotation of the disk extruder and the dosing screw was set.

At the fifth stage of research, the cascade extruder was studied as part of the technological lines for the production of sleeve lamina. At this stage, nomograms of these processes were developed and the main specific indicators were determined, the stability of the extruder's work for a certain time as part of the technological lines, the possibility of supervising these processes.

The rotation frequency of the feeder screw, disk extruder, and gear pump was set according to the given productivity. In the established mode of operation, productivity, pressure, and temperature at the outlet of the disk extruder and gear pump were measured.

To determine productivity deviations for the set mode of production of sleeve lamina at a productivity of 30 kg/h, lamina samples were taken at arbitrary measurement intervals, which varied in the range of 50-600 s and arbitrary time intervals (50-300 s), with further comparison of the obtained measurement results .

Extruder performance measurements were carried out using the weighing method by weighing a certain amount of material, melt or finished product at certain time intervals.

Measurements were carried out on MASA-VK1500 laboratory scales, with a division value of 0.02 g, and a range of operating temperatures from +10 to +40°C.

The time intervals of material selection were measured by an electronic stopwatch of the IVPR-203M type, with a basic error of the measured values $\pm 0.01\% \pm 1\%$ and a range of working temperatures from +5 to +35°C.

The sensor of the pump speed indicator is a TMG-30P type tachogenerator (n=4000 rpm), installed on the back side of the P-32 type DC motor (n=1000 rpm, N=1 kW, I=5.7A) with the help of an elastic connection, which excludes slipping of the shafts.

References:

1. Lutsenko I. "Screw extruder in polymer processing" / Irina Lutsenko, Anna Bogatur / IX international students conference "Innovations in science and technology".- Kyiv, NTUU "KPI".- 2012.- 18-19 p.
2. Lutsenko I. "Investigation of the polymer melting process during worm extrusion" / Lutsenko, I.V., Shved, M.P., Shved, D.M., Voronin, L.G. / " Eastern - European journal of advanced technologies ".- Kharkiv,.- 2013 p., 2/7(62)

УДК 661.1

**РОЛЬ РОТОРНО-СТАТОРНИХ ЗМІШУВАЧІВ У ВИРОБНИЦТВІ
МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ**

асистент Бишко М.А.; асистент Косенко В.В.;

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Роторно-статорні змішувачі широко використовуються в виробництві молочних продуктів, таких як йогурт, сир та вершкове масло. Вони відомі своєю здатністю створювати однорідну суміш за допомогою високої швидкості змішування та турбулентності, що допомагає розбити та розподілити тверді частки, такі як жир або білок, у рідкому середовищі [1].

Аналогічно, у виробництві сиру звичайно крижують зерно на дрібні частки та нагрівають його під час змішування в роторно-статорному змішувачі. Цей процес допомагає виділити надлишкову сироватку та ущільнити зерно в тверду масу. Отриманий сир потім пресують та дозрівають, щоб розвинути його характерний смак та текстуру [3].

У виробництві вершкового масла зазвичай спочатку відокремлюють вершки від молока, а потім прокачують через роторно-статорний змішувач. Цей процес допомагає розбити жирові загустки в вершках, змушуючи їх злипатися в більші кластери. Потім вершки подрібнюють далі, щоб додатково розбити жири і роздрібнити їх на дрібніші кластери. Цей процес називається збиванням вершків та допомагає розірвати оболонку жирових глобул, вивільнити жир і сприяти утворенню вершкового масла [4].

За допомогою роторно-статорних змішувачів можна не тільки збити вершки для отримання вершкового масла, а й провести багато інших процесів у виробництві молочних продуктів. Наприклад, такі змішувачі можуть бути використані для змішування різних інгредієнтів, стабілізації і

емульгування молочних продуктів, а також для виготовлення йогурту та кефіру [1].

Наприклад, у виробництві йогурту молоко та культуру поєднують у резервуарі та потім прокачують через роторно-статорний змішувач. Змішувач створює однорідну суміш, розбиваючи будь-які тверді частки та розподіляючи їх по всьому рідинному середовищу. Це допомагає забезпечити однорідну текстуру та смак у кінцевому продукті [2]. Крім того, вони можуть знизити ризик забруднення продукту та забезпечити рівномірну консистенцію продукту [3].

Дослідження також показали, що використання роторно-статорних змішувачів у виробництві молочних продуктів може покращити стійкість продукту до впливу низьких температур та збереження властивостей продукту під час зберігання [5].

Отже, роторно-статорні змішувачі є важливим елементом виробництва молочних продуктів, допомагаючи забезпечити якість та однорідність кінцевого продукту.

Бібліографія:

1. Alves, M. V. O., & Carrondo, M. J. T. (2016). Milk and Dairy Products: Production, Processing, and Marketing Systems. In *Biotechnology of Food and Feed Additives* (pp. 287-310). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24001-4_10
2. Swartzel, K. R., & Bhumiratana, N. (2018). Yogurt: History, Composition, Production, and Probiotics. In *Fermented Foods in Health and Disease Prevention* (pp. 227-246). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802309-9.00017-9>
3. Fox, P. F., & McSweeney, P. L. (2017). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7678-9>

4. Guo, M. R., & Singh, H. (2017). Cream, Butter, and Spreads. In Dairy Processing and Quality Assurance (pp. 249-276). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118462065.ch9>

5. Gómez, Z. E., & Castell-Perez, M. E. (2008). Using high-pressure homogenization instead of heat treatment to inactivate microorganisms in milk. Journal of food protection, 71(8), 1562-1569. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-71.8.1562>

УДК 661.722

**УСТАНОВКА ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ: ОПИС ПРОЦЕСУ
ТА ОСНОВНОГО УСТАТКУВАННЯ**

Студент Г.І. Піренко, к.т.н., доц. О. А. Новохат

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

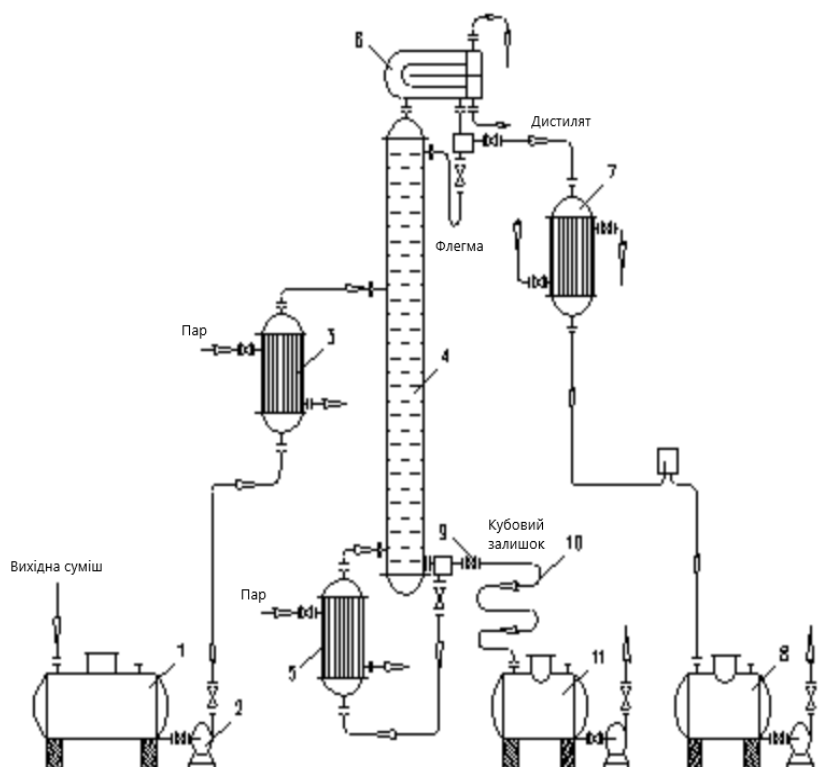
Анотація. Описано походження та виготовлення етанолу. Наведено і сформульовано переваги модернізації процесу за допомогою парогенератора, повітряного конденсатора та ректифікаційної колони для виробництва етанолу.

Ключові слова: парогенератор, етанол, ректифікація, модернізація, ректифікаційна колона, повітряний конденсатор.

Етиловий спирт, також відомий як етанол, - це прозора безбарвна рідина зі злегка солодкуватим запахом, яка використовується в багатьох сферах, зокрема як розчинник, паливо та інгредієнт у виробництві алкогольних напоїв, засобів особистої гігієни та фармацевтичних препаратів.

Виробництво етилового спирту зазвичай включає ферментацію цукрів з різних джерел, таких як кукурудза, пшениця або цукрова тростина, з подальшою дистиляцією для очищення спирту. Модернізація виробничої установки з розробкою парогенератора, повітряного конденсатора і ректифікаційної колони може підвищити ефективність і стійкість процесу.

Технологічна схема процесу виробництва етанолу наведена на рисунку 1.



- 1 – проміжна ємність; 2 – відцентровий насос; 3 – теплообмінник;
4 – ректифікаційна колона; 5 – випарний куб; 6 – дефлегматор;
7 – теплообмінник; 8 – проміжна ємність; 9 – насос; 10 – теплообмінник;
11 – ємність

Рисунок 1 – Технологічна схема процесу розділення метанол - етанолу.

Типова технологічна схема виробництва етилового спирту включає наступні етапи:

1. Підготовка сировини (наприклад, подрібнення, варіння або дроблення).
2. Перетворення сировини на цукор (наприклад, за допомогою ферментів або кислотного гідролізу).
3. Ферментація цукру з утворенням етанолу та вуглекислого газу (CO_2).

4. Відокремлення етанолу від зброженої суміші за допомогою дистиляції.

5. Подальше очищення етанолу за допомогою ректифікації для видалення домішок і підвищення концентрації спирту.

6. Денатурація етанолу, щоб зробити його непридатним для споживання людиною (за необхідності).

7. Зберігання або транспортування денатурованого етанолу до місця призначення.

У виробничій установці використовується парогенератор для виробництва пари, необхідної для різних етапів процесу, таких як варіння сировини, стерилізація обладнання та забезпечення теплотою етапів ферментації та дистиляції. Повітряний конденсатор використовується для охолодження парів, що утворюються на стадіях дистиляції та ректифікації. В результаті це дозволяє підвищити ефективність процесу і зменшити використання води. Ректифікаційна колона необхідна для ефективного розділення різних компонентів суміші, що призводить до більш високого виходу спирту і більш чистого кінцевого продукту.

Розробка та вдосконалення цього устаткування забезпечить для галузі енергоефективності, зменшення використання води та збільшення виходу продукції.

Перелік посилань

1. Піренко Г.І., Степанюк А. Р. Модернізація установи виробництва етанолу за розробкою насадкової ректифікаційної колони. Наук. конф, 2021.

2. Заявка 06901 Україна. Ректифікаційна колона / Н. В. Заболотна, Г. І. Піренко, В. О. Чорна, А. Р. Степанюк ; заявл. 02.12.2021

3. <https://uapatents.com/3-48786-sposib-virobnictva-spirtu-etilovogo-visoko-yakosti.html>

UDK 678.02

MODERNIZATION OF HIGH-SPEED POLYMER EXTRUSION PLANT

student Trachuk Y. V., Ph.D., associate professor M.P., Ph. D.,
engineer Shved D. M.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract: *The version of modernization of the cascade plant for polymer materials processing in order to improve the indicators of resource and energy consumption of finished products is considered. A comparative analysis of the developed plant with modern extrusion equipment was performed.*

Keywords: *RESOURCE AND ENERGY SAVING; HIGH-SPEED EXTRUSION; CASCADE EXTRUSION SCHEMES; DISK EXTRUDER; GEAR PUMP.*

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИСОКОШВИДКІСНОЇ ЕКСТРУЗІЇ ПОЛІМЕРІВ

студент Трачук Є. В., доц. ,к.т.н. Швед М. П., інженер Швед Д. М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Анотація: *Розглянуто варіант модернізації каскадної установки для переробки полімерних матеріалів з метою покращення показників ресурсо-енергоємності готової продукції. Виконано порівняльний аналіз розробленої установки з сучасними екструзійним обладнанням.*

Ключові слова: *РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ; ВИСОКОШВИДКІСНА ЕКСТРУЗІЯ; КАСКАДНА СХЕМА ЕКСТРУЗІЇ; ДИСКОВИЙ ЕКСТРУДЕР; ШЕСТЕРЕННИЙ НАСОС*

Nowadays, plastics are used in almost all spheres of production and life. It is expected that their production levels will grow over time (fig. 1) [1]. Thus, as of

2021, more than 367 million tons of polymer materials were produced in the world [2], and in 2050 the level of the polymer materials market is expected to reach 800 million tons [1].

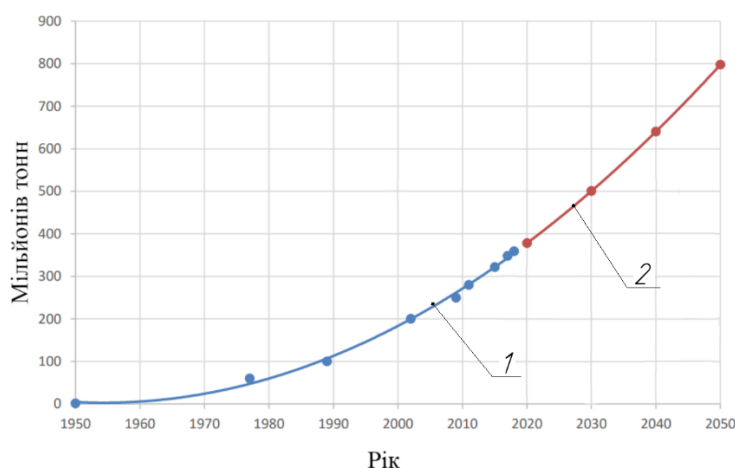


Figure 1 - World production of plastics.

1 - production levels from 1950 to 2018;

2 - forecast for production levels from 2020 to 2050

Due to the increase in the level of processing of polymers, the industry requires the development and implementation of more and more resource and energy saving technologies. At present, the field of creating composite polymer materials is actively developing in the polymer industry, since this type of raw material allows to modify their properties and characteristics within very wide limits. At the same time, this type of materials requires greater quality of melt homogenization from extrusion lines, since it is the homogeneity of the raw materials that determines the characteristics of the finished product.

Analysis of the modern extrusion equipment market has shown that cascade extrusion schemes are becoming more widespread, namely cascade installations in which a high-speed melter-homogenizer is installed at the first stage, for example, a twin-screw extruder ($n = 500-600$ rpm), where melting and homogenization processes occur at high shear rates and insignificant pressures, and on the second - a single-screw extruder operating at normal or lower rpm ($n = 65-85$ rpm) [3, 4]. A high-speed extruder is used to prepare a quality melt, and a single screw extruder is used to finally bring the melt and its dosage to a forming tool.

However, a high-quality melt in its composition can be prepared not only with a twin-screw extruder rotating at increased speeds, but also with a structurally simpler disk extruder.

At the Department of Machinery and Apparatus of Chemical and Oil Refining Industries of NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" a disk-gear cascade installation was developed (fig. 2) [5]. The material is dosed by metering device 1 from the hopper into the loading neck of the disc extruder 2, where it is gripped by a multi-turn screw thread of the disc. Under the influence of significant shear forces, the material is heated, melted and mixed in the working disk gaps A. homogeneous in its composition, the melt is dosed with a gear pump 3 and acquires the necessary shape passing through the process head 8. Due to the significant internal hydraulic resistance of the gear pump, it is possible to provide more accurate dosing of the melt and smooth the pressure pulsations and productivity at the outlet of the extruder up to 1% compared to common single-screw extruders, where such fluctuations are 5-8% (Fig. 3). In addition, the use of a disk extruder makes it possible to control the extrusion process very flexibly both by changing the value of the disk gap and by changing the rotation frequency of the working element. The productivity of the line at the same time remains constant and is regulated by the metering device.

As a result of experiments, it was determined that the developed plant has 21% better energy efficiency than the proposals available on the market [3, 4].

The analysis of the literature materials, as well as the preliminary experimental work performed at the pilot plant, showed that the use of cascade disk-gear extruders allows more efficient use of energy and resources, and also allows:

- flexibly control the extrusion process with the ability to independently optimize individual processes;

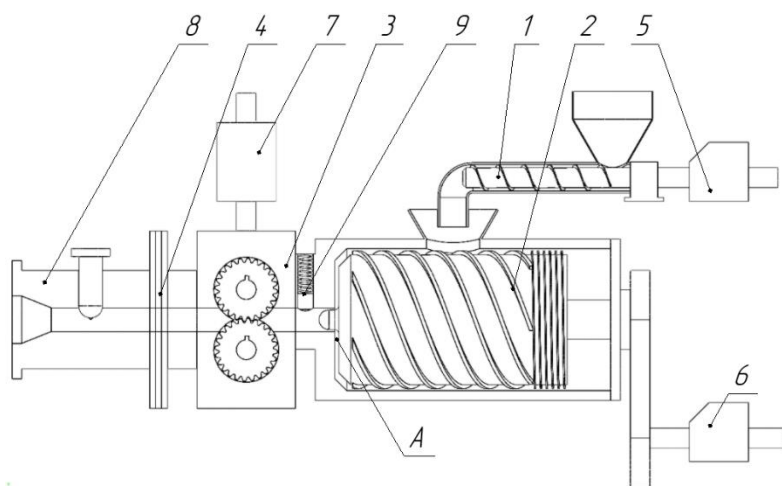
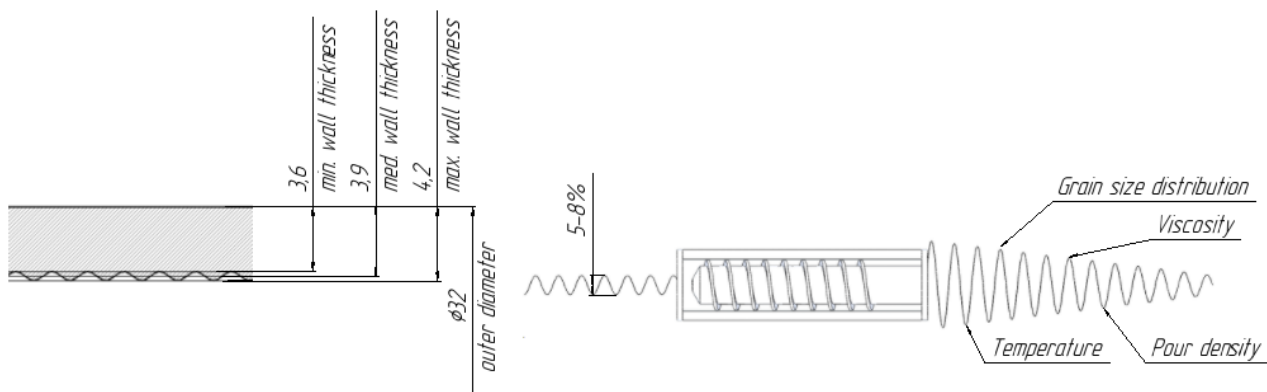
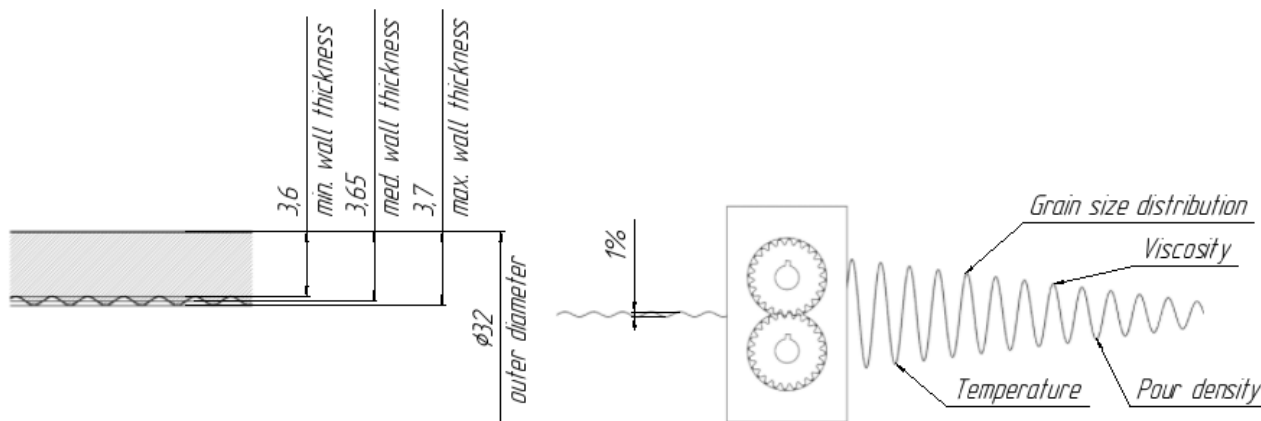


Figure 2 - Cascade disk gear extruder diagram:

- 1-screw metering device;
- 2-disc extruder;
- 3-gear pump; 4-filter;
- 5,6,7-drives of rotating elements of cascade extruder;
- 8 - process head;
- 9 - compensator.



a



b

Figure 3 - Fluctuations in the average wall thickness of a pipe with a diameter of 32×3.6 depending on the metering device:

a – single-screw extruder; b - gear pump

- ensure high quality of melt homogenization regardless of the line capacity;
- increase the range of materials processed;
- due to the presence of several drives, it is rational to redistribute power between cascades and thereby improve specific energy indicators;
- use structurally simpler working tools.

References:

1. Duncan A Rouch. Plastic future: How to reduce the increasing environmental footprint of plastic packaging. [04.04.2023].
2. Plastics – the Facts 2021. (б. д.). Plastics Europe Enabling a sustainable future. [04.04.2023]. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>
3. *Soft/ Rigid PVC Compounding Granules Making Machine* (б. д.). Nanjing Haisi Extrusion Equipment Co. [04.04.2023]. <https://www.haisiextrusion.com/Soft-Rigid-PVC-Compounding-Granules-Making-Machine-pd6327554.html>.
4. *SHJS 75/180 Two-stage Compounding Extrusion Line* (б. д.). Nanjing Yongteng Chemical Equipment Co [04.04.2023]. <http://yongtenggroup.com/content/?141.html#:~:text=Nanjing%20Yongteng%20Chemical%20Equipment%20Co.%2C%20Ltd>
5. Shved D.M. (2017). Protses ekstruzii polimeriv na kaskadnomu diskovo-shesterennomu ekstruderі [Polymer extrusion process on a cascade disc gear extruder] [Dys. kandydata tekhn. nauk, "Kyivskyi politekhnichnyi instytut imeni Ihoria Sikorskoho"]. ELAKPI. https://ela.kpi.ua/jspui/bitstream/123456789/19317/1/Shved_diss.pdf

PHYSICAL MODEL OF MELT DOSING PROCESS IN GEAR PUMP

student Koliadenko V. V., Ph.D., associate professor Shved M.P., Ph.D.,
engineer Shved D. M.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract: The physical model of polymer melt dosing process in gear pump is considered.

Keywords: PERFORMANCE; MELT; AN EXTRUDER; GEAR PUMP.

**ФІЗИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ДОЗУВАННЯ РОЗПЛАВУ В
ШЕСТЕРЕННОМУ НАСОСІ**

студент Коляденко В. В., доц. ,к.т.н. Швед М. П., інженер Швед Д. М.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Анотація: Розглянуто фізичну модель процесу дозування розплаву полімеру в шестеренному насосі.

Ключові слова: ПРОДУКТИВНІСТЬ; РОЗПЛАВ; ЕКСТРУДЕР; ШЕСТЕРЕННИЙ НАСОС.

Gear pump is a pair of engaged gears forming displacement pump. The melt is pushed by the extruder through the inlet of the pump (fig. 1), and enters the chambers between the gears and the body, is driven through them and is pushed out of the back end. One of the gears is driven by an external source, and accordingly drives the other gear, such a contact of the teeth creates a connection between the two gears.

The picture of the melt movement in the dosing zone is quite complicated due to the specific properties of the melt, the non-Newtonian nature of its movement, the complex conditions of heat exchange with the environment, the

complex geometry of the channel in which the flow occurs, due to losses due to gaps between the gears and the body.

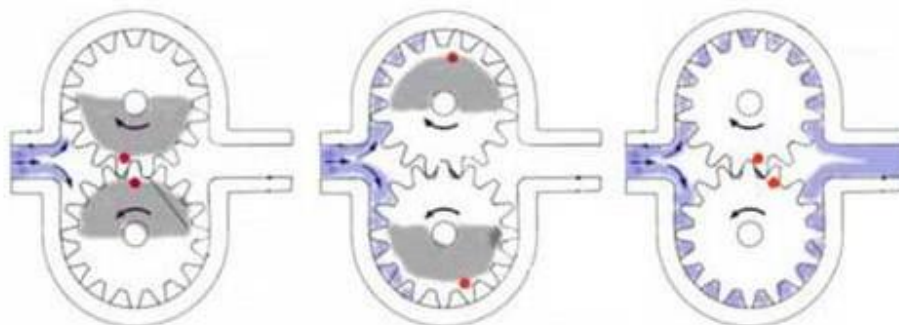


Figure 1 - Polymer movement in the pump.

It is very important that the pump does not work "dry," because this can lead to damage to the shafts that are lubricated by the melt. Therefore, the pump is usually started as follows - the input pressure is measured first, and then the required pressure is set by adjusting the speed of the extruder disk [1].

Determination of capacity losses in the pump gaps requires classification of all types of gear pump gaps. All gaps of the gear pump can be divided into 4 groups (fig. 2).

First zone - group of radial gaps (hR) - gaps between cylindrical surface of projections of working gear (2) and cylindrical surface of holes for gears in middle plate of pump (3).

The second zone - a group of end gaps ($T1$) - represent the end gaps between the plane of teeth of the working gears that are in mesh and the plane of the upper (4) or lower (1) plates of the pump.

The third zone - a group of end gaps ($T2$) includes gaps between the working gears and the side plate of the pump in the area limited by the circles of recesses of the working gears and tangent (I or II) to the shaft surface from the side of the engagement pole. There are two of them in a gear pump with two gears.

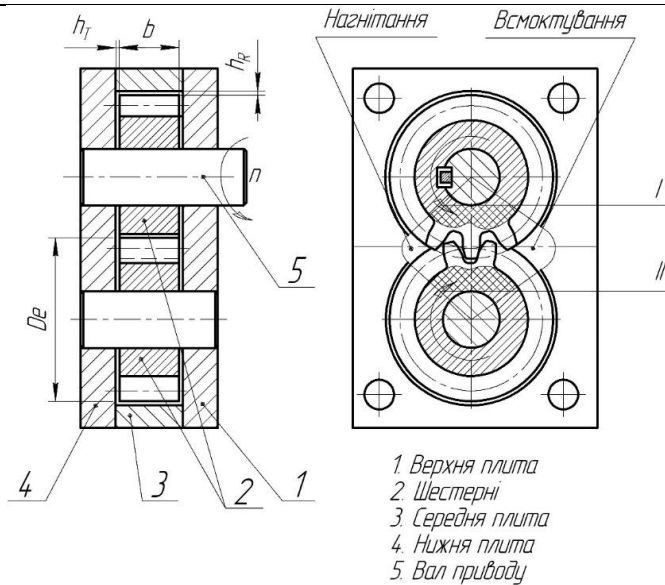


Figure 2 - Diagram of gear pump.

The fourth zone - a group of end gaps (T3) - includes gaps between the working gears and the side plate of the pump in the area bounded by the circles of protrusions, the surface of the shaft and radii drawn from the center of the gear to the points of the beginning and end of the radial gap from the side of the opposite engagement pole. A gear pump with two gears has two such gaps.

The following basic assumptions are taken when deriving formulas for calculating the flows of working fluid along the gaps of the gear pump:

- radial and end gaps have the same height along the entire length;
- liquid adheres to the surface of the gears, so the speed of the boundary layer of liquid on the surface of the working gears is equal to the circular speed of them at a given point, while on the surface of the middle and side plates its speed is equal to zero;
- the liquid is considered homogeneous and isotropic;
- the gaps between the moving parts are small, so the flow of liquid in such flat slots is laminar, but they are large enough to retain the bulk properties of the liquid;

- we neglect the action of gravity and inertia forces of the pumped liquid, that is, the effect of the inertia forces of the flow is small in comparison with the viscosities of the liquid

The movement of the polymer in the pump has a number of features: the stationary process, a very small area of hydrodynamic stabilization due to the high viscosity of the melt, the two-dimensional flow and the design feature of the working bodies, which is that one of the dimensions is much smaller than the others, so the change in parameters is most significant only along one of the coordinates. In conjunction with the method of stepwise approximation, the marked features make it possible to significantly simplify the model and reduce the problem to a rectangular coordinate system (fig. 3).

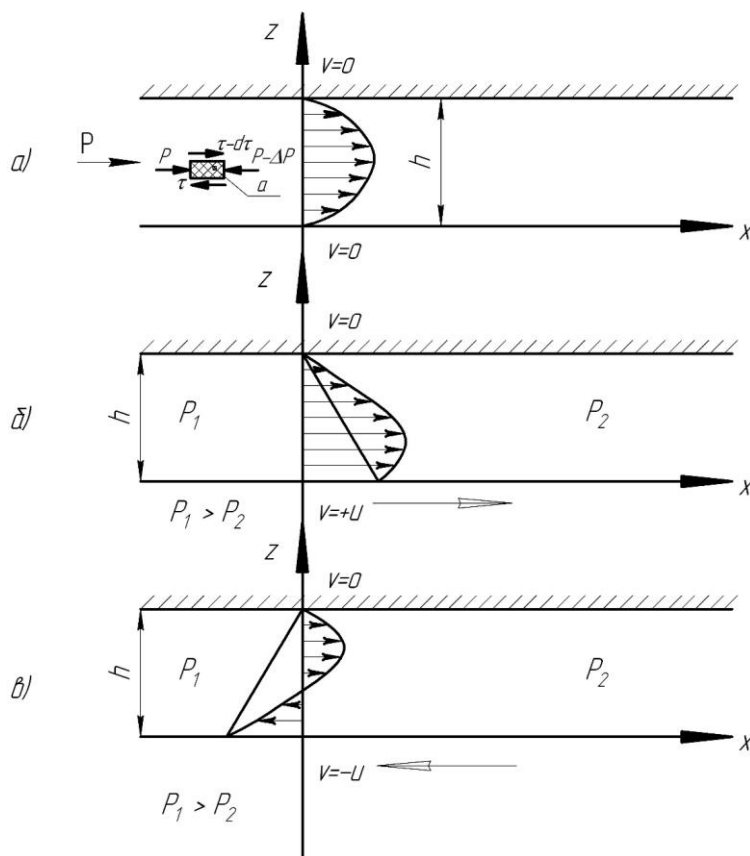


Figure 3 - Epure of melt movement in the pump (in section, at different angles of rotation of the gears):

- a) between fixed walls; b, c) between movable and fixed walls at moving of movable wall with speed $\pm U$.

Consider some elementary volume of the polymer melt a . The force arising under the influence of pressure drop is counteracted by the shear stress that acts on the lower surface (plane); on the upper surface, the shear stress acts in the opposite direction, since the layer of liquid adjacent to this surface moves at a speed greater than this particle. Due to the decrease in the velocity gradient, the shear stress on the upper shear plane is smaller than on the lower one by an infinitesimal value.

Referenses:

1. Shved D.M. (2017). Protses ekstruzii polimeriv na kaskadnomu dyskovy-shesterennomu ekstruderi [Polymer extrusion process on a cascade disc gear extruder] [Dys. kandydata tekhn. nauk, "Kyivskyi politekhnichnyi instytut imeni Ihoria Sikorskoho"]. ELAKPI.
https://ela.kpi.ua/jspui/bitstream/123456789/19317/1/Shved_diss.pdf

UDC 665.733.3

MODERN DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF ALKYLATOR REACTORS

Ph.D. Husarova O.¹, associate professor, Ph.D. Stepaniuk A.¹,
academician of the NAS of Ukraine Snezhkin Yu.², graduate student Chernysh I.¹

¹ National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

² Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

***ABSTRACT.** The designs of the reactors-alkylators, which are victorious for the possession of alkyl-gasoline with a path of sulfuric acid alkylation of isobutane with olefins, are reviewed. On the basis of the analysis of foreign and domestic scientific and technical researches, the results of the study suggested the modernization of the alkylator.*

KEYWORDS: ALKYL GASOLINE, ALKYLATION, REACTOR-ALKYLATOR, CONSTRUCTION, MODERNIZATION.

СУЧАСНІ НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ РЕАКТОРІВ-АЛКИЛАТОРІВ

ст. викладачка, к.т.н. Гусарова О.В.¹, доцент, к.т.н. Степанюк А.Р.,
академік НАН України Снежкін Ю.Ф.², магістр Черниш І.¹

¹ Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

² Інститут технічної теплофізики Національної Академії Наук України

***АНОТАЦІЯ.** Розглянуто конструкції реакторів-алкилаторів, які використовуються для одержання алкил-бензину шляхом сірчаноокислотного алкілування ізобутану олефінами. На підставі аналізу зарубіжних і*

вітчизняних науково-технічних джерел та узагальнення результатів запропоновано модернізацію алкилятора.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЛКИЛ-БЕНЗИН, АЛКИЛУВАННЯ, РЕАКТОР-АЛКИЛАТОР, КОНСТРУКЦІЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

Alkyl gasoline, a mixture of isomers of C7 and C8 hydrocarbons, which is obtained in the process of alkylating isobutane with butylene or a mixture of propylene and amylene, is widely used as a component of aviation gasoline due to its high octane number. Alkyl gasoline is chemically stable, that is, its chemical composition becomes stable during storage, transportation, and use [1, 2]. In the first half of the 20th century, cracking and reforming were used to increase the octane number, which convert linear chains of normal alkanes – the main component of straight-run gasoline – into alkane isomers and aromatic compounds [1].

Alkylation is the process of obtaining alkyl gasoline, high-octane components of gasoline by catalytic addition of alkyl radicals (alkylation) from isobutane, butylene, and propylene. Concentrated sulfuric acid (SA) or anhydrous hydrogen fluoride (HF) are used as catalysts. The process takes place under a pressure of 0.35...0.60 MPa and at a temperature of 5...15 °C. As a result, a light alkylate is obtained - a high-octane component of gasoline (with an octane number of 91...95 according to the motor method) and a heavy alkylate - (used as a solvent or a component of diesel fuel) [3].

In the alkylation process, C3-C5 light olefins are reacted with isobutane in the presence of an acid catalyst such as sulfuric acid to form the desired alkylation products. To maximize the efficiency of the reaction, the alkylation reactor is usually designed to ensure close contact between the reactants and the catalyst.

Thus, the design of a horizontal cascade alkylator (Fig. 1) is known, which consists of two settling zones, a separator, five reactor sections and a stirrer. The reactor is a hollow horizontal cylinder with dividing partitions due to which the

reactor is divided into cascade sections. A stirrer is installed inside each separate section of the reactor, which provides intensive mixing of the contacting acid and raw materials [4].

Inside the reactor, a relatively low temperature ranging from 5 to 15 °C and a low pressure of 0.6...1.0 MPa are maintained. As a rule, isobutane is supplied in excess relative to butylene, forming a molar ratio (6...12): 1. Acid is also supplied in excess relative to the raw material, exceeding it by volume by 1.1...1.5 times. The acid concentration must be very high - from 88 to 99% by mass.

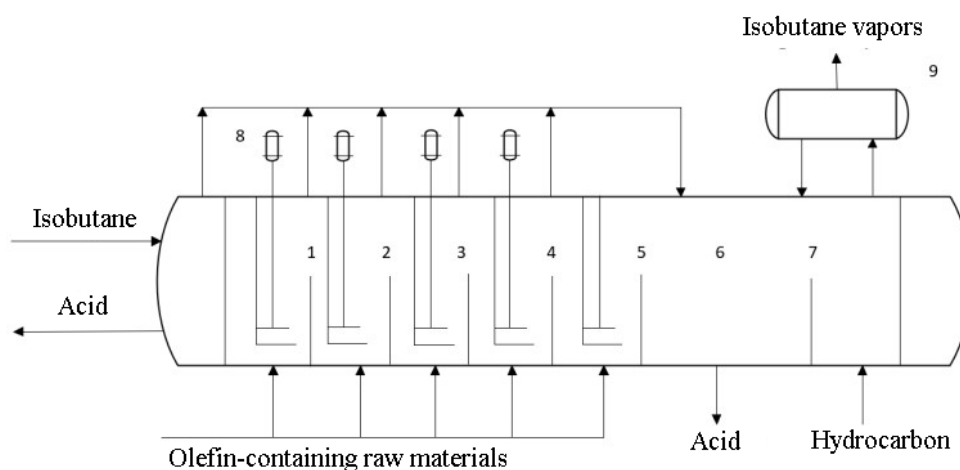


Figure 1 - Scheme of a horizontal cascade reactor: 1-5 - sections of the reactor; 6,7 – sedimentary zones; 8 – stirrers; 9 – separator [4]

The initial hydrocarbon mixture is subjected to preliminary purification from sulfur-containing compounds, as well as dehydration. Then, cooling in the heat exchanger with the evaporating isobutane, it is fed by five parallel streams into separate sections of the reactor-alkylator. Fresh and circulating sulfuric acid, as well as liquid isobutane, are fed into the first section. Alkylation products are removed from the settling section of the reactor, which then undergo the stages of neutralization with alkali and washing with water. After cleaning, the products are

sent to the circulating isobutane separation column. In the case of an excess of isobutane in the raw material at the installation, it is necessary to ensure its removal.

Various sulfuric acid alkylation reactors are described in the scientific and technical literature. For example, the international patent WO1998031454 describes a sulfuric acid alkylator reactor with static mixers (Figure 2) [5]. The reactor vessel (10) is designed for the alkylation of isoparaffins with olefins to obtain hydrocarbon alkylates and has a vertical cylindrical wall, an upper part, an inverted conical lower part (10a), internal perforated partitions (15) and several inlet tubes for emulsion injection (11) located along tangent to the reactor body (10).

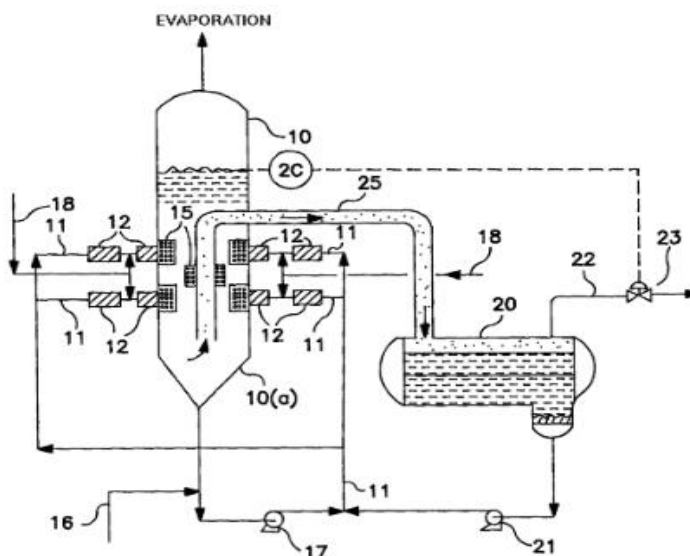


Figure 2 – Sulfuric acid alkylation reactor system with static mixers [5]

Inlet pipes (11) for emulsion injection have static mixers (12) built into them, and tangential injection of emulsion provides a circular movement of the contents of the reactor vessel (10), which results in a partial separation of the phases of the reacted products.

Disadvantages: The sulfuric acid-catalyzed system operates at low temperatures, approximately 2 °C to 7 °C, while the HF-catalyzed system operates

at ambient to elevated temperatures, approximately 20 °C to 40 °C. Thus, the sulfuric acid-catalyzed system is relatively more complex and energy-intensive, requiring some source of cooling of the reactants and/or reactor for efficient operation. Advantages: Relative to HF, the lower reactivity of sulfuric acid combined with its significantly lower vapor pressure means that sulfuric acid-catalyzed systems are easier and cheaper to build and maintain [5].

US Patent No. 9,580,366 describes a horizontal reactor such as the DuPont STRATCO® Contactor™ reactor (Figure 3) [6]. A continuous mixing reactor is a reaction vessel that has a continuous mixer with internal circulation, where circulation is provided by an impeller.

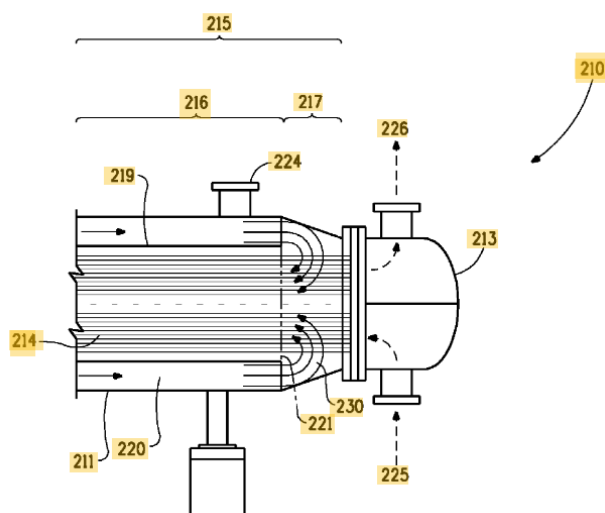


Figure 3 - Horizontal continuous mixing reactor [6]

The reactor is a horizontal pressure vessel with an outer shell, an inner circulation pipe, a mixing impeller, and indirect heat exchange provided by a tube bundle. These reactors are suitable for carrying out chemical reactions in conditions that ensure close contact between reactants, in one phase or in several phases.

Disadvantages: wear and tear of the reactor tubes was found. In the alkylation process, wear can be a consequence of the corrosive action of the acid catalyst, temperature, and other factors. The flow distribution in the reverse zone

creates pressure losses, which leads to an uneven flow to the center of the beam. Advantages: The continuous mixing reactor design allows for maximum circulation and turbulence of the internal fluids. Continuous mixing is ensured due to constant replenishment of raw materials and removal of processed substances [6].

As we can see from the literature sources, thanks to new technologies it is possible to monitor in more detail the effectiveness of the acid on which the alkylation reaction depends, changes in various parameters that affect the course of the reaction, and to timely correct the identified shortcomings of the devices.

The analysis of literary sources showed that the design of the reactor-alkylator with stirring devices is considered one of the best and most advanced. Five reaction zones with mixing devices are the best and most effective design option. At first, reactors with three sections were used, then their number was increased to seven, and then reduced to five.

Increasing the production efficiency of alkylate fractions can be achieved by upgrading the alkylator reactor, as such models were developed several decades ago and have a number of disadvantages.

To intensify the mixing of the contacting raw materials and acid, it is possible to modernize the reactor-alkylator mixers by installing additional flow swirlers on the shaft above each mixer. Flow swirlers will improve the hydrodynamics, create additional mixing of the mixture and increase the efficiency of the production of the target product.

References:

1. Gasoline. Electronic resource. Access mode: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D0%B8%D0%BD> (date of application 11.04.2023).
2. Anti-detonation properties of gasoline. Octane number. Electronic resource. Access mode: http://ni.biz.ua/3/3_2/3_25512_antidetonatsionnie-

[svoystva-benzinov-oktanovoe-chislo.html](#) (date of application 11.04.2023).

3. Fuels and lubricants, technical fluids and their supply systems. Book 1. Fuel and lubricants and technical fluids. // Lviv: Basis, 2012. – 353 p. ISBN 978-966-96904-6-3.

4. Akhmetov S.A., Serikov T.P., Kuzeev I.R., Bayazitov M.I. Technology and equipment of oil and gas refining processes // SPb: Nedra – 2006. – 868.

5. Patent WO1998031454. Sulfuric acid alkylation reactor system with static mixers // Electronic resource. Access mode: https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO1998031454&_cid=P11-LGCCVM-23976-1 , (date of application)

6. US patent № 9580366. Continuous mixing reactor and method of use // Electronic resource. Access mode: <https://patents.google.com/patent/US9580366B2/en?q=9580366> (date of application 11.04.2023).

UDC 66.047

SCRUBBER OF TAR WATER PROCESSING INSTALLATION

Chorna V.O., Haidai S.S.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

***ANNOTATION:** An analysis of the equipment of the technological scheme of the processing of tar water, namely the scrubber design, was carried out and the most rational type of design was chosen.*

***KEY WORDS:** TECHNOLOGICAL SCHEME, TAR WATER, AMMONIA WATER, COKE GAS, AMMONIA, PHENOL.*

СКРУБЕР УСТАНОВКИ ПЕРЕРОБКИ НАДСМОЛЬНОЇ ВОДИ

Чорна В.О., Гайдай С.С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

***АНОТАЦІЯ:** Проведено аналіз обладнання технологічної схеми переробки надсмольної води, а саме конструкції скрубера та обрано найбільш раціональний тип конструкції.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, НАДСМОЛЬНА ВОДА, АМІАЧНА ВОДА, КОКСОВИЙ ГАЗ, АМІАК, ФЕНОЛ.*

The principle of operation of the scrubber was developed back in the early-mid 19th century. Wet dust collection is carried out due to electrostatic and diffusion forces that arise, one way or another, as a result of the turbulence of the stream being cleaned.

Scrubbers are air pollution control devices that use a liquid to remove solid particles or gases from an industrial exhaust or flue gas stream. The sprayed liquid (usually water) traps particles and pollutant gases to effectively wash them out of the gas stream. Compared to other air pollution control devices, scrubbers are very versatile, capable of simultaneously removing solid particles, mists and gases, as well as providing cooling. They are also able to safely handle explosive and flammable gases. However, scrubbers suffer from high levels of corrosion and produce liquid waste streams that are less convenient for processing and disposal.

Advantages:

- with a small risk they can work with flammable and explosive dust;
- provides gas absorption and dust collection in one device;
- provides cooling of hot gases;
- compact; can often be retrofitted into existing collection systems;
- corrosive gases and dust can be neutralized.

Disadvantages:

- high potential for corrosion;
- collected particles may be contaminated and cannot be recycled;
- frost protection is required. Certain fluxes may require reheating to avoid visible plume;
- disposal of spent sludge can be very expensive;
- requires make-up water to replace purified liquid and utilized sediment.

The scrubber is designed for blowing phenols out of tar water with water vapor and extracting phenols from water vapor. For this scheme, it is necessary to choose a scrubber that would meet the following requirements: simplicity of design; ease of manufacture, productivity of the process, maintainability, ease of cleaning, ease of operation.

The main types of scrubbers:

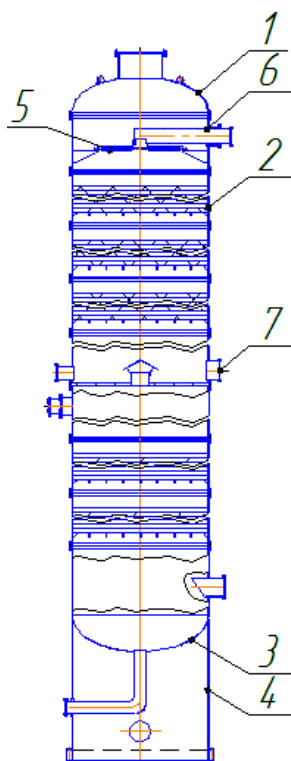
- Venturi scrubber;

- bubble scrubber;
- irrigated cyclone;
- semi-dry and dry scrubbers.

It is advisable to use a scrubber with nozzles for the dephenolization process. The use of a nozzle provides a large contact surface between the gas and the absorbers.

Chord fluoroplastic and metal spiral nozzles are used.

The scrubber, Figure 1, consists of a column in which nozzles, distribution TSN-2, Figure 2, plates, upper and lower covers are placed.

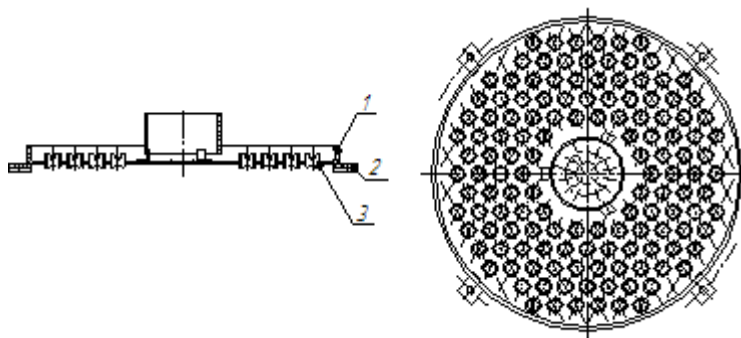


- 1 – cover; 2 – tsarga; 3 – bottom; 4 – cylindrical support; 5 – distribution plate;
6 – a fitting of the initial mixture; 7 – hatch

Figure 1 – Scrubber

The upper cover has a hole for the removal of steam, and the lower one for the removal of phenolates. The distribution plate is a horizontal grid in which a 330 nozzle is fixed. The lower ends of the pipes do not reach the end of the nozzle,

and the liquid level rises above their upper section, and they are filled with flowing liquid. To prevent rapid clogging of the nozzles, we accept their diameter of 57 mm, while the height is 70 mm. Gas and liquids pass through the same nozzles. The plates must be installed so that the upper sections of the nozzles are placed in one strictly horizontal plane.



1 – plate; 2 – bream; 3 – nozzle

Figure 2 – Distribution plate TSN-2

For diploma design in this technological scheme, it was chosen to use this very design.

References

1. Патент №2290992, МПК8 В01J 19/30. Елемент насадки для масообмінних апаратів/ Н. М. Ахметзянов, М. І. Фарахов, Н. Н. Ахметзянов, І. М. Шигапов, Н. Н. Маряхін, Т. М. Фарахов; ООО «Інженерно-впроваджувальний центр «ІНЖЕХІМ»». – Заявка №2005122751/15, 18.07.2005; Опубл.10.01.2007.
2. Патент №2297266, МПК8 В01D 43/04. Колонний масообмінний апарат/ Г. К. Зіберт, З. С. Фаліхов, В. В. Ключко. – Заявка №2005106478/15, 11.03.2005; Опубл. 20.04.2007.
3. Патент №6251227 (US), МПК7 В01J 35/02. Catalytic and absorptive-processes using containers for solid granular materials/ J. R. Banzaria (FR). Заявка № 08/350,116, 29.11.1994; Опубл. 26.06.2001.

СЕКЦІЯ 2

«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»

УДК 531/534

**APPLICATION OF THE LAGRANGE EQUATION TO STUDY THE
MOVEMENT OF A MATHEMATICAL PENDULUM**

**ЗАСТОСУВАННЯ РІВНЯННЯ ЛАГРАНЖА ДРУГОГО РОДУ
ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ МАТЕМАТИЧНОГО
МАЯТНИКА**

Student Vovk M., Doctor of philosophy, Associate Professor Shtefan N.I.

студент Вовк М.Є., к.т.н., доцент Штефан Н. І.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Annotation. The work is devoted to the study of the question of obtaining the equation of motion of a mathematical pendulum using the Lagrange equation of the second kind. The mathematical pendulum is considered as an example of a holonomic system. The corresponding Lagrange function is made. Differentiating this function accordingly, we compose the Lagrange equation of the second kind. Solving this equation determines the equation of motion of the mathematical pendulum.

Анотація. Робота присвячена дослідженню питання про отримання рівняння руху математичного маятника із застосуванням рівняння Лагранжа другого роду. Математичний маятник розглядається як приклад голономної системи. Складено відповідну функцію Лагранжа. Диференціюючи цю функцію відповідним чином, складаємо рівняння Лагранжа другого роду. Розв'язання цього рівняння визначає рівняння руху математичного маятника.

Keyword: MATHEMATICAL PENDULUM, LAGRANGE'S EQUATION OF THE SECOND KIND, HOLONOMIC SYSTEM, NUMBER OF DEGREES OF FREEDOM, GENERALIZED COORDINATES, LAGRANGE FUNCTION.

Ключові слова: МАТЕМАТИЧНИЙ МАЯТНИК, РІВНЯННЯ ЛАГРАНЖА ДРУГОГО РОДУ, ГОЛОНОМНА СИСТЕМА, ЧИСЛО СТЕПЕНЕЙ ВІЛЬНОСТІ, УЗАГАЛЬНЕНІ КООРДИНАТИ, ФУНКЦІЯ ЛАГРАНЖА.

Let us investigate the question of obtaining the equation of motion of a mathematical pendulum, using the Lagrange equation of the second kind.

As is known, the mathematical pendulum is a holonomic system. therefore, according to the method of applying Lagrange equations of the second kind, we determine the number of degrees of freedom of this system ($S=1$), and for the generalized coordinate we choose an angle φ – angle between pendulum deviation and vertical deviation, that is $q=\varphi$. Suppose there is no resistance force, so we have one equation:

$$\frac{d}{dt} \frac{dL}{d\dot{\varphi}} - \frac{dL}{d\varphi} = 0, \quad (1)$$

where $L=T-\Pi$ – is a Lagrange function.

It is known that the kinetic energy of a mathematical pendulum

$$T = \frac{1}{2} m(\dot{x}^2 + \dot{y}^2),$$

and: $x=l \sin\varphi$, $y=l \cos\varphi$.

Then we find:

$$T = \frac{1}{2} ml^2 \dot{\varphi}^2.$$

To calculate the potential energy of a mathematical pendulum, we consider that zero equivalent surface surface passes through its low position, therefore:

$$\Pi = mg l(1 - \cos\varphi).$$

So the Lagrangian function of a mathematical pendulum has the form:

$$L = \frac{1}{2}ml^2\dot{\varphi}^2 - mg l(1 - \cos\varphi).$$

By differentiating this function accordingly, we construct the Lagrange's equation of the second kind in form(1)

$$\ddot{\varphi} - \frac{g}{l} \sin\varphi = 0 \quad (2)$$

This equation is non-linear. His solution is well known from the mathematical literature.

If the angle of deviation of the pendulum from the vertical is small, the equation (2) is linearized, that is:

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{l} \varphi = 0 \quad (3)$$

And his solution has the form:

$$\varphi = A \sin\left(\sqrt{\frac{g}{l}} t + a\right).$$

This example illustrates the advantages of applying the Lagrange's equation of the second kind over the Lagrangian equations of the first kind. Then even at random values φ , it is easy to find a suspension reaction, applying the D'Alembert principle.

Therefore, the equation of motion of a mathematical pendulum using equations was obtained.

УДК 531/534

**IMPULSE OF THE SHOCK REACTION OF THE SUPPORT
DURING THE ROTATION OF THE DISK
ІМПУЛЬС УДАРНОЇ РЕАКЦІЇ ОПОРИ
ПРИ ОБЕРТАННІ ДИСКА**

Student Gurkivska T., Doctor of philosophy, Associate Professor Shtefan N.I.

Студент Гурківська Т.В., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікоського»

Annotation. *The paper is dedicated to the study of determining the momentum of the impact of support reaction if the impact is completely inelastic. Also this paper covers determining the angular velocity of the disk after the impact in a case of rotation of a homogeneous disk of radius R and weight m with angular velocity ω_0 . The theorem of the change of the principal moment of the amount of motion of the system relative to the axis of rotation is applied during the researching of this question.*

Анотація. *Робота присвячена дослідженню питання про визначення імпульсу ударної реакції опори, якщо удар є абсолютно непружним. Також ця стаття охоплює визначення кутової швидкості диска після цього удару для випадку обертання однорідного диска радіуса R і маси m з кутовою швидкістю ω_0 . При дослідженні цього питання застосовується теорема про зміну головного момента кількості руху системи відносно осі обертання.*

Keyword: AN IMPULSE, THE IMPACT OF SUPPORT REACTION, COMPLETELY INELASTIC IMPACT, THE MAIN MOMENT THE AMOUNT OF MOTION.

Ключові слова: ІМПУЛЬС, УДАРНА РЕАКЦІЯ ОПОРИ, АБСОЛЮТНО НЕПРУЖНИЙ УДАР, ГОЛОВНИЙ МОМЕНТ КІЛЬКОСТІ РУХУ.

We are investigating the question of determining the pulse of the impact of support reaction, if the impact is completely inelastic, and the angular velocity of the disk after the impact in a case of rotation of a homogeneous disk of radius R and weight m with angular velocity ω_0 .

Let's assume that at the rim of the disk at a velocity \vec{v} , hit the material point of weight m_1 .

By the theorem to change the main moment of movement of the system relative to the axis OZ , we have:

$$K_z - K_{z0} = \sum_{k=1}^n M_z(\vec{S}_k^e)$$

External shock impulse – is the impulse of the impact reaction of the axis of rotation \vec{S}_0 , which crosses the axis and its moment relative to the axis is zero. Therefore:

$$K_z = K_{z0}$$

– the main moment the amount of motion of system relative to the axis OZ after and before. Find them:

$$K_{z0} = K_{zg0} + K_{zm0} = I_z \omega_0 + M_z(m_1 \vec{v}),$$

or

$$K_{z0} = J_z \omega_0 + m_1 v R / 2.$$

Here K_{zg0} and K_{zm0} equals the number of disk and point movements at the initial time of the axis OZ .

As far as the impact is completely inelastic, then the velocity vector after impact u_1 directed tangentially to the rim of the disk .

Then we have:

$$I_z \omega_z + m_1 u_1 R = \omega_z (I_z + m_1 R_1^2),$$

or

$$\omega_z = \frac{mR\omega_0 + m_1 v}{R(m + 2m_1)}.$$

According to the theorem of the change of the amount of motion of the system

$$S_{ox} = \Delta Q_x,$$

$$S_{oy} = \Delta Q_y,$$

$$Q_0 = m_1 v,$$

$$Q = m_1 u,$$

$$\Delta Q = m_1 (u - v).$$

Therefore, as a result of substitution, we have:

$$S_{ox} = -m_1 \omega_z R \cos 30^\circ = -\frac{\sqrt{3} m_1 (mR\omega_0 + m_1 v)}{2(m + 2m_1)},$$

$$S_{oy} = m_1 (v - \omega_z R \cos 60^\circ) = \frac{m_1 (2mv + 3m_1 v - mR\omega_0)}{2(m + 2m_1)}.$$

References:

1. Кильчевський Н. А. Курс теоретической механики: В 2 т. – М.: Наука, 1972 – 1977. – Т. 2. – 543 с.
2. Павловский М. А. Теоретична механіка: Підруч. – К.: Техніка, 2002. – 512с.
3. Кошляков В. Н. Краткий курс теоретической механики. Кинематика. Кинетика: Учеб. – К.: Вища шк., 1933. – 312 с.
4. Лойцянский Л. Г., Лурье А. И. Курс теоретической механики: В 2 т. – М.: Наука, 1982 – 1983. – Т. 1. – 352 с.; Т. 2. – 630 с.

УДК 531/534

**APPLICATION OF THE OSTROGRAD-HAMILTON-JACOBI METHOD
TO STUDY THE MOTION OF A MATHEMATICAL PENDULUM
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ
ОСТРОГРАДСЬКОГО-ГАМІЛЬТОНА-ЯКОБІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
РУХУ МАТЕМАТИЧНОГО МАЯТНИКА**

Student Prozyuk M., Doctor of philosophy, Associate Professor Shtefan N.I.

Студент Процюк М.О., к.т.н., доцент Штефан Н. І.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Annotation. The paper considers the mathematical formulation of the problem of the motion of a mathematical pendulum, as well as the study of this motion using the method of Ostrogradsky-Hamilton-Jacobi. Used the corresponding canonical equations of motion in the Hamiltonian form and get the generating function of the canonical transformation.

Анотація. В роботі розглянута математична постановка задачі про рух математичного маятника а також дослідження цього руху за допомогою методу Остроградського-Гамільтона-Якобі. Використано відповідні канонічні рівняння руху у гамільтоновій формі та отримано твірну функцію канонічного перетворення.

Keyword: PENDULUM, CANONICAL TRANSFORMATION, GENERALIZED COORDINATES, METHOD OF OSTROGRADSKY-HAMILTON-JACOBI.

Ключові слова: МАТЕМАТИЧНИЙ МАЯТНИК, КАНОНІЧНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ, УЗАГАЛЬНЕНІ КООРДИНАТИ, МЕТОД ОСТРОГРАДСЬКОГО-ГАМІЛЬТОНА-ЯКОБІ.

Research of the problem of motion of a mathematical pendulum by the method of Ostrogradsky-Hamilton-Jacobi is reduced to finding the generating function of the canonical transformation as a complete integral of the equation of Ostrogradsky-Hamilton-Jacobi in the form:

$$\frac{\partial v^*}{\partial t} + H\left(t, g, \frac{\partial v^*}{\partial t}\right) = 0. \quad (1)$$

In this question the system with one degree of freedom to which the generalized coordinate φ corresponds is studied. We apply the method of separating variables. Since the linkage is stationary and has an energy integral, the problem is to determine the generating function V^* in the form:

$$V^* = -ht + V^*(\varphi, h), \quad (2)$$

considering that what $V_0^*(\varphi, h)$ – complete integral of the equation

$$H\left(\varphi, \frac{\partial V_0^*}{\partial \varphi}\right) = h.$$

We use the corresponding canonical equations of motion in Hamiltonian form and obtain the generating function of the canonical transformation in the form:

$$V^* = -ht + l\sqrt{2m} \int \sqrt{h - mgl(1 - \cos\varphi)} d\varphi. \quad (3)$$

According to the Ostrogradsky-Hamilton-Jacobi theorem, we differentiate the complete integral (3) and obtain the solution of the task:

$$\frac{\partial V^*}{\partial h} = -a_1;$$

$$-t + l \sqrt{\frac{m}{2}} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{h - mgl(1 - \cos\varphi)}} = -a_1, \quad (4)$$

or in the final form:

$$t - a_1 = l \sqrt{\frac{m}{2}} \int \frac{d\varphi}{\sqrt{h - mgl(1 - \cos\varphi)}},$$

considering that what a_1 – new arbitrary constant.

So,

$$\frac{\partial V^*}{\partial \varphi} = p\varphi;$$

and:

$$P_\varphi = l\sqrt{2m[h - mgl(1 - \cos\varphi)]}. \quad (5)$$

Correlation (4) and (5) give in quadratures the solution of the problem of motion of a mathematical pendulum. Constants a_1 and h are determined from the initial conditions.

УДК 531/534

**APPLYING THE UTILIZATION FACTOR KINETIC ENERGY
WITH IMPACT IN TECHNOLOGY**

**ЗАСТОСУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ВИКОРИСТАННЯ
КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ТЕХНІЦІ**

Student Sitnik V., Doctor of philosophy, Associate Professor Shtefan N.I.

Студент Ситник В.М., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Annotation. *The work is devoted to the study of the question of the utilization rate of kinetic energy for a widespread practical case, namely, for the case of pile driving. The velocities of interacting bodies are determined before and after a direct central impact. Found the efficiency of the pile driving process*

Анотація. *Робота присвячена дослідженню питання про коефіцієнт використання кінетичної енергії для розповсюдженого практичного випадку, а саме, для випадку забивки палі. Визначено швидкості тіл, які взаємодіють, до і після прямого центрального удару. Знайдено ККД процесу забивання палі.*

Keywords: PILE DRIVING, KINETIC ENERGY, DIRECT CENTRAL IMPACT, UTILIZATION FACTOR, EFFICIENCY OF THE PILE DRIVING PROCESS.

Ключові слова: ЗАБИВКА ПАЛІ, КІНЕТИЧНА ЕНЕРГІЯ, ПРЯМИЙ ЦЕНТРАЛЬНИЙ УДАР, КОЕФІЦІЄНТ ВИКОРИСТАННЯ, ККД ПРОЦЕСУ ЗАБИВАННЯ ПАЛІ.

Let us consider the question of the utilization rate of kinetic energy for a common practical case, namely, for the case of pile driving. It is known that in this case the energy of the pile after impact is considered useful.

$$T_2 = m_2 u_2^2 / 2 .$$

In this case, the initial energy of the hammer

$$T_0 = m_1 v_1^2 / 2 .$$

Efficiency of the pile driving process

$$\eta_1 = T_2 / T_0 .$$

Provided that the speed of the pile before the impact is zero, from the known ratios that determine the velocities of the bodies after a direct central impact, we determine the speed of the pile after the impact:

$$u_2 = \frac{m_1(1+K)v_1}{m_1+m_2} .$$

Then for the efficiency we have

$$\eta_1 = \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2} (1 + K)^2 . \quad (1)$$

Denote:

$$m_1 / m_2 = x ,$$

then from (1) we find that the efficiency

$$\eta_1 = \frac{x}{(1+x)^2} (1+K)^2 . \quad (2)$$

if you accept

$$K = \text{const, то } \eta_1 = \eta_1(x) .$$

According to (2),

$$\eta_1 = 0 \quad \text{при } x = 0;$$

as well as

$$\eta_1 \rightarrow 0 \text{ при } x \rightarrow \infty.$$

Therefore, we conclude that there is a maximum. We define it using well-known mathematical approaches, namely, we take the derivative of the function with respect to the corresponding parameter:

$$\frac{d\eta_1}{dx} = (1+K)^2 \frac{(1+x)^2 - 2x(1+x)}{(1+x)^4} = 0.$$

Analyzing the obtained mathematical dependence, we come to the conclusion that the maximum is reached at

$$x = 1.$$

Addiction

$$\eta_1 = \eta_1(x)$$

is presented in the figures below.

If $x = 1$, then we get

$$\eta_{1\max} = \frac{(1+K)^2}{4}.$$

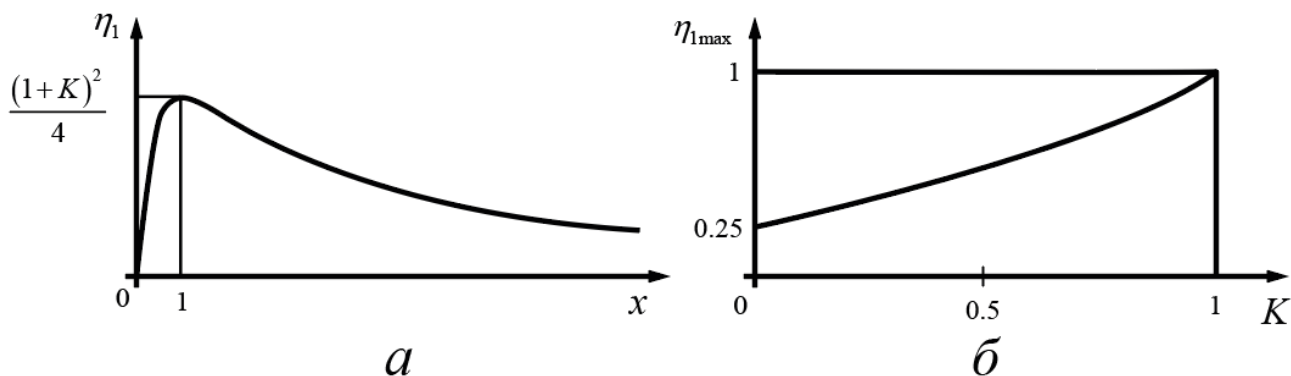


Figure 1 - Function result

УДК 531/534

**APPLICATION OF THE HAMILTON FUNCTION ON THE
EXAMPLE OF MATHEMATICAL PENDULUM MOTION.**

**ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЇ ГАМІЛЬТОНА НА ПРИКЛАДІ
РУХУ МАТЕМАТИЧНОГО МАЯТНИКА.**

Student Tartachnij N.,

Doctor of philosophy, Associate Professor Shtefan N.I.

СтудентТартачний Н.В., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Annotation. The work is devoted to the study of the Hamilton function on the example of the motion of a mathematical pendulum. The canonical equations of motion of a mathematical pendulum are compiled. The Lagrange function of a mathematical pendulum is used. A system of two first-order equations in Hamiltonian form with respect to two canonical variables is obtained.

Анотація. Робота присвячена дослідженню функції Гамільтона на прикладі руху математичного маятника. Складено канонічні рівняння руху математичного маятника. Використана функція Лагранжа математичного маятника. Отримано систему двох рівнянь першого порядку в гамільтоновій формі відносно двох канонічних змінних.

Keywords: MATHEMATICAL PENDULUM, CANONICAL EQUATIONS, LAGRANGE FUNCTION, GENERALIZED COORDINATE, HAMILTON FUNCTION, LAGRANGE FUNCTION.

Ключові слова: МАТЕМАТИЧНИЙ МАЯТНИК, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ФУНКЦІЯ ЛАГРАНЖА, УЗАГАЛЬНЕНА КООРДИНАТА, ФУНКЦІЮ ГАМІЛЬТОНА, ФУНКЦІЯ ЛАГРАНЖА.

Find the Hamilton function and compose the canonical equations of motion of a mathematical pendulum.

To do this, take the angle of deviation of the pendulum from the vertical φ , as a generalized coordinate, then we write the Hamilton function in the form:

$$H = p_{\varphi} \dot{\varphi} - L$$

Where P_{φ} an impulse, for displaying an international coordinate φ ;
L - Lagrange function.

Using the well-known Lagrange function of a mathematical pendulum

$$L = \frac{1}{2} ml^2 \dot{\varphi}^2 - mgl(1 - \cos \varphi)$$

we find that

$$P_{\varphi} = \frac{\partial L}{\partial \dot{\varphi}} = ml^2 \dot{\varphi}. \quad (2)$$

Then:

$$H = p_{\varphi} \dot{\varphi} - \frac{1}{2} ml^2 \dot{\varphi}^2 + mgl(1 - \cos \varphi). \quad (3)$$

Since formula (1), which is only a definition of the Hamiltonian function, includes both Lagrangian and Hamiltonian variables, it is used as such, as a rule, in general theoretical research. When solving problems, the function H is expressed in Hamiltonian variables. Therefore, in formula (3), based on relation (2), we should go to the variables φ and P_{φ} .

From expression (2) we determine the generalized velocity

$$\dot{\varphi} = \frac{1}{ml^2} p_{\varphi}$$

and substitute it in (3).

Doing known algebraic operations and transformations we find the expression of the Hamiltonian function of a mathematical pendulum

$$H(\varphi, p_{\varphi}) = \frac{1}{2ml^2} p_{\varphi}^2 + mgl(1 - \cos \varphi) \quad (4)$$

Using ratio (4), we compose the canonical equations of its motion, which will have a Hamiltonian form:

$$\dot{\varphi} = \frac{\partial H}{\partial p_{\varphi}}, \quad \dot{p}_{\varphi} = -\frac{\partial H}{\partial \varphi} \quad (5)$$

Find the partial derivatives:

$$\frac{\partial H}{\partial p_{\varphi}} = \frac{p_{\varphi}}{ml^2}; \quad \frac{\partial H}{\partial \varphi} = mgl \sin \varphi. \quad (6)$$

so, we obtain an explicit form of the canonical equations of motion of the mathematical pendulum after the ordination (6) in the right part (5):

$$\dot{\varphi} = \frac{p_{\varphi}}{ml^2}, \quad \dot{p}_{\varphi} = -mgl \sin \varphi. \quad (7)$$

Thus, determining the physical state of the mathematical pendulum by canonical variables φ and p_{φ} , instead of one differential equation of the second order in the form of Lagrange relative to one variable - generalized coordinate φ , we arrive at a system of two first order equations (7) in Hamiltonian form with respect to two canonical variables: φ and p_{φ} .

СЕКЦІЯ 3

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

УДК 628.1

MODIFICATION OF PAPER BASE FOR WATER PURIFICATION

postgraduate Hondovska A. S., master Mykhailenko N. V.,

associate professor Trembus I. V.

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

***Abstract.** The influence of polyvinyl alcohol consumption, cationic reagent on the cellulose fibers modification and the filtration process on the operational characteristics of membranes (color, turbidity) during the model humites solution filtration was studied.*

***KEYWORDS:** MEMBRANE, SODIUM HUMATE, INTERLINING BASE, AMMONIUM SALT, POLYVINYL ALCOHOL, COLOR, TURBIDITY*

Membrane technology for water purification from pollutants of various nature has become the best and highest quality technology today. The process has number of advantages over classic filtration, namely low energy costs during the filtration process, construction simplicity and membranes lightness. The search for improving the membranes characteristics for wider usage of the membrane method due to the porous substrates modification or polymer materials used to form membranes continues [1, 2].

The usage of natural polymers for membranes manufacture has been developing rapidly in recent years. The usage of cellulose as raw material is economically beneficial solution due to the fact that cellulose is the most common natural renewable, biodegradable and non-toxic polymer on Earth. Synthetic fibers, aminating reagents, polymers can be used as auxiliary substances to improve the properties of cellulose polymer membranes [3].

In the research it was used model solution of sodium humate with concentration of 100 mg/dm³ and interlining base with tensile strength 14 N in wet conditions. To improve the filtering capacity of the interlining base it was treated with polyvinyl alcohol (PVA) at concentration of 10 and 20% and with aminating reagent with ammonium group which was formed by the interaction of epichlorohydrin with triethylamine in aqueous medium.

Studies have shown that interlining base as independent filter material is not suitable for cleaning sodium humate. Purification of permeate is only 46% of the initial value. Therefore, for further base usage as filtering membrane various modifications of its surface were carried out. The study of material samples was carried out under atmospheric pressure. The results of laboratory tests are given in the table. 1.

Table 1 – Change in the quality indicators of the interlining base after processing

| Filtering material | Color, degree | Turbidity, mg/l |
|----------------------------------|----------------------|------------------------|
| Initial solution of humate Na | 1560 | 250 |
| Interlining base | 845 | 130 |
| Interlining base + PVA (10 %) | 905 | 133 |
| Interlining base + PVA (20 %) | 728 | 126 |
| Interlining base + ammonium salt | 340 | 17,5 |

It can be seen from experimental studies (Table 1) that the best purification of permeate occurs on a membrane cationized with ammonium salt. The usage of vinyl alcohol does not improve the substances removal that cause turbidity and color from the permeate since there is no interaction with cellulose fibers but only film is formed on the surface of the material.

References:

1. Obotey Ezugbe E., Rathilal S. Membrane Technologies in Wastewater Treatment: A Review. *Membranes*. 2020. Vol. 10. No. 5. P. 1-28
2. Kang G., Cao Y. Development of antifouling reverse osmosis membranes for water treatment: A review. *Water Research*. 2012. Vol. 46. P. 584-600.
3. Homelia M.D., Movchaniuk O.M. Filtruvalnyi material dlia baromembrannoho ochyshchennia vody. *Visnyk NTUU «KPI». Seriiia khimichna inzheneriia, ekolohiia ta resursozberezhennia*. 2014. – T1 (12). – с. 45-51.

УДК 620.95;63

**RENEWABLE BIOMASS WASTE TYPICAL FOR AREAS WITH
INTENSIVE AGRO-INDUSTRIAL ACTIVITY AND PROSPECTS FOR
THEIR UTILIZATION**

Ph.D. Belyaeva I., Zhukov K., Korbut N., Shpilberg L.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

***ABSTRACT.** The paper is devoted to the problem of combining and coordinating the utilization of local widespread renewable waste that contains a valuable resource.*

***KEYWORDS:** LOCAL WIDESPREAD RENEWABLE WASTE THAT CONTAINS A VALUABLE RESOURCE, UTILIZATION, SYSTEMIC INTENSIFICATION, HEAT- AND BIOTECHNOLOGICAL PROCESSES.*

**ВІДНОВЛЮВАНІ ВІДХОДИ БІОМАСИ, ХАРАКТЕРНІ ДЛЯ
ТЕРИТОРІЙ З ІНТЕНСИВНОЮ АГРОПРОМИСЛОВОЮ
ДІЯЛЬНІСТЮ І ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ УТИЛІЗАЦІЇ**

к. т. н. Беляєва І.П., Жуков К.Л., Корбут Н.С., Шпільберг Л.Ю.

Інститут технічної теплофізики НАН України

***АНОТАЦІЯ.** Робота присвячена проблемі поєднання та координації утилізації місцевих розповсюджених ресурсоцінних відновлюваних відходів.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МІСЦЕВІ РЕСУРСОЦІННІ ВІДХОДИ, УТИЛІЗАЦІЯ, СИСТЕМНА ІНТЕНСИФІКАЦІЯ, ТЕПЛО- І БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ.*

The report is devoted to the consideration of the issue of systemic intensification of thermal and biotechnological multi-stage processes in the utilization of resource-valuable waste from forestry, agro-industry, trade, public

catering and the social sphere for the production of fuel, thermal and electrical energy, fertilizers, fodder and pharmaceutical semi-finished products.

In the field of scientific and practical interests of the authors, we have problems of disposal of waste of biological origin, which are constantly generated in a number of sectors of the public economy, are used insufficiently, irrationally or not at all and have a negative impact on the environment.

Explanation of the term. Resource-valuable wastes are those that, in our opinion, are commercially promising for use as raw materials in the production of one or more types of goods listed above.

Waste from various industries.

1. Forestry. In forestry, the following waste is produced annually, which, in accordance with fire prevention rules, is burned in forest farms, with labor costs, liquid fuel and environmental pollution with combustion products. Such waste includes:

- a) Wood thickness gauge.
- b) Root wood.
- c) Unrealized and rejected firewood.
- d) Waste from own processing of commercial wood, which takes place in forestry farms: solid waste (side edges of edged boards); soft waste (bark, sawdust, shavings) [1].

2. Agricultural industry.

a) Plant growing: straw, post-harvest corn residues (stalks, leaves, ear wrappers), sunflower harvest residues, etc.

- b) Horticulture and viticulture (branches, wood at garden renewal).
- c) Animal husbandry:
 - Poultry farming: meat sector (dung in the litter), egg sector (native litter).
 - Cattle:

- at stall keeping (mixture of excrement with bedding material);
- cattle with kept housing without bedding during water flushing – a highly moist heterogeneous mixture of feces, urine and flushing water.

- Pig fattening:

- waste from maintenance (a mixture of feces, urine and bedding material);
- meat processing waste, meat products (lungs, kidneys, etc.);
- slime (the inner layer of the intestines, the so-called mucous raw material for the production of pharmaceutical anticoagulants).

d) Industrial mushroom cultivation. Waste of spent substrate for mushroom cultivation, which is subject to periodic removal from the territory of mushroom cultivation enterprises and is a promising raw material for the production of fertilizers.

3. Trade enterprises.

- a) Waste of fruit and vegetable storages.
- b) Waste of food chain enterprises of retail trade - supermarkets (food products with an expired shelf life).

4. Waste from public catering enterprises.

Wet solid and pasty leftovers from cafes, restaurants, canteens (including schools, sanatoriums, kindergartens, hospitals, etc.).

5. Waste of the social sphere.

- a) Sediments of municipal sewage treatment plants (excess sludge from biological aerobic conversion of the organic component of wastewater and "raw" sediment from physical and chemical wastewater treatment plants.

- b) In the future - solid household waste during the distribution collection of household garbage.

- c) Leaf litter and wood from the maintenance of green spaces in urbanized areas [2].

The listed types of waste are far from exhausting their possible nomenclature, but they are characteristic and are currently being studied by the authors for the purpose of organizing their disposal.

The main goal of the research is to promote the transfer of as much annual waste as possible, which is currently subject to destruction, into the category of resource-valuable raw materials for the profitable production of commodity products.

The substantiation of the perspective of the disposal of each type of waste needs to be developed on the basis of a system approach of a set of technical solutions, organizational and technical measures and business plans, which are a necessary condition for attracting private capital to public-private partnership in solving the problem of disposal of widespread waste of biological origin.

In our opinion, such a partnership is possible in the form of territorial targeted scientific and technical programs with the involvement of local communities, scientific institutions and business representatives [3].

References.

1. Кремньов В.О. та ін. Лісівництво і енергетика – нова зустріч після тимчасової розлуки. Проблеми екології та експлуатації об'єктів енергетики: Збірник праць / Інститут промислової екології. – К. : ІВЦ АЛКОН НАН України, 2022. –с. 181-184.

2. Кремньов В.О. та ін. Системна інтенсифікація тепло- і біотехнологічних процесів при утилізації ресурсоцінних відходів біологічного походження на території об'єднаних територіальних громад/ Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022: кол. моногр. Полтава – Львів: НУПП ім. Ю. Кондратюка, НУ «Львівська політехніка» — Дніпро: Середняк Т.К., 2022, С. 326-339. <https://nupp.edu.ua/page/opis-kolektivnoi-monografii.html>

3. Дослідження тепломасообмінних процесів і розробка нових енергоефективних методів та технологічного обладнання виробництва біопалива з лісорослинницьких відходів: звіт про НДР (заключний) ІТТФ НАН України; кер. В.О.Кремньов, А.В.Тимощенко. Київ, 2019, 390 с. № ДР 0115U002667.

УДК 542.48

ФРАКЦІЙНЕ ВИПАРЮВАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ РЕГЕНЕРАЦІЙНИХ РОЗЧИНІВ

Радовенчик Я. В. – к.т.н., доц., Гожан Ю. М. – магістр

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Найбільшого поширення в процесах пом'якшення води набули установки іонного обміну, негативним наслідком використання яких є утворення регенераційних розчинів в складі 6 – 24 % хлориду натрію та домішок іонів кальцію та магнію. Сьогодні, незважаючи на заборону нормативних документів, ці розчини без обробки зливаються в каналізаційні системи чи довкілля, підвищуючи і без того значну мінералізацію природних вод. Так, для забезпечення водою сім'ї із 3 – 4 осіб витрата соли для обслуговування іонообмінного фільтру складає 102,2 кг на рік. І це для установки самої малої продуктивності та самого малого об'єму іоніту. Тому немає необхідності наголошувати на важливості вирішення цієї проблеми, розроблені технології, котрі дозволять утилізувати чи повертати в технологічний процес розчин хлориду натрію, використовуючи його багаторазово.

Типовий склад 10%-их використаних регенераційних розчинів включає 76,72 г/дм³ NaCl, 16,65 г/дм³ CaCl₂, 10,57 г/дм³ MgCl₂*6H₂O. Таким чином, достатньо видалити сполуки кальцію та магнію і хлорид натрію можна повторно використовувати в процесах регенерації. Найбільш простим, хоч і енергозатратним, є термічний метод, котрий не потребує обробки реагентами і може бути успішно використаний в установках малої та середньої продуктивності.

Відомо, що розчинність різних сполук, котрі входять до складу відпрацьованого регенераційного розчину, суттєво різняться між собою (табл. 1). Саме цей факт покладено в основу нашої пропозиції можливого термічного відновлення регенераційних розчинів. Очевидно, що при випарюванні першим концентрації насиченого розчину досягне хлорид натрію і почне кристалізуватися. При подальшому випарюванні буде кристалізуватися хлорид магнію і в залишку буде хлорид кальцію.

Таблиця 1 – Розчинність компонентів відпрацьованих регенераційних розчинів

| № п/п | Сполука | Розчинність, г/дм ³ при температурі, °С | |
|-------|-------------------|--|-------|
| | | 20 | 100 |
| 1 | NaCl | 264,0 | 281,0 |
| 2 | MgCl ₂ | 353,0 | 423,0 |
| 3 | CaCl ₂ | 427,0 | 614,0 |

Важливим для практичного використання процесу є визначення вмісту хлориду магнію та хлориду кальцію в твердій фазі хлориду натрію і навпаки. Проведені нами дослідження при випарюванні у відкритій ємкості при атмосферному тиску показали, що в значній мірі це залежить від умов формування кристалів хлориду натрію. Випарювання розчинів вказаного вище хімічного складу до залишкового об'єму маточного розчину в 10 % від початкового об'єму показало, що за таких умов маса утвореної твердої фази складає 67 – 78 % початкового вмісту хлориду натрію в регенераційному розчині. Хімічний аналіз твердої фази, отриманої шляхом видалення з маточного розчину без додаткової обробки показав, що вміст хлоридів кальцію та магнію сумарно складає 33,5 – 40,0 г/кг. При приготуванні 10%-го регенераційного розчину з використанням отриманої твердої фази в якості

реагенту вміст солей жорсткості в ньому складатиме 3350 – 4000 мг/дм³, що досить суттєво вплине на загальні властивості розчину. Додаткове промивання твердої фази після видалення з регенераційного розчину насиченим розчином хлориду натрію в об'ємі 20 % від початкового об'єму регенераційного розчину дозволяє знизити вміст солей кальцію та магнію в твердій фазі до 12,2 – 14,1 г/кг. При цьому втрата твердого хлориду натрію не перевищує 2,7 %. При використанні утвореної твердої фази для приготування нового регенераційного розчину вміст солей жорсткості складе 1220 – 1410 мг/дм³ (76 – 88 мг-екв/дм³), що все ще досить багато. Тому відновлення 10%-го регенераційного розчину фракційним випарюванням доцільна лише при використанні отриманої твердої фази в інших виробництвах.

Залишок маточного розчину може бути повністю переведений в тверду фазу шляхом випарювання та при накопиченні достатньої кількості захоронений на спеціальному полігоні. Більш прийнятним видається обробка його відповідними реагентами для отримання, наприклад, фосфатів кальцію та магнію, котрі після відділення від рідкої фази можуть бути використані в якості мінеральних добрив для підвищення родючості ґрунту. При цьому вторинний маточний розчин містить, переважно, хлорид натрію, тому використовується для приготування нового регенераційного розчину. Можливий також варіант, коли при накопиченні достатньої кількості таких залишків маточного розчину їх піддають подальшому випарюванню для розділення сполук кальцію та магнію, якщо в цьому є доцільність.

Таким чином, фракційне випарювання в класичному варіанті не дозволяє отримати вторинну сировину достатньої якості. Як показують наші дослідження, перекристалізацією отриманої твердої фази можливо на порядок зменшити вміст сполук кальцію та магнію і отримати хлорид натрію, придатний для приготування нового регенераційного розчину.

UDC 664.8.047:536.66

**DETERMINATION OF CHANGES IN THE SPECIFIC HEAT OF
EVAPORATION FROM INFRARED RADIATION TREATED
BLUEBERRIES DURING DRYING**

Petrova Zh.O., Dr. Sci. (Engin.), Chief Researcher, Slobodianiuk K.S., PhD (Engin.), Senior Researcher, Dmytrenko N. V., PhD (Engin.), Senior Researcher, Ivanov S.O., PhD (Engin.), Senior Researcher, Grakov O.P., PhD-student

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Abstract. The work is devoted to the determination of the change in the specific heat of evaporation from blueberry treated with infrared radiation during drying. The heat of vaporization of moisture from the samples was investigated with the help of the DMKY-01 synchronous thermal analysis unit created at the Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, which is designed for the study of colloidal capillary-porous materials. An increase in the values of the heat of evaporation after reaching the moisture content of berries $W \leq 20\%$ showed that the majority of energy is spent on heating the material, and not on evaporating moisture from it.

Keywords: BLUEBERRY, DRYING, WAX, INFRARED RADIATION, HEAT OF EVAPORATION.

УДК 664.8.047:536.66

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ПИТОМОЇ ТЕПЛОТИ
ВИПАРОВУВАННЯ З ОБРОБЛЕНИХ ІНФРАЧЕРВОНИМ
ВИПРОМІНЮВАННЯМ ЯГІД ЛОХИНИ ПІД ЧАС СУШІННЯ**

Петрова Ж.О., д.т.н., г.н.с., Слободянюк К.С., к.т.н., с.н.с., Дмитренко Н.В., к.т.н., с.н.с., Іванов С.О., к.т.н., с.н.с., Граков О.П., аспірант

Інститут технічної теплофізики НАН України, м.Київ, Україна

Анотація. Робота присвячена визначенню зміни питомої теплоти випаровування з оброблених інфрачервоним випромінюванням ягід лохини під час сушіння. Теплоту випаровування вологи зі зразків було досліджено за допомогою створеної в Інституті технічної теплофізики НАН України установки синхронного термічного аналізу ДМКИ-01, яка призначена для дослідження колоїдних капілярно-пористих матеріалів. Підвищення значень теплоти випаровування після досягнення вологості ягід $W \leq 20\%$ показало, що переважна частина енергії витрачається на нагрівання матеріалу, а не на випаровування з нього вологи.

Ключові слова: ЛОХИНА, СУШІННЯ, ВІСК, ІНФРАЧЕРВОНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ТЕПЛОТА ВИПАРОВУВАННЯ.

As you know, the evaporation of moisture from plant materials requires significant energy costs. It is known that during the drying of plant raw materials there is a significant difference between the actual values of the specific heat consumption for the evaporation of moisture from them and the values of the specific heat consumption for the evaporation of pure water [1]. Due to the fact that during the drying of plant materials, the increase in energy costs is associated with the complicated permeability of cell membranes for water and the complexity of the water removal process (due to the interaction with soluble components of cell juice and molecules of the material skeleton) [2]. Due to the lack of data in the literature, it is important to investigate the effect of short-term treatment (10 minutes) with infrared radiation with a heat flow of 3800 W/m^2 on the value of the specific heat consumption for the evaporation of water in blueberry.

The heat of vaporization of moisture from the samples was investigated using the DMKY-01 synchronous thermal analysis unit [3] created at the Institute

of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine [3], which is designed for the study of colloidal capillary-porous materials.

The basis of the method of determining the heat of evaporation using this installation is the assumption that in isothermal conditions, the heat supplied to the wet material is spent on the evaporation of the liquid from it. The installation, which is equipped with two identical cells with cylindrical heat flow sensors, provides for setting and maintaining an isothermal temperature field in which the test sample is placed (Fig. 1).

Heat is supplied to the sample conductively and recorded by heat flow sensors. At the same time, the amount of liquid that evaporated from the surface of the material is determined by recording the change in the mass of the sample during the experiment. Intensification of the drying process in the installation is ensured by constant removal of air with excess moisture from the working chamber. The heat of vaporization is defined as the ratio of the amount of heat supplied to the sample over a certain period of time to the mass loss of the sample during this time:

$$\bar{r}_{ij}(T, m, \tau) = \frac{\int_{\tau_i}^{\tau_j} [Q_1(T) - Q_2(T) + Q_{HT}(T)] d\tau}{m(\tau_i) - m(\tau_j)}, \text{ J/kg} \quad (1)$$

where: $\bar{r}_{ij}(T, m, \tau)$ – specific heat of evaporation for the time interval from the initial moment i until the final moment j ; $Q_1(T)$ – heat flow through cell 1; $Q_2(T)$ – heat flow through cell 2; $Q_{HT}(T)$ – uncontrolled heat flow; $m(\tau_i) - m(\tau_j)$ – sample mass loss over time from τ_i to τ_j

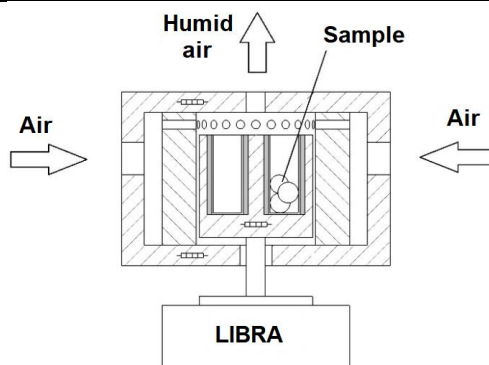


Fig. 1. Schematic diagram of the thermal unit of the DMKY-01 installation

Figure 2 shows the dependence of the specific reduced heat of evaporation of moisture from the tissues of whole pre-processed blueberry on their relative humidity for drying temperatures of 60 °C and 80 °C. It has been experimentally shown that already at the early stages of drying, the measured values of the heat of vaporization of the liquid exceed the recommended values for pure water with an increasing tendency.

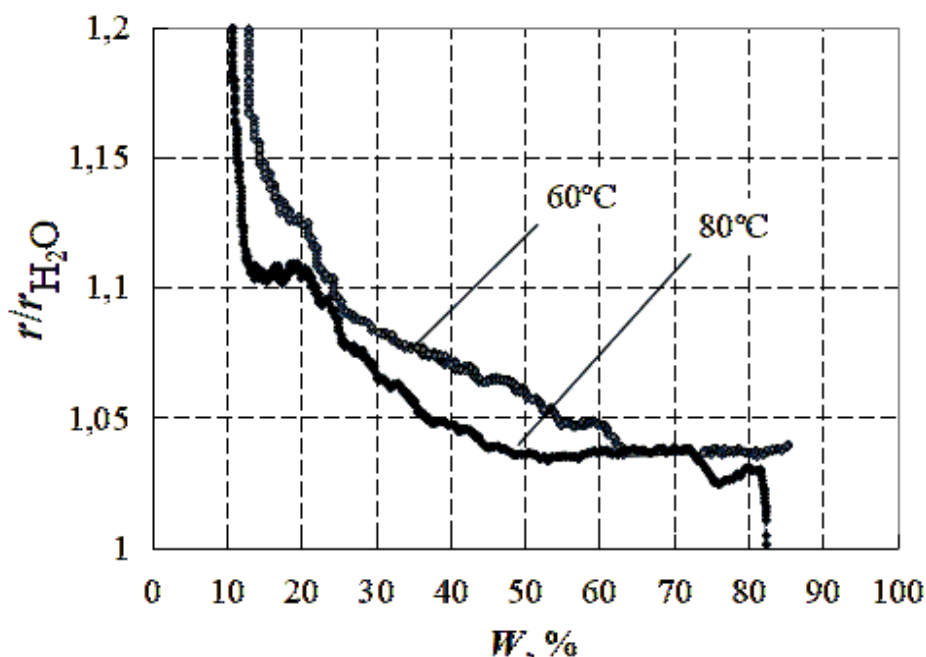


Fig. 2 – Dependence of the specific heat of evaporation of water from blueberry treated with infrared radiation on their relative humidity during drying at different temperatures (air velocity 0.8 cm/s, moisture content 8 g/kg of dry air)

It is assumed that this is related to the influence on the measured amount of organic compounds, mainly sugars, dissolved in the moisture of the berry. An increase in the specific heat of vaporization with a decrease in the moisture content of the sample indicates the predominant contribution of energy consumption to the release of moisture bound to the material and a gradual increase in the concentration of organic solutions. An avalanche-like increase in the heat of vaporization at the end of drying ($W \leq 20\%$) shows that most of the energy supplied to the sample is spent on heating the material, and not on evaporating moisture from it [4].

REFERENCES

1. Petrova Zh., Dmytrenko N., Slobodianiuk K. "Determination of heat of evaporation of soy-carrot mixture", 2nd International Scientific Conference «Chemical Technology and Engineering», Lviv, 2019, pp.69-70
2. Sniezhkin, Yu.F., Petrova, Zh.O., Samoilenko, K.M., & Slobodianiuk, K.S. (2022) *Teplomasoobminni protsesy otrymannia kombinovanykh funktsionalnykh poroshkiv*. Kyiv.: Tropea, 148. (in Ukr.)
3. *S. Ivanov, O. Dekusha, L. Vorobiov, L. Dekusha and Z. Burova, "The Synchronous Thermal Analysis Cyber-Physical System for the Wet Materials Properties Study," 2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), Lviv, Ukraine, 2019, pp. 197-200, doi: 10.1109/STC-CSIT.2019.8929763.*
4. Petrova Zh.O., Slobodianiuk K.S., Ivanov S.O., Hrakov O.P. *Vplyv kombinovanoho sushinnia koloidnykh kapiliarno-porystykh materialiv na enerhetychni vytraty. Teplofizyka ta Teploenerhetyka (Otrymano redaktsiieiu 12.04.2023).* <https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2023.0> (in Ukr.)

УДК 676.038.2

**ПАПЕРОТВОРНІ ВЛАСТИВОСТІ ВТОРИННОГО ВОЛОКНА З
ВИКОРИСТАНОГО АСЕПТИЧНОГО ПАКОВАННЯ ТЕТРА ПАК**

магістрант Пономаренко Є.В., к.т.н., доц. Мовчанюк О. М

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Згідно досліджень Міжнародної фінансової корпорації (IFC, Група Світового банку) щороку в Україні утворюється понад 13 млн тонн твердих побутових відходів (ТПВ). Більше 95% цих відходів спрямовується на полігони та звалища. Понад 15% об'єктів захоронення відходів перевантажені та не відповідають санітарним нормам. Можливості розширення наявних полігонів суттєво обмежені. Згідно з офіційними розрахунками близько 10 000 га землі країни зайнято полігонами та звалищами. Кардинально змінити ситуацію може лише реалізація інноваційного сценарію розвитку галузі поводження з ТПВ в Україні. А він передбачає застосування новітніх технологій переробки ТПВ та моделей управління галуззю [1].

Значний відсоток ТПВ припадає на долю використаного пакування, в тому числі асептичного, для рідких харчових продуктів, основним виробником якого є компанія «Тетра Пак». Таке пакування виготовляється на основі картону і містить до 75 % волокна, тому може використовуватися як сировина для виробництва паперу та картону [2].

Метою роботи є дослідження паперотворних властивостей волокон макулатури з використаного асептичного пакування Тетра Пак.

Для дослідження було обране використане асептичне пакування Tetra Prisma Aseptic з-під фруктових соків Jaffa і Tetra Gemina Aseptic з-під фруктових соків Galicia вітчизняних виробників. Дослідження проводили за

методикою [2]. Макулатуру звільняли від пластикових елементів та подрібнювали до розміру 30 x 50 мм. Тривалість просочення та набухання макулатури становила 60 хв. Після розпускання (упродовж 30 хв) отриману макулатурну масу звільняли від поліетилену та фольги, після чого розмелювали 20 хв з відбором проб. Приготування макулатурної маси здійснювали у лабораторному розмелювальному комплекті ЛКР-1, виготовлення лабораторних зразків паперу – на листовідливному апараті. Зразки виготовляли масою 80 г/м². Паперотворні властивості визначали за набором показників механічної міцності, що є загальноприйнятими у практиці світової паперової промисловості (розривної довжини, опору роздиранню та міцності на злом під час багаторазових перегинів).

Волокно, що було вилучене з досліджених видів використаного пакування, було натурального (бурого) кольору. У таблиці 1 представлено фізико-механічні показники якості виготовлених лабораторних зразків паперу з дослідженої вторинної сировини.

Таблиця 1. Фізико-механічні показники лабораторних зразків паперу

| Вид пакування | Розривна довжина, м | Опір роздиранню, мН | Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п. |
|---|---------------------|---------------------|--|
| Відходи використання пакування Tetra Gemina Aseptic | 3400 | 540 | 370 |
| Відходи використання пакування Tetra Prisma Aseptic | 5600 | 880 | 420 |

Як, видно з таблиці, вторинне волокно, що вилучене з відходів використання різного пакування Тетра Пак, має різні паперотворні

властивості. Tetra Prisma Aseptic, порівняно з Tetra Gemina Aseptic, за всіма визначеними показниками тримає першість. Так розривна довжина лабораторних зразків паперу з Tetra Prisma Aseptic більше на 65, опір роздиранню – на 63, а міцність на злом під час багаторазових перегинів – на 13 %. Можна припустити, що для виробництва пакування Tetra Gemina Aseptic було використане вторинне волокно. Це підтверджує і напис на пакуванні: «Купуючи цю картонну упаковку, Ви дбаєте про ліси на планеті».

Висновки. Проведені дослідження показали, що для виготовлення асептичного пакування Тетра Пак можуть використовуватися не лише первинні, а й вторинні волокнисті напівфабрикати. Тому паперотворні властивості волокон з використаного пакування можуть значно відрізнятись. Зразки паперу, що отримані з відходів пакування Tetra Prisma Aseptic, мають до 65 % вищі показники механічної міцності порівняно зі зразками, що виготовлені з пакування Tetra Gemina Aseptic. Проте волокно обох досліджених варіантів пакування придатне для виготовлення картонно-паперової продукції. Перероблення пакування Тетра Пак допоможе корисно утилізувати значну кількість ТПВ і зробити внесок у вирішення екологічних проблем країни.

Перелік посилань:

1. Тверді побутові відходи в Україні: потенціал розвитку, 2015. – 114 с. URL: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/504c5765-89d4-4be1-916e-ea27aa94feaf/22+.pdf?MOD=AJPERES&CVID=1NpI3Ew> (Дата звернення: 20.04.2023).

2. Мовчанюк О.М. Перероблення відходів споживання асептичного пакування «Тетра Пак» для виробництва паперу для гофрування. Вісник НТУУ "КПІ" : Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2011. – № 2(8). – С. 102–107.

УДК 628.3

ОЦІНКА МЕТОДІВ ІОНООБМІННОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД НІТРАТ-ІОНІВ

к. т. н, доцент Трус І.М., к. т. н. Твердохліб М.М., к. т. н, ст. н. с.
Макаренко І.М., к. т. н. доцент Сіренко Л.В., студент Тараненко А.С.

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

Анотація. В роботі досліджені процеси іонообмінного вилучення нітратів з води за допомогою низькоосновного аніоніту DOWEX Marathon WBA у СІ формі. Встановлено ефективність регенерації даного аніоніту розчинами карбонату калію та аміаку.

Ключові слова: НІТРАТИ, ІОННИЙ ОБМІН, ПОВНА ОБМІННА ДИНАМІЧНА ЄМНІСТЬ, ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Нітрати, як правило, містять в усіх ґрунтових та поверхневих водах. Їх джерелом зазвичай є агротехнічне виробництво, в річну воду нітрати надходять із комунально-побутовими та поверхневими стоками [1, 2]. Майже всі стічні води в тій чи іншій кількості містять нітрат-іони і їх концентрація з кожним роком все підвищується. Гранично допустима концентрація нітратів у воді складає 45 мг/дм³. Існує ряд способів очистки води від нітратів, які розрізняються за своєю суттю, технічними засобами, вартістю та ступенем очистки. Зазвичай використовують процеси зворотного осмосу, електродіалізу, іонного обміну, біологічну очистку та каталітичну деструкцію. Вибір методу видалення нітратів обумовлюється конкретною ситуацією [3].

Іонний обмін на ряду з ефективним пом'якшенням та видаленням сульфатів з хлоридами, використовується для селективного видалення

нітратів [4, 5]. При фільтруванні води через аніонітні смоли іони NO_3^- адсорбуються на фільтрі в обмін на іони OH^- чи Cl^- . Для цього можуть бути використанні високоосновний аніоніт АВ-17-8 або низькоосновний Dowex Marathon WBA [6 - 8]. Окрім широко відомих аніонообмінних смол, для видалення з води нітратів можна використовувати іоніти Purolite A 520E та Purolite A 300. Ефективність видалення нітратів за допомогою цих смол досить висока.

В результаті проведених досліджень по вилученню з води нітратів в роботі [9] показано, що низькоосновний аніоніт Dowex Marathon WBA забезпечує ступінь вилучення нітратів на рівні 90-97 %. При використанні аніоніту з концентрацією нітратів 3,0, 3,3 та 3,6 мг-екв/дм³ було встановлено, що повна обмінна динамічна ємність (ПОДЄ) становить 1,075, 1,103 та 1,195 г-екв/дм³ відповідно, що є цілком задовільним показником (рис.1).

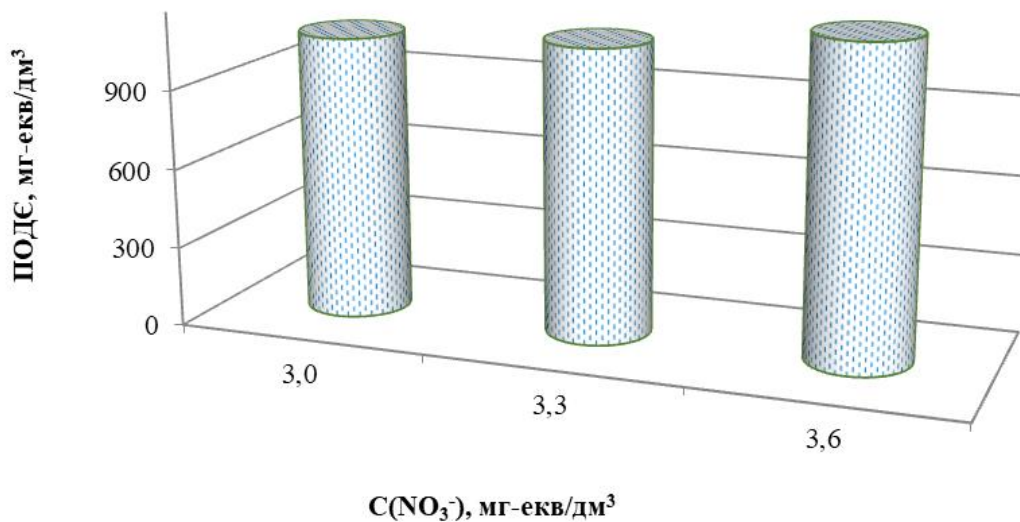


Рис. 1. Залежність ПОДЄ аніоніту Dowex Marathon WBA по нітратах від їх концентрації в розчині за різних вихідних концентрацій

Встановлено, що низькоосновний аніоніт краще сорбує нітрати в хлоридній формі, в основній формі сорбція нітратів не відбувається. При

проведенні регенерацій було встановлено, що ефективність регенерації низькоосновного аніоніту Dowex Marathon WBA найкраще проходить при використанні основних розчинів – карбонату калію та аміаку.

Література

1. Гомеля М.Д. Оцінка впливу хлоридів на іонообмінне очищення води від нітратів / М.Д. Гомеля, В.М. Грабітченко, І.М. Трус // *Екологія и промышленность*. – 2015. – № 1 (45). – С. 61–65.

2. Гомеля М.Д. Іонообмінне вилучення з води нітратів / М.Д. Гомеля, І.М. Трус, А.І. Петриченко, Т.О. Шаблій // *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. – 2015. – № 59. – С. 19–24.

3. Giammarino M. Nitrates in drinking water: relation with intensive livestock production / M. Giammarino, P. Quatto // *Journal of Preventive Medicine and Hygiene* – 2015. – V. 56. 4. – P. 187 – 189.

4. Trus I. Optimal conditions of ion exchange separation of anions in low-waste technologies of water desalination. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. – 2022. – № 57, 3. – P. 550-558.

5. Trus I. Ion-exchange separation of anions for the development of low-waste technologies for water demineralization / I. Trus, H. Fleisher, V. Vorobyova, O. Hlushko, M. Gomelya // *Metallurgical and Mining Industry*. – 2017. – №6 . – P. 8-13.

6. Trus I., Gomelya M. Low-waste technology of water purification from nitrates on highly basic anion exchange resin. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 57, 4, 2022, 765-772.

7. Trus I. Optimal conditions of ion exchange separation of anions in low-waste technologies of water desalination. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 2022, 57, 3, 550-558.

8. Shelir E. Mathematical modelling and reactor design for multi-cycle bioregeneration of nitrate exhausted ion exchange resin / E. Shelir, J. R. Deborah // Water Research. – 2016. – V. 88. № 1 – P. 766 – 776.

9. Trus I., Gomelya, M., Halysh, V., Tverdokhlib, M., Makarenko, I., Pylypenko, T., Chuprinov Y., Benatov D., & Zaitsev, H. Low waste technology for the removal of nitrates from water //Archives of Environmental Protection. – 2023. – № 49 (1). – P. 74-78.

УДК 676.062.014.362

ВПЛИВ КИСЛОТНОСТІ НА ПРОЦЕС ЗБЕРІГАННЯ ПАПЕРУ

О. Орлова, магістрант, Р. Черьопкіна, доцент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Показано причини деградації целюлози в умовах тривалої дії кислот. Розглянуто вплив ендогенних та екзогенних джерел кислот на збереження паперу.

INFLUENCE OF ACIDITY ON PAPER STORAGE PROCESS

O. Orlova, master, R. Cherepkina, Assoc. Prof.,

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract: The significance of the causes of cellulose degradation under conditions of long-term action of acids is shown. The influence of endogenous and exogenous sources of acids on the preservation of paper is considered.

Папір є одним із основних джерел збереження інформації. Сучасність проблеми обумовлена тим, що архівні документи на паперовій основі з часом зазнають впливу різних шкідливих для неї чинників, які призводять до незворотнього процесу втрати хімічної та фізико-механічної стабільності.

Хімічна стійкість паперу, в основному, залежить від технологічного процесу його виготовлення та від якості вихідної сировини.

Оскільки природна целюлоза в силу своєї будови здатна до реакцій окиснення та гідролізу, тому вона піддається деструкції. У результаті характерними є хімічні зміни в макромолекулі целюлози – розрив

полімерного ланцюга, виникнення нових функціональних груп, що ініціюють подальші деструктивні процеси. До основних факторів, які підсилюють ці процеси можна віднести гідролітичну деструкцію целюлози в присутності кислот, які утворюються в ході окиснювальних реакцій. Окислювальні процеси під час тривалого зберігання, в цілому, збільшують кислотність паперу [1].

Целюлоза – це полісахарид, молекули якого побудовані із ланцюгів β -D – глюкопіранози, які з'єднані глікозидним зв'язком 1-4.

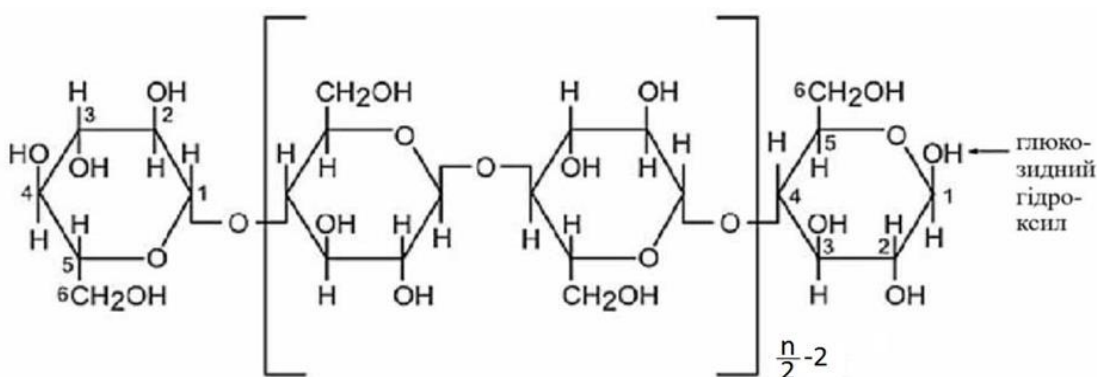


Рисунок 1 – Макромолекула целюлози за Хеуорсом

У кислому середовищі найменш стійким є глікозидний зв'язок між елементарними ланками макромолекули целюлози, а за наявності адсорбованої вологи це призводить до перебігу гідролітичних реакцій. Хімічна структура целюлозного ланцюга, ступінь його деструкції, вміст окиснених груп суттєво впливає на швидкість та характер гідролізу.

У результаті природного старіння папір стає крихким, ламким та жовтіє.

Метою роботи є аналіз впливу кислотності на деградацію целюлози.

Останніми дослідженнями показано, що серед різних екологічно шкідливих речовин, особливо кислоти, були ідентифіковані як основна причина швидкої деградації целюлози. Як відмічається вченими, джерелами

утворення таких кислот можуть бути ендогенні, або екзогенні умови. Ендогенні кислоти утворюються із самого паперу [2,3].

Типовими екзогенними джерелами кислот є леткі органічні речовини, в тому числі газоподібні органічні кислоти. До найбільш поширених летких органічних сполук, присутніх у повітрі приміщень у цілому і в повітрі, що контактує з папером зокрема відноситься ацетатна кислота.

У процесі зберігання папір активно поглинає із забрудненого повітря пари кислоти. Ступінь абсорбції папером кислих компонентів залежить від буферної ємності паперу по відношенню до них, відносної вологості повітря та інших факторів. У результаті папір, що зберігається тривалий час в архівах, набуває кислотності в межах рН 3,2–5,0 [2].

У роботі показано, що у папері під впливом окислювального процесу відбувається перетворення гідроксильних груп у карбонільні групи та утворення напівацетатних поперечних зв'язків, окиснення до карбонових кислот та складнофірних поперечних зв'язків, що призводить до ефекту ороговіння поверхні. Тобто у присутності ацетатної кислоти спостерігається гідрофобізація поверхні паперу. У результаті виникає проблема захисту паперу від деградації водними сумішами, які використовуються у таких випадках. З підвищенням гідрофобності паперу зменшується проникнення води або сумішей водних розчинників під час його оброблення для консервації [3].

Висновки. Дослідниками обґрунтовано, що концентрація оцтової кислоти в атмосфері, що оточує папір, є основним визначальним фактором щодо зниження тривалості збереження паперу, однак у більшості випадків не зрозуміло, яке співвідношення впливу ендогенних та екзогенних факторів.

Список літератури:

1. Технологія недеревних волокнистих напівфабрикатів: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-

професійної програми «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології» /

Р.І. Черьопкіна, І.В. Трембус, І.М. Дейкун В.А., Барбаш В.А.; – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 229 с.

2. Rodica-Mariana Ion ,Ramona Marina Grigorescu, Lorena Iancu, Madalina Elena David, Adriana Cirstoiu, Georgiana Iulia Paraschiv, Maria Geba. Morphological and Mechanical Properties of Book Cellulose-Based Paper (XXth Century) Treated with Hydroxyapatite Nanoparticles Heritage, 2022, 5(3), 2241-2257; <https://www.mdpi.com/2571-9408/5/3/117>

3. Antje Potthast, Kyujin Ahn, Manuel Becker, Thomas Eichinger, Mirjana Kostic, Stefan Böhmendorfer a, Myung Joon Jeong, Thomas Rosenau. Acetylation of cellulose – Another pathway of natural cellulose aging during library storage of books and papers. Carbohydrate Polymers 287 (2022) 119323. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861722002272>

УДК 676.14+676.026

ПАПІР-ОСНОВА ДЛЯ ХАРЧОВОГО ПЕРГАМЕНТУ

к. т. н., доцент Трембус І. В., магістр Сироїд Т.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація. *Запропоновано використання солом'яної целюлози, одержаної ресурсоощадним способом делігніфікації, у виробництві паперу-основи для харчового пергаменту. Застосування такої інноваційної технології дозволить покращити показники якості готової продукції, зменшити її кінцеву вартість та знизити негативний вплив на навколишнє середовище.*

Ключові слова: *харчовий пергамент, папір-основа, солом'яна целюлоза, фізико-механічні характеристики*

Харчовий пергамент – це папір, який має жиронепроникність, не боїться вологи і високих температур, що і пояснює широкий спектр його застосування. Папір міцний, щільний, в'язкий і напівпрозорий, виготовляється з паперу-основи яка в свою чергу виготовляється з первинного волокна (сульфатної хвойної вибіленої целюлози) з метою збереження високих фізико-механічних показників. Такі волокнисті напівфабрикати мають високу білість та показники міцності, але і високу вартість.

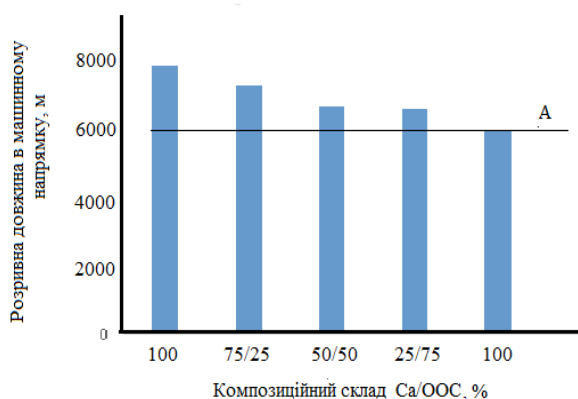
З метою здешевлення кінцевої продукції на заміну більш дорогої сульфатної хвойної вибіленої целюлози в роботі пропонується використовувати більш дешеву солом'яну целюлозу. У порівнянні з сульфатним способом делігніфікації рослинної сировини солом'яний

волокнистий напівфабрикат було отримано екологічно безпечним способом варення.

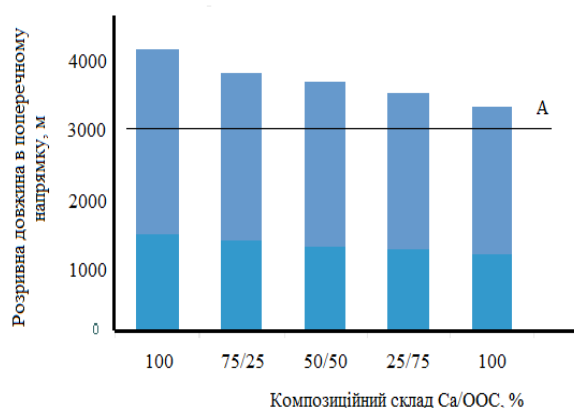
При дослідженні процесу одержання целюлози із січки пшеничної соломи в системі "оцтова кислота – вода – пероксид водню – лимонна кислота" за основу було взято технологічні режими, розроблені авторами роботи [1, 2].

Для отримання лабораторних зразків паперу-основи для харчового пергаменту використовували органосольвентну солом'яну целюлозу та сульфатну хвойну вибілену целюлозу марки ХБ-2 різного композиційного складу (від 100 % сульфатної целюлози до 100% солом'яного волокнистого напівфабрикату). Ступінь млива ВНФ становив 75 ± 5 °ШР. Лабораторні зразки паперу виготовлялися масою 64 ± 4 г/м², показники їх якості визначалися згідно нормативних документів (рис. 1).

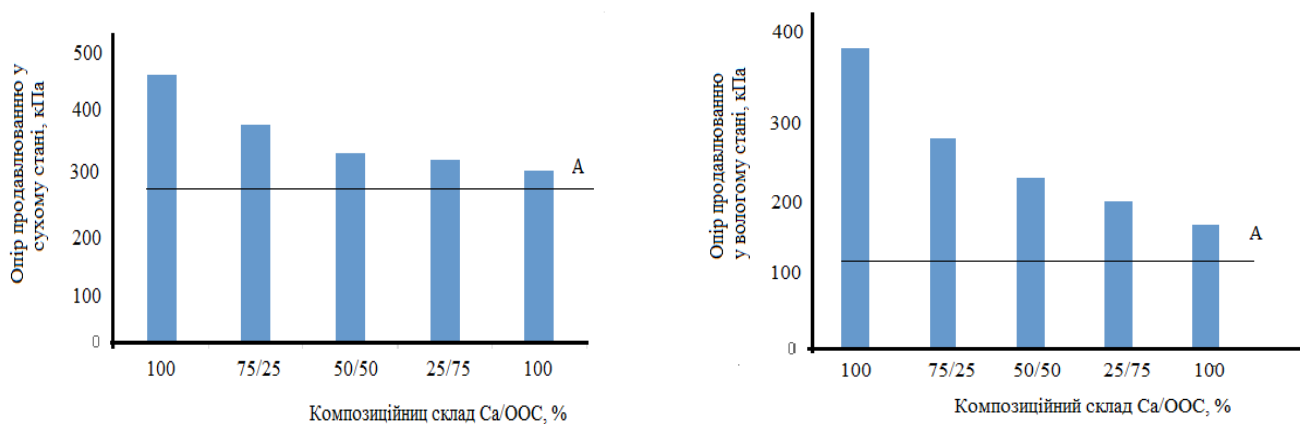
Солом'яна целюлоза, яку використовували для досліджень мала наступні показники якості: вихід 63,8 %, вміст залишкового лігніну 1,98 % від маси абс. сух. сировини, розривна довжина 6210 м, опір роздиранню 394 мН, міцність на злам під час багаторазових перегинів 80 к.п.п.



а

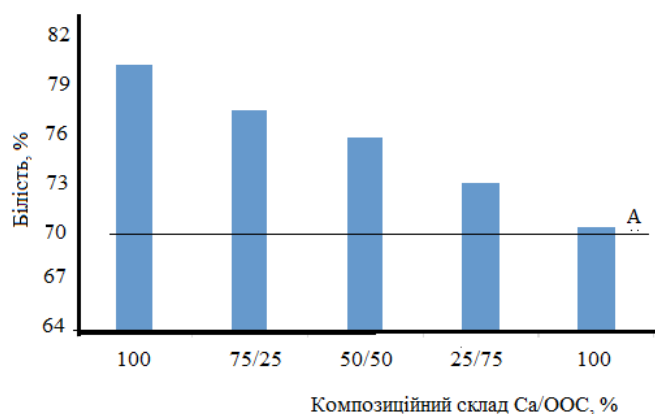


б



В

z



д

Ca' - вибілена сульфатна хвойна целюлоза;

ООЦ'' - окисно – органосольвентна солом'яна целюлоза.

Рисунок 1 – Показники міцності паперу - основи для харчового пергаменту різного композиційного складу: *a* – розривна довжина в машинному напрямку; *б* – розривна довжина в поперечному напрямку; *в* – відносний опір продавлювання в сухому стані; *г* - відносний опір продавлювання у вологовому стані; *д* – білість.

Папір-основа для харчового пергаменту, отриманий з 75 % окисно-органосольвентної солом'яної целюлози та 25 % хвойної целюлози, за своїми показниками якості відповідає нормативним документам марки А.

Використання в композиції даного виду паперу окисно-органосольвентної солом'яної целюлози не зменшує показників міцності паперу, але зменшує його собівартість та покращує екологічний стан довкілля.

Перелік посилань:

1. Trembus I., Gondovska A., Tinytska Y., Mykhailenko N. Resource-saving oxide-organo-solvent technology of straw fiber semi-finished products // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія Технічні науки. 2022. – Т33 (72). – №2. – с. 180-184
2. Мороз В.М., Остапенко А.А. Нове в технологічних процесах виробництва паперу та картону з макулатури // Упаковка. – 2011. – № 1. – С. 20–23.

УДК 678.18

ОДЕРЖАННЯ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ СТЕБЕЛ СОЇ ОРГАНСОЛЬВЕНТНИМ МЕТОДОМ

Г.В. Лизак, Д.М. Бондарчук, І.М. Дейкун

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

пр. Перемоги, 37, Київ-56, 03056

e-mail: i.deikun@kpi.ua

На сьогодні в Україні значна кількість рослинних відходів зернових, олійних і технічних культур у вигляді соломи хлібних злаків, стебел ріпаку, сої, соняшнику, зернової кукурудзи, лляної і конопляної костриці не використовуються іншими галузями і є потенційною сировиною для целюлозно-паперової галузі промисловості.

Цей ресурс має щорічну відновлюваність та може бути стабільним джерелом сировини для виробництва волокнистих напівфабрикатів, що надзвичайно актуально, оскільки спостерігається погіршення якості та дефіцит макулатури, яка є базовою сировиною для вітчизняних підприємств з виробництва паперу та картону.

З усіх олійних культур 60 % їхнього світового виробництва приходить на сою. Серед світових виробників Україна займає 9-те місце за валовим збором насіння сої, ця культура є другою олійною культурою, після соняшника, за обсягом посіву [1].

Дослідженнями встановлено, що паперотворні властивості волокнистих напівфабрикатів з однорічних рослин і відходів вирощування сільськогосподарських культур значною мірою визначаються морфологічною будовою і розмірами елементарних волокон; хімічним

складом рослинної сировини; методами і режимами делігніфікації, які використовуються для одержання напівфабрикатів [2].

Мета дослідження - отримання волокнистих напівфабрикатів зі стебел сої органосольвентним методом та визначення їх якісних показників.

Делігніфікацію органосольвентним методом подрібнених стебел сої проводили у термостійких колбах на водяних банях зі зворотними холодильниками розчином перексикислоти, який готували змішуванням розчину пероксиду водню концентрацією 30 % та оцтової кислоти крижаної у співвідношенні 30:70. Гідромодуль варіння – 10:1. Тривалість делігніфікації – 60, 90 і 120 хв. Після закінчення варіння волокнисті напівфабрикати промивали теплою водою до нейтрального середовища, висушували і визначили показники якості.

Під час варіння спостерігали зміну забарвлення целюлози зі стебел сої із сірувато–коричневого на білий. Делігніфікація відбувається завдяки тому, що пероцтова кислота руйнує молекули лігніну, діючи на зв'язки між ароматичними кільцями його молекул, на білість також впливає і деструкція хромофорних груп лігніну.

Проведеними дослідженнями встановлено, що зі збільшенням тривалості варіння із 60 до 120 хв закономірно знижується вихід, вміст мінеральних речовин та залишкового лігніну у волокнистих напівфабрикатах.

Показники якості волокнистих напівфабрикатів із стебел сої після проведення процесу делігніфікації органосольвентним методом наведено у таблиці:

| Показник целюлози, % | Тривалість варіння, хв | | |
|-------------------------|------------------------|-------|-------|
| | 60 | 90 | 120 |
| Вихід від січки | 63,14 | 60,01 | 57,12 |
| Вміст лігніну | 6,45 | 1,92 | 1,38 |
| Вміст золи | 1,88 | 1,08 | 0,94 |

Таким чином, за результатами пероцтового варіння стебел сої отримали вибілену целюлозу з достатньо високим виходом і низькими значеннями вмісту залишкового лігніну та мінеральних речовин.

Лабораторні зразки, виготовлені з волокнистих напівфабрикатів, розмелених до ступеня млива 60 °ШР, мали високі показники механічної міцності: розривна довжина 7100... 7300 м, абсолютний опір роздиранню 300..305 мН.

Такі волокнисті напівфабрикати можуть використовуватися у композиції для виробництва таропакувальних видів паперу та картону.

Література

1. Тенденції та перспективи виробництва олійних культур в Україні й аналіз експорту олії. URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/20517-tendentsii-ta-perspektyvy-vyrobnytstva-oliinykh-kultur-v-ukraini-i-analiz-eksportu-olii.html>
2. В.А. Барбаш В.А, В.В. Галиш В.В., І.М. Дейкун І.М. [Вплив пероцтової делігніфікації на лігноцелюлозний комплекс біомаси](#)/Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii, 2022, No. 4, pp. 3-10.

УДК 541.18.045

**EFFICIENCY EVALUATION OF ULTRA FILTRATION
POLYSULPHONE MEMBRANE**

Associate professor Trembus I. V., postgraduate Hondovska A. S.,
master Mykhailenko N. V.,

**National Technical University of Ukraine
"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

Abstract: The effects of pressure and duration for filtration on specific membranes productivity during humates model solution filtration were investigated.

KEYWORDS: ULTRAFILTRATION MEMBRANE, HUMATE SOLUTION, PRESSURE, SPECIFIC PRODUCTIVITY.

The option of membrane is the main problem during the implementation of any membrane process. Each group of technological processes requires specially developed membrane for its solution. Therefore the progress of their use is related to the membranes production with various characteristics of the porous structure and surface properties [1].

The membranes forming method from polymer solutions by the method of phase inversion is widely used among other forming methods [2]. Important class of polymers are polysulfones (PSF) and polyethersulfones (PES) [2]. They have high chemical and thermal resistance. These polymers are widely used as base materials for ultrafiltration membranes as well as substrates for composite membranes. High film-forming properties, amorphous glassy state, stability at low and high pH values make usage of polysulfone promising for obtaining functional polymers and membranes based on them [3].

The purpose of work was to study the performance of the UPM 20 ultrafiltration membrane.

A hydrogen solution of humites with a concentration of 100 mg/dm³ was used as a model solution. The specific productivity (transmembrane flow rate) γ was determined by the formula, m³/(m²•hour):

$$\gamma = \Delta V / (S \cdot \Delta t)$$

where ΔV – permeate volume, m³;

S – filtering area, m²;

Δt – duration of filtration, hours.

The results of membrane studies are shown in fig. 1

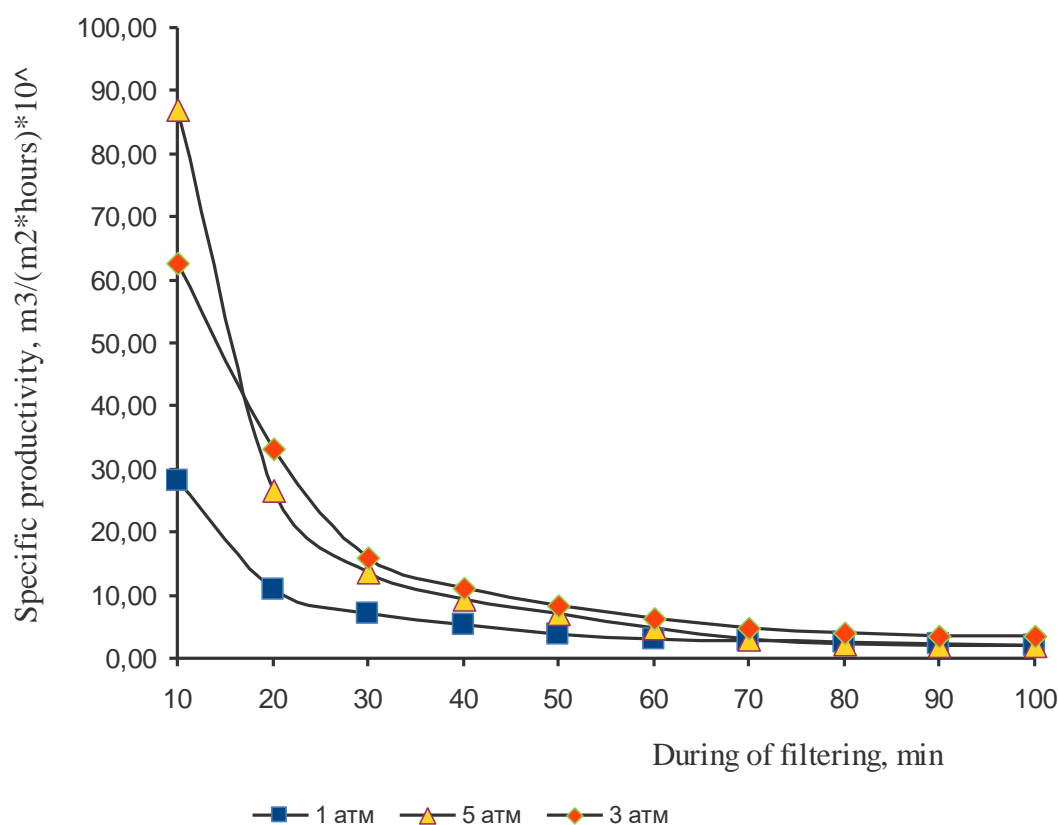


Figure 1 – Dependence of the specific productivity on the filtration duration at different pressures

It can be seen from given dependences that each pressure values are characterized by presence of three process periods. The first period is characterized by sharp, the second by slower decrease in membrane productivity. The third period is characterized by almost constant value of specific productivity. As a result, the mode of filtration process is stable. The most intense decrease in productivity for all pressures is observed in the first 20 minutes. During this period the structure of the material is maximally compacted under the action of pressure. Studies have shown that the UPM-20 membrane can be used to filter solutions of various degrees of contamination.

References:

2. Босак В.З., Бурбан А.Ф., Вакулюк П.В., Стадний І.А., Сіжук О.В. Формування ультрафільтраційних полісульфонових мембран та дослідження їх властивостей // Магістеріум. 2006. – Т24. – №2. – с. 9-13.

3. Kaiser V., Stropnic C. Polimeric membranes preparation by wet phane separation: mechanisms and elementary processes // Desakination. 2002 – Т145.

Young Tai-Horg, Huang Jhi-Hsien, Chuang Wen-Yuan Effect of evaporation temperature on the formation of particulate membranes from crystalline polymers by drycast process // Eur. Polym. 2002. – V38. – №1. – p. 63-72.

УДК 676.16.022.6.034

**ОТРИМАННЯ ВОЛОКНИСТОГО НАПІВФАБРИКУ ІЗ СТЕБЕЛ
АМБРОЗІЇ ПОЛИНОЛИСТОЇ (*Ambrosia artemisiifolia*)**

магістрантка Килюшик Т.І., асистентка Ященко О.В.,
професор Барбаш В.А.

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

Анотація. Описано процес отримання волокнистого напівфабрикату (ВНФ) із амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia* L.) натронним способом делігніфікації та визначення її паперотворних властивостей. Показано, що із збільшенням тривалості варіння закономірно зменшується вихід ВНФ, вміст залишкового лігніну і мінеральних речовин. Розраховано і проаналізовано показники вибірковості вилучення лігніну натронним способом варіння стебел амброзії полинолистої. Визначено фізико-механічні показники паперових відливок із ВНФ із амброзії полинолистої, що свідчать про можливість її використання для виробництва картонно-паперової продукції.

Ключові слова: АМБРОЗІЯ ПОЛИНОЛИСТА, ВОЛОКНИСТИЙ НАПІВФАБРИКАТ, ПАПІР

**PRODUCTION OF A FIBROUS SEMI-FABRIC FROM THE STEMS OF
AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA (*Ambrosia artemisiifolia*)**

graduate student Tetiana Kyliushyk, assistant Olha Yashchenko,
professor Valerii Barbash

**National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

Abstract. The process of obtaining a pulp from ambrosia polynofolia (*Ambrosia artemisiifolia* L.) by the sodium delignification method and determining

its paper-making properties is described. It is shown that with an increase in the duration of cooking, the yield of pulp, the content of residual lignin and mineral substances naturally decreases. The indicators of the selectivity of lignin extraction by the sodium method of boiling ambrosia polynofolia stalks were calculated and analyzed. The physical and mechanical parameters of paper castings from pulp made of ambrosia polynofolia were determined, which indicate the possibility of its use for the production of cardboard and paper products.

Keywords: AMBROSIA POLYNOFOLIA, NANOCELLULOSE, PAPER

Основним компонентом усіх рослин є целюлоза – найпоширеніших біополімер на планеті з річною продуктивністю до $1,5 \times 10^{12}$ т [1]. Целюлоза має велике значення, оскільки з неї виробляють папір і картон, а шляхом хімічного перероблення – цілий ряд різноманітних продуктів: штучне волокно, пластичні маси, лаки, бездимний порошок, оксигелюлоза, мікрокристалічна целюлоза, наноцелюлоза, тощо. Основною сировиною для одержання волокнистих напівфабрикатів (ВНФ), придатних для виробництва паперу та картону, є деревина. Протягом останніх років площа лісів на планеті зменшується, а обсяги споживання картонно-паперової продукції зростають [2], що вимагає від науковців здійснювати пошук нових джерел целюлози.

До таких джерел відноситься недеревна рослинна сировина (НДРС), що швидко відновлюється і має невисоку вартість. Одним із представників НДРС є амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L.), яка вважається злісним карантинним бур'яном, вкрай невибаглива до умов існування і за наявності сприятливих умов існування може досягати до двох метрів заввишки та знаходить застосування в деяких рецептах нетрадиційної медицини [3].

У світовій целюлозно-паперовій основними способами одержання целюлози із рослинної сировини залишаються сульфатний та сульфідний

методи варіння, які є екологічно небезпечними і потребують складного технологічного обладнання [4]. Альтернативою цим способам є органосольвентні і натронні способи делігніфікації рослинної сировини, які можна проводити за атмосферного тиску та температури до 100 °С.

Тому в роботі досліджено процес отримання ВНФ із стебел амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia* L.) натронним способом делігніфікації та визначено його паперотворні властивості. Для цього зібрані стебла амброзії полинолистої на полях Чернігівської області висушували до повітряно-сухого стану за кімнатної температури, видаляли листя та суцвіття, а стебла подрібнювали до розмірів 5 мм – 10 мм і зберігали для подальших досліджень.

Варіння ВНФ проводили за температури 100 °С у 5 %-му розчині гідроксиду натрію в скляних термостійких колбах об'ємом 1000 см³ за гідромодуля 10:1 тривалістю від 60 до 180 хв. Отриманий ВНФ промивали на ситі теплою водою до нейтрального рН стічних вод, висушували до повітряно сухого стану і визначали його характеристики, наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники якості ВНФ із стебел амброзії полинолистої

| Тривалість обробки, хв | Вихід, % | Вміст залишкового лігніну, % | Вміст залишкової золи, % |
|------------------------|----------|------------------------------|--------------------------|
| Вихідна сировина | 100 | 25,4 | 1,80 |
| 60 | 64,2 | 20,7 | 1,67 |
| 120 | 59,6 | 11,0 | 1,46 |
| 180 | 50,0 | 7,3 | 1,25 |

З наведених у табл. 1 даних видно, що зі збільшенням тривалості обробки від 60 до 180 хв вихід ВНФ закономірно зменшується, що зумовлене

переходом до варильного розчину екстрактивних речовин, частини геміцелюлоз, лігніну та низькомолекулярних фракцій целюлози, З даних табл. 1 також видно, що вміст золи та лігніну значно зменшується вже після 60 хв обробки, а подальше збільшення тривалості обробки дозволяє краще вилучити нецелюлозні компоненти із рослинної сировини.

З метою порівняння показників вибіркості вилучення лігніну із стебел амброзії полинолістої натронним способом виконано розрахунки таких показників, як: селективність (Сл), ступінь видалення вуглеводів (СВВ) та ступінь делігніфікації (СД). Результати розрахунки показників наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Показники вибіркості вилучення лігніну із стебел амброзії полинолістої натронним способом

| Тривалість варіння, хв | Сл, % | СВВ, % | СД, % |
|------------------------|-------|--------|-------|
| 60 | 73,0 | 31,8 | 47,7 |
| 120 | 73,4 | 28,9 | 74,2 |
| 180 | 63,9 | 37,9 | 85,6 |

Аналіз одержаних даних свідчить про те, що максимальна селективність і мінімальне вилучення вуглеводів спостерігається за тривалості варіння 120 хв у 5 % розчині гідроксиду натрію за відносно високого значення ступеня делігніфікації.

Для дослідження паперотворних властивостей одержаних ВНФ зі стебел амброзії полинолістої в лабораторних умовах проведено виготовлення паперових відливок, фізико-механічні показники яких наведених у таблиці 3.

Як видно із даних таблиці 3, фізико-механічні показники відливок з амброзії полинолістої зростають із збільшенням тривалості варіння. Таким чином, із амброзії полинолістої можна отримати ВНФ, що відповідають

вимогам до волокнистих напівфабрикатів для виробництва картонно-паперової продукції.

Таблиця 3 – Фізико-механічні показники паперових відливок із ВНФ із амброзії полинолистої

| Тривалість варіння, хв | Число подвійних перегинів | Індекс продавлювання, кН/г | Розривна довжина, м |
|------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|
| 60 | 90 | 4,2 | 6000 |
| 120 | 120 | 4,4 | 6200 |
| 180 | 145 | 4,7 | 6500 |

Перелік посилань:

1. Барбаш В. А., Яценко О. В. Одержання солом'яної целюлози у системі ізобутанолу — гідразину — КОН. Technology audit and production reserves, 2014 - № 6/5 (20), - С. 17 – 20.

2. Модифікований ASAE спосіб делігніфікації пшеничної соломи / В.А. Барбаш, С.П. Примаков, І.В. Трембус, М.О. Кулік // Науковий вісник НТУУ "КПІ". Сер. Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. — 2010. — № 2. — С. 92—96.

3. Амброзія [Електронний ресурс] – URL: <https://agrarii-razom.com.ua/news-agro/ambroziya-zaprovadila-karantin-na-chernigivshini>.

4. Розробка стратегічної програми розвитку целюлозно-паперової промисловості України : закл. звіт/Міжнародна фінансова корпорація: Асоціація«УкрПапір». – К., 2007. – 321 с.

УДК 536.7; 536.24

ОГЛЯД І ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ТЕПЛОВИХ АКУМУЛЯТОРІВ

к.т.н., пр.н.с Демченко В.Г., к.т.н., пр.н.с Коник А.В., Хоменко М.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України

З зміною філософії природокористування та бурхливим розвитком зеленої енергетики, теплове акумулювання набуло широкого розповсюдження [1]. З'явилися нові конструкції обладнання, що реалізують різноманітні механізми акумулювання та способи їх реалізації [2]. Одним з ключових напрямків досліджень стало створення або пошук нових теплоаккумуляційних матеріалів (далі ТАМ), що здатні протягом тривалого часу в різноманітних діапазонах температур зберігати теплову енергію. Але одним з визначаючих факторів вибору при застосуванні ТАМ є їх фізичний стан – тверде тіло, газ, рідина або матеріал з фазовим переходом. Останні ТАМ, мають великі перспективи, оскільки за рахунок теплоти фазового переходу здатні акумулювати більшу кількість теплоти при значно менших об'ємах.

Серед твердих матеріалів найбільше розповсюдження здобули камінь, щебінь, гравій, пісок, граніт, бетон, цегла і т.д. Серед рідинних ТАМ – вода, в наслідок високої теплоємності, унікальних фізико-хімічних властивостей, доступності, безпечності застосування.

Органічні сполуки. На сьогоднішній день найбільшого розповсюдження з органічних ТАМ має парафін. Пояснити це можна тим, що йому властива значна теплота фазового переходу, відсутність переохолодження, низький коефіцієнт в'язкості, він не змішується з водою і спиртом, має низьку електропровідність, довговічність, стабільність складу,

не кипить, екологічно безпечний, не токсичний, корозійно стійкий, не дорогий та доступний. Крім цього, має досить широкий діапазон температур фазових переходів для застосування в мобільних теплових акумуляторах, рисунок 1.

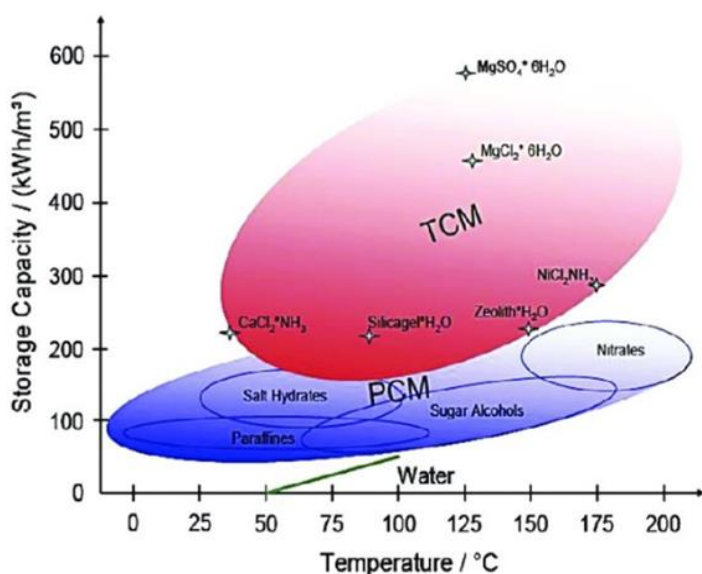


Рисунок 1 - Класи теплоакумуючих матеріалів з фазовим переходом та їхні температура та теплота плавлення [3].

Парафін має досить низький коефіцієнт теплопровідності в твердій фазі, має схильність до самозаймання при певних умовах, а також в процесі життєвого циклу може дещо змінювати густину при фазовому переході, тому при виборі для теплового ядра необхідно буде додатково проводити експериментальні дослідження.

На рисунку 2 зображено класи теплоакумуючих матеріалів в залежності від діапазону температури плавлення.

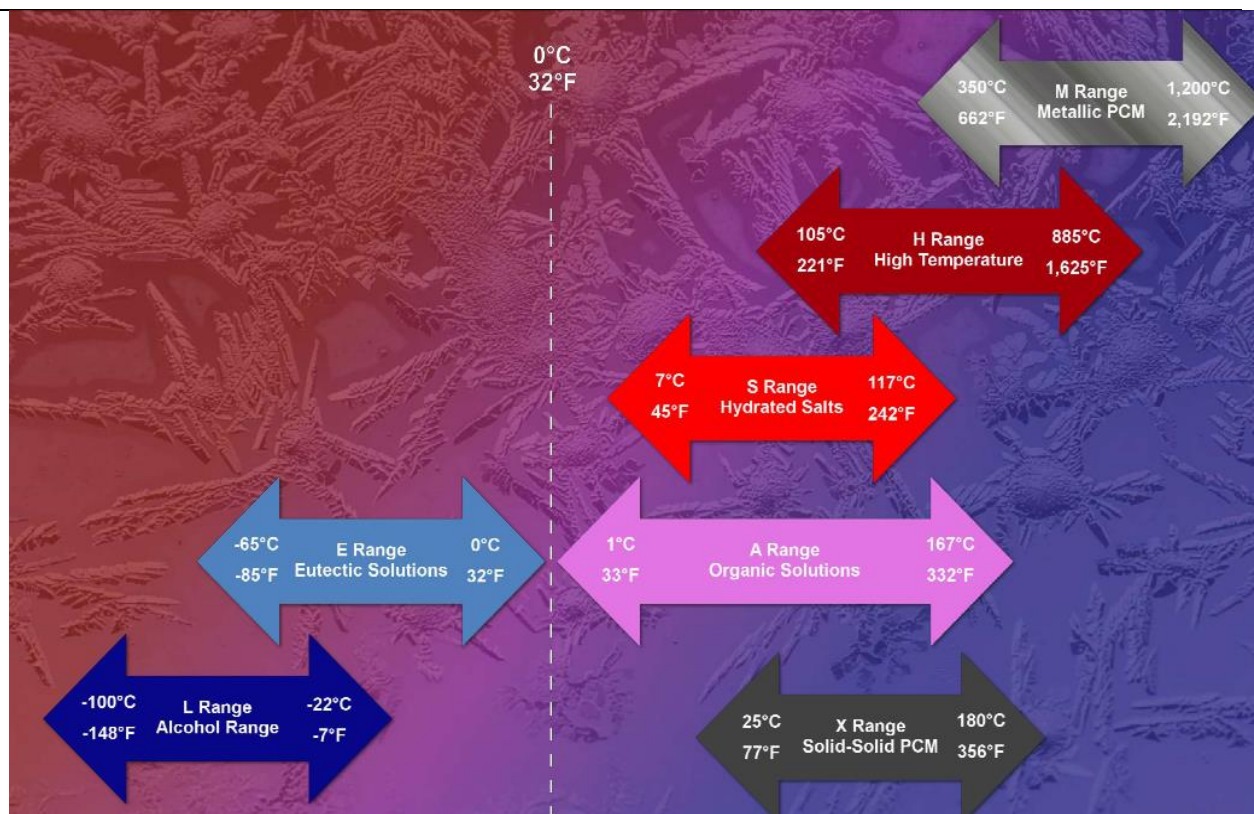


Рисунок - 2 Ранжування теплоаккумуляційних матеріалів за діапазонами температур плавлення [4,5].

Насичені жирні кислоти мають температуру плавлення, як і парафіни, що зростає зі збільшенням довжини молекули відповідно значенню теплоти плавлення. Вони стабільні після багатократних циклів плавлення-кристалізації (термоцикування), бо є однокомпонентними, також в них відсутнє переохолодження і мають низьку теплопровідність. Однак, їх вартість втричі вища, аніж у парафінів.

Воски природного походження мають діапазон температур плавлення - 55...100 °С, до того ж мають не високу вартість. Розповсюдженим є озокерит, який є не дорогим і доступним. Він являє собою суміш твердих вуглеводнів з більшою або меншою домішкою рідких, газоподібних вуглеводнів, що входять до складу нафти. Хімічний склад включає: віск (69...80%), парафін (3...7%), мінеральну оливу (1...2%), нафтові смоли (8...10%), асфальтени (0,5...5%), механічні домішки (3...8%) [6]. Він має

високу теплоємність і низьку теплопровідність. Густина складає від 850 до 970 кг/м³, температура плавлення – від 58 до 100 °С.

Цукрові спирти (гідрогенізовані форми вуглеводів) мають більш високий діапазон температур фазових переходів, а тому не підходять в якості ТАМ для мобільних теплових акумуляторів. Однак у порівнянні з іншими ТАМ вони є безпечнішими та відносно новими видами матеріалів.

Поліетиленгліколь (ПЕГ) представляє собою полімер етиленгліколю. Діапазон температур плавлення залежить фактично від його молекулярної маси і не досягає необхідних значень, оскільки складає - 10...60 °С.

Неорганічні сполуки. До цієї групи входять гідрати солей, солі металів та метали.

Група солегідратів у своєму складі має кристалізаційну воду. Діапазон температур фазового переходу знаходиться межах 7...117 °С, рисунок 1. Гідрати вирізняються високою теплопровідністю у порівнянні з органічними матеріалами, негорючі і дешевші за парафіни. Однак, їх застосування ускладнене першочергово через їх високу корозійну активність. Крім цього, вони мають низьку термостійкість при великій кількості циклів експлуатації, сегрегацією фаз та переохолодження.

Якщо розглядати кристалогідрати, то вони мають достатньо високі значення питомої теплоти плавлення, але проявляють нестабільність фізико-хімічних показників і на певних циклах плавлення необоротно розкладаються на воду, безводну сіль і кристалогідрат з меншим вмістом води. В результаті цього теплота, що виділяється при розрядці акумулятора менше очікуваної. Тобто, спостерігається розділення фаз і відбувається поступова зміна хімічного складу. Через це кристалогідрати мають обмежений ресурс роботи. Діапазон температур фазових переходів складає 40...90 °С.

Евтектичні суміші. Це композиції органічних і неорганічних сполук,

на сьогоднішній день літературні дані стосовно їх теплофізичних властивостей обмежені. Склад сумішей можна підбирати залежно від потрібної температури фазового переходу. Евтектичні суміші вирізняються високою густиною енергії, відсутністю розшарування та конгруентним фазовим переходом. Однак, їх використання обмежене через високу вартість.

Проаналізувавши зазначені класи матеріалів, зведемо всі недоліки і переваги акумуляторів, які працюють на їх основі, рисунок 3.

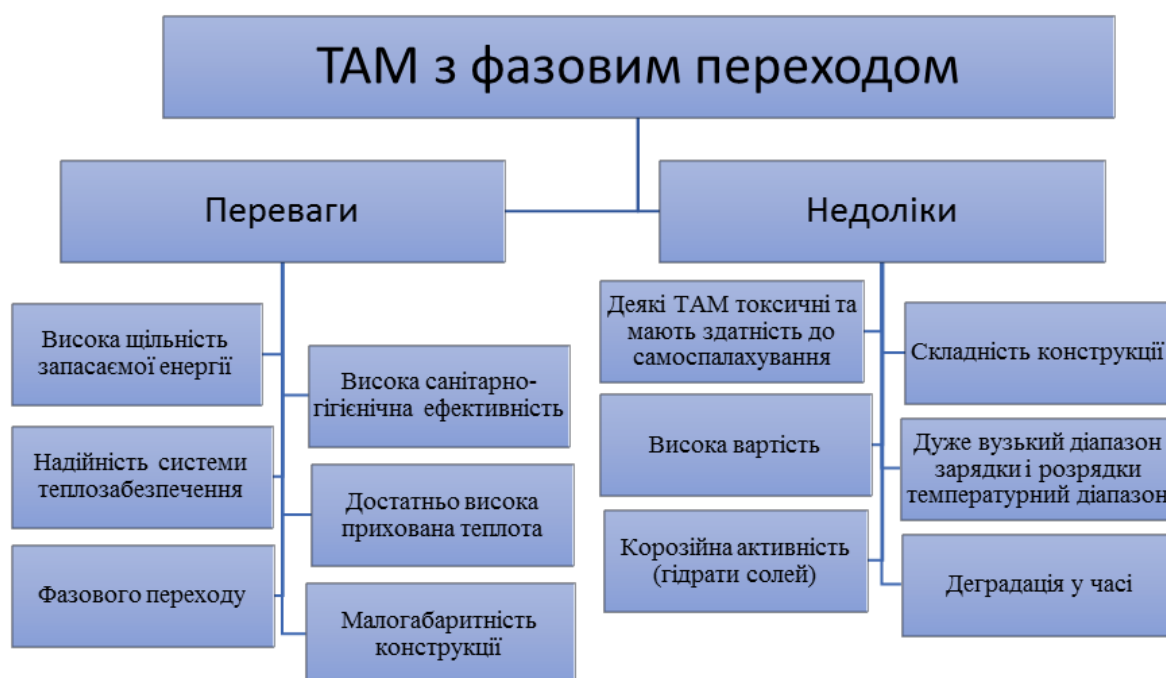


Рисунок 3 - Переваги і недоліки акумуляторів на основі ТАМ з фазовим переходом

Отже, вибір тепло акумуляційного матеріалу залежить від робочого діапазону температур та умов експлуатації теплових акумуляторів в яких вони використовуються. Від ступені необхідної безпеки, доступності до придбання та вартості. Також, перед використанням ТАМ необхідно дослідити на низку показників викладених.

Перелік посилань

1. Wirtza M, Kivilipa L, Remmena P, Mullera D. 2020 5th Generation District Heat-ing: A novel design approach based on mathematical optimization, Applied Energy, 260. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114158>.
2. Liu J., Zhenyu Huang, Ming Fan, Jihui Yang, Jie Xiao, Yong Wang. 2022 Future energy infrastructure, energy platform and energy storage / Nano Energy Vol.104, Part A, 15 December 2022, 107915 <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2022.107915>
3. Alhaja M., Hassanb A., Darwishb M., Al-Ghamdia S., 2017 A techno-economic review of solar-driven multi-effect distillation https://www.researchgate.net/publication/321494579_A_techno-economic_review_of_solar-driven_multi-effect_distillation
4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.irena.org/publications/2013/Jan/Thermal-energy-storage>
5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.pcmproducts.net/files/Cold%20Store%20TES-2013-Low.pdf>.
6. Сафиева Р.З. Химия нефти и газа. Нефтяные дисперсные системы: состав и свойства: учебное пособие / Р.З. Сафиева. – Москва : РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2004. – 112с.
7. Phase Change Materials (Phasenwechselmaterial) 2018 Gütesicherung. Quality Assurance RAL-GZ 896 Deutsches Institut Für Gütesicherung und Kennzeichnung E.V. https://www.pcm-ral.org/pdf/RAL_GZ_896_Phase_Change_Material_Edition_March_2018.pdf

ЗАМІЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ БІОРЕСУРСАМИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ АМІАКУ

Цюпяшук А.М., Соловійов Г.І., Орлик В.М., Костогриз К.П.

Інститут газу НАН України, м. Київ, Україна

Практично усі розвинені країни світу підтримують і вважають за необхідне поступову відмову від викопних вуглеводневих ресурсів і перехід до відновлюваних джерел енергії та органічної сировини. Одна з найважливіших хімічних галузей, яка використовує викопні палива у великих обсягах є виробництво аміаку – основної сировини для виробництва азотних добрив, без яких неможливо ефективно вирощування сільгосппродукції.

Одним із основних компонентів у процесі синтезу аміаку є водень, який, у більшості випадків, отримують в результаті каталітичної конверсії природного газу. Перебіг цього процесу проходить при високих температурах (800÷950 °С), потребує значних витрат природного газу на підігрів реагуючої суміші, що приводить до втрат сировини, яка могла б бути використана для отримання водню, крім того, збільшуються викиди діоксиду вуглецю.

В більш м'яких умовах реалізуються процеси мокрої каталітичної конверсії більш високих гомологів ряду метану - етану, пропану, етилену, пропілену та інших олефінів, які детально вивчені і також широко застосовується в промислових масштабах[1–3]. В нафтохімії та інших галузях експлуатуються великі промислові установки мокрої конверсії, сировиною в яких є етилен, етан, пропан, котрий заміщує природний газ [4, 5]. Варто зазначити, що енергетичні витрати на таких установках значно нижчі, ніж в трубчастих печах мокрої конверсії природного газу в діючих виробництвах аміаку. Це є вагомим фактором для перспектив економіки використання «зеленого» аміаку та водню як безвуглецевого палива для

двигунів автомобілів і залізничних локомотивів, а також у виробництві мінеральних добрив. Крім цього етан, пропан, бутан та олефіни, наприклад, етилен, пропілен та ін. є більш реакційноздатними і швидкість їх мокрої конверсії при нижчих температурах (350÷450 °С проти 600÷1000 °С) значно перевищує швидкість мокрої конверсії метану.

При додаванні подвійного надлишку водяного пару проти стехіометрії етилен, пропілен, етан і пропан конвертуються на 100% вже при температурі нижче 500°C та часу контакту 0,1÷0,5 с. В цих умовах мокра конверсія метану перебігає в реверсному напрямку: $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$ і при понад 500 °С переважає реакція $\text{C}_2\text{H}_4 + 2 \text{H}_2 \rightarrow 2 \text{CH}_4$.

Таким чином, вихідний реагент етилен вже повністю відсутній в продуктах мокрої конверсії при 600 °С та часу контакту 0,05÷0,5 с, а лишається тільки найбільш стійкий вуглеводень – метан.

При температурах 600÷800 °С і вище процес протікає в режимі стандартної мокрої конверсії метану. Відкладення сажі на каталізаторі при 2-4-разовому надлишку водяного пару чи інших окиснювачів (CO₂, O₂ та ін.) відсутні.

У відповідності до регламенту діючого виробництва аміаку потужністю 450 тис.т/рік, норма витрати сировини (водню) складає 11,175 т/год. або 80 тис.т/рік. Для забезпечення виробництва такого обсягу «зеленого» водню з відновлюваних біоресурсів необхідно переробити 4,86 млн. т/рік соломи в 0,855 млн. т/рік біоетанолу, котрий, шляхом каталітичної дегідратації, необхідно трансформувати в 0,476 млн. т/рік синтетичного біоетилену. Для цього процесу нами розроблено новий високо ефективний структурований каталізатор (нікель-альфа-оксид алюмінію на алюмосилікатному волокні) з вмонтованим електричним нагрівачем, котрий

забезпечує зменшення об'єму завантаженого каталізатору і габаритів каталітичної установки [6, 7].

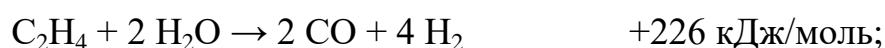
Для декарбонізації діючих сьогодні виробництвах аміаку рекомендовано впровадити наступні технологічні зміни:

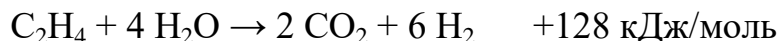
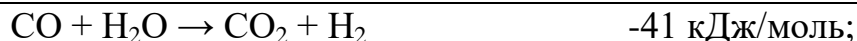
- підвід тепла в реакційну зону трубчастих реакторів продуктами спалювання газу через стінку трубок замінити електричним підігрівом безпосередньо носія каталізатора. Для цього доцільно використовувати згаданий вище каталізатор з вмонтованим електричним нагрівачем. Виключення системи опалення стельовими газовими пальниками в трубчастих печах гарантує скорочення викидів діоксиду вуглецю з топковими газами в атмосферу з $1,85 \div 2,2$ т/т до 1,35 т/т;

- замість сирцевого природного газу (метану) перейти на мокру конверсію синтетичного етилену, котрий виробляється з відновлюваних біологічних ресурсів. Для цієї мети пропонується до промислового виробництва новий каталізатор (нікель-альфа-оксид алюмінію на алюмосилікатному волокні), котрий дозволяє ефективно отримувати етилен з біоетилового спирту, одержаного з відновлюваних ресурсів, а саме соломи, відходів деревообробки, водоростей та відходів.

Вищезазначені модернізації забезпечують перехід діючих виробництв аміаку до безвуглецевого статусу, так як повністю виключають застосування викопного природного газу, замінюючи його як сировину на відновлюваний біоетилен, а також повністю виключають його спалювання в стельових газових пальниках трубчастого реактору.

Мокра конверсія етилену з відновлюваних ресурсів протікає за реакціями:





Вона відбувається при нижчих температурах 350÷500 °С ніж конверсія природного газу – метану (540÷1000 °С) і проходить з більшою швидкістю без виділення сажі.

Діючі виробництва аміаку зараз використовують водень, який одержують за допомогою мокрої конверсії природного газу в трубчастих печах за рахунок чого здійснюється емісія вуглекислого газу. Їх переведення на нову низькотемпературну (400÷600 °С) каталітичну технологію мокрої конверсії біоетилену замість метану гарантує безвуглецевий статус виробництва конверсійного водню при його собівартості, яка може складати менше 1 долару за 1 кг. Що надає конкурентоспроможність аміаку, котрий вироблений на їх базі.

На 1 кг H₂, виробленого за допомогою мокрої конверсії етилену, буде витрачатися: 23,9 кг соломи, або 4,2 кг етанолу, або 2,4 кг етилену, або до 3,5 кВт·год «зеленої» електричної енергії.

Розроблено технологічну ланку для реконструкції діючих виробництв аміаку: біоресурси-сахариди-біоетанол-етилен- каталітична мокра конверсія етилену в трубчастій печі. В Україні існує потенційна можливість реконструювати з переведенням на виробництво безвуглецевого продукту 10 установок потужністю виробництва аміаку по 450 тис.т/рік кожна.

Завдяки заміщенню природного газу у виробництві аміаку в Україні скорочення його споживання складе до 6÷7 млрд. м³/рік. Крім того заміна природного газу на біоетилен покращує показник співвідношення виходу водню з води до його виходу із вуглеводню з 50% / 50% у природного газу до

66,7% / 33,3% в етилену. Це забезпечує зменшення викидів діоксиду вуглецю на 30÷35%.

Література

1. А.Г. Лейбуш, В.Я. Семенов, Я.С. Казарновский, Н.В. Кархов Производство технологического газа для синтеза аммиака и метанола из углеводородных газов. – Химия, М., 1971, 288с.

2. А.П. Клименко Получение этилена из нефти и газа. – М., ГНТИ НГЛ, 1962, 237с.

3. Н.А., Барабаш Пиролиз углеводородного сырья. – М., Химия, 1987, 240с.

4. И.И. Юкельсон Технология основного органического синтеза. – М, Химия, 1968, 848с.

5. Handbook of Heterogeneous Catalysis / 13.11-Steam Reforming / Edited by G. Ertl, H. Knozinger, J. Weitkamp, «WILEY-VCH», 2008, p.p. 2882-2905.

6. Вдосконалення процесу ізотермічної конверсії метану для виробництв метанолу / Козюберда А.А., Орлик В.М., Климаш А.О., Соловійов Г.І. / Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 3 (273) 2022 / с. 66-71.

7. Development of new structured honeycomb fiber catalysts for hydrocarbon conversion to carbon-free fuel / Hennady Soloviov, Andryi Halstian, Andryi Bushuev / Chemmotological aspects of sustainable development of transport, book 2022 / p.p. 101-125.

УДК 676.038.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВОЛОКНЕННЯ ВІДХОДІВ АСЕПТИЧНОГО КАРТОННОГО ПАКОВАННЯ

к.т.н., доц. Мовчанюк О.М, магістрант Пономаренко Є.В.

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

Асептичне пакування, що виготовляється на основі картону, широко використовується в усьому світі для тривалого зберігання молочних, сокових і навіть алкогольних напоїв. Сьогодні майже все асептичне пакування для світової харчової промисловості постачають чотири компанії: Tetra Pak, SIG Combibloc, Elopak і Greatview Aseptic Packaging Company [1].

Структура такого асептичного пакування забезпечує необхідні його властивості. Зовнішній шар з поліетилену низької щільності захищає від вологи картон і шар друкарської фарби на ньому, а також забезпечує герметичність клапанів пакування. Картон надає пакуванню необхідної механічної жорсткості, тому зазвичай складає 75% від загальної маси пакування. Переважно використовується дво- або тришаровий картон з вибіленим зовнішнім шаром. Фольга, середній і внутрішній шар поліетилену виключають контакт між картоном і продуктом всередині пакування, тому хімічні речовини для підвищення вологостійкості картону не додаються [1].

Оскільки основну масу асептичного пакування складає картон, відходи від виробництва та використання такого пакування вважають макулатурою, з відповідними підходами до її перероблення. Основною проблемою під час перероблення такої макулатури є складність відокремлення целюлозного волокна від поліетиленової плівки і фольги.

Метою роботи є удосконалення технології розволокнення макулатури з відходів асептичного пакування для ефективного відокремлення целюлозного волокна від поліетиленової плівки і фольги з можливістю їх подальшого селективного перероблення та використання.

За основу було взято вузол розпускання компанії «Parcel» [2]. Удосконалена технологічна схема наведена на рис. 1.

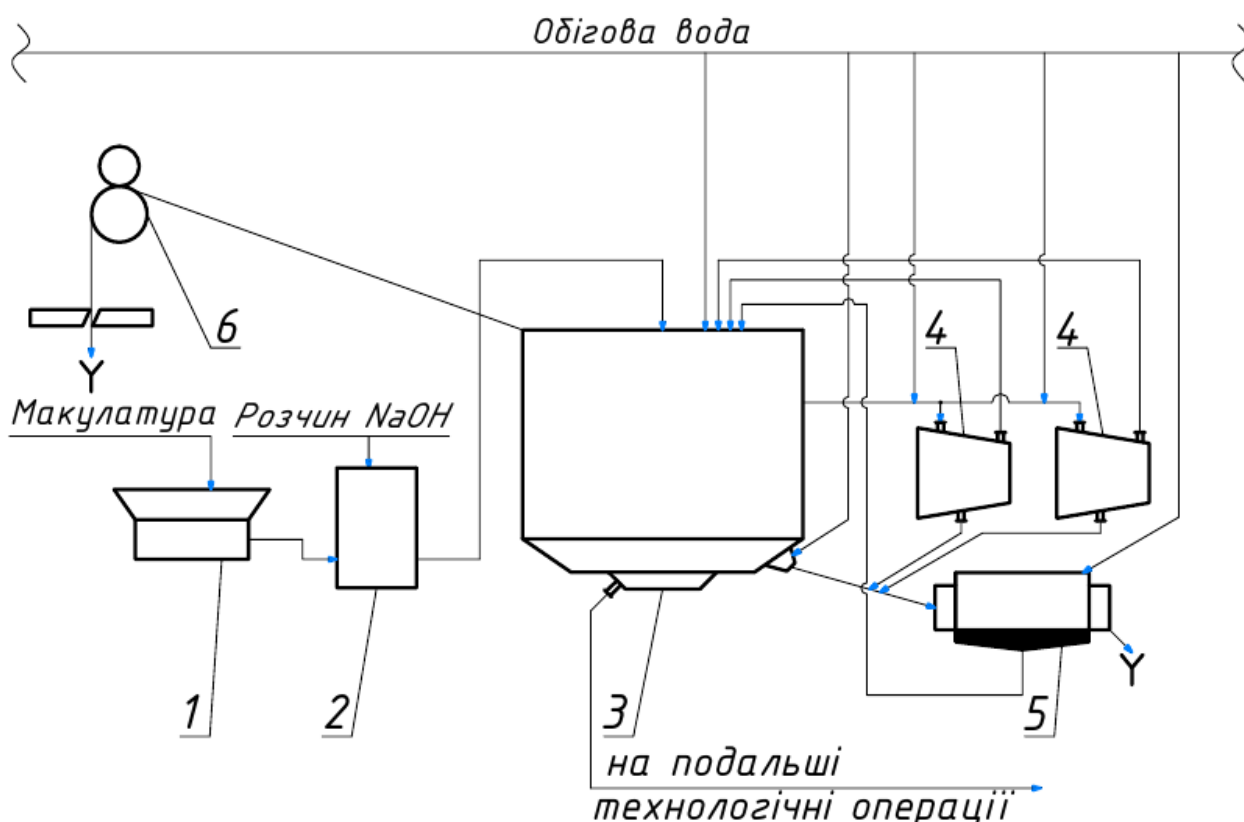


Рис. 1. Принципова технологічна схема вузла розпускання:

- 1 – подрібнювач макулатури; 2 – баки просочення макулатури; 3 – гідророзбивач; 4 – сепаратор; 5 – барабан забруднень; 6 – джгутовитягувач

Макулатура транспортером подається у подрібнювач 1, після чого – у баки 2 для просочення, куди також подається просочувальний розчин. Після просочення упродовж 30 – 90 хв макулатура подається у вертикальний гідророзбивач 3, що працює за середньої концентрації, в безперервному

режимі. Він має металеву нержавіючу ванну та стаціонарне сито з діаметром отворів 12 мм. Всі функціональні елементи гідророзбивача також виконані зі спеціальної зносостійкої нержавіючої сталі. Волокниста суспензія, що проходить крізь отвори сита, спрямовується на подальші технологічні операції.

Для видалення довгих забруднень з ванни гідророзбивач 3 укомплектований джгутовитягувачем 6. Для можливості роботи гідророзбивача у безперервному режимі передбачено два періодичні сепаратори 4, що видаляють з гідророзбивача під час його роботи легкі включення (вже відокремлені плівки поліетилену, фольгу тощо), які концентруються у верхній частині маси. Оскільки сепаратори по суті є вторинними гідророзбивачами, в результаті механічної дії ротора в них відбувається розволокнення недорозпущених в основному гідророзбивачі фрагментів пакування та остаточне відокремлення волокна від плівки. Відходи від сепараторів, що не пройшли крізь отвори сит діаметром 12 мм, а також важкі відходи від гідророзбивача 3 надходять до сортувального барабану 5, що має сито з отворами діаметром 16 мм. Там вони піддаються промиванню водою. Промиті у барабані відходи, що вже практично не містять волокна, подаються у прес для зневоднення, після чого видаляються у відвал. Вода з відмитим у барабані 5 волокном та волокно, що пройшло крізь отвори сит сепараторів 4, повертаються у гідророзбивач 3.

Висновки. Введення підготовчої стадії (подрібнення, просочення та набухання) у технологію розволокнення макулатури з відходів асептичного пакування дозволить скоротити тривалість перебування маси в основному гідророзбивачі, що, у свою чергу, знизить витрати електроенергії на розпускання макулатури та втрати волокна, зменшить ступінь подрібнення плівки та фольги, підвищуючи ефективність їх видалення на стадії

розпускання, тим самим зменшуючи капітальні, експлуатаційні та енергетичні витрати на подальші операції очищення та сортування.

Список літератури:

1. Gordon L. Robertson, Recycling of Aseptic Beverage Cartons: A Review / Recycling. – 2021. – v. 6(1). – 20 p.
2. Дажук О.О., Мовчанюк О.М. Підвищення ефективності розпуску макулатури у виробництві паперу для гофрування // Матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання» (5–7 грудня 2022 р., м. Київ, Україна). – С. 105–109.

УДК 514; 532.5.013

ЗВ'ЯЗОК КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТА ТА ЖИВИМ ПЕРЕТИНОМ ОТВОРІВ КРУГЛОЇ ФОРМИ

д-р техн. наук, с.н.с. Ободович О.М., канд. техн. наук Сидоренко В.В.,
Азаров С.П.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Анотація: В результаті роботи визначено залежності живого перетину отворів круглої форми від конструктивних та технологічних параметрів роторно-пульсаційного апарата.

Abstract: As a result of the work, the dependence of the live cross-section of round holes on the structural and technological parameters of the rotor-pulsation apparatus was determined.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ АПАРАТ, ОТВІР, ЖИВИЙ ПЕРЕТИН, ЛІНІЙНА ШВИДКІСТЬ

KEYWORDS: ROTOR-PULSATION APPARATUS, HOLE, LIVE CROSS-SECTION, LINEAR VELOCITY

Роторно-пульсаційні апарати (high-shear mixres) знайшли широке застосування в енергоємних процесах, таких як гомогенізація, диспергування, емульгування, подрібнення, розчинення та руйнування клітин у сферах сільськогосподарського та харчового виробництва, а також процесів хімічних реакцій, тощо [1].

Циліндричний роторно - пульсаційний апарат прохідного типу в загальному вигляді являє собою корпус із встановленими в ньому ротором та статором, які виконані у вигляді коаксіальних циліндрів із перерізи. Між ротором та статором передбачено зазор [2].

Серед промислових роторно - пульсаційних апаратів переважають пристрої з перерізами циліндричної форми. Проте, одним з варіантів виконання роторно-пульсаційних апаратів є пристрої з отворами круглої форми. Така форма перерізів виправдана в процесах обробки високов'язких рідких середовищ зі значним вмістом твердої фази. Серед таких процесів можна виділити обробку водо-зернової суміші в технології приготування рідких кормів, обробку лужних розчинів січки соломи в технології отримання етанолу другого покоління, обробка водо-вугільних сумішей, тощо[3-5]. Окрім цього круглі отвори є простішими у виконанні.

Геометрія отворів визначає характер фізичних впливів на середовище, що обробляється. В робочих елементах апаратів з отворами круглої форми переважають фізичні ефекти, що відбуваються в міжциліндровому зазорі, а саме миттєва пульсація швидкостей і механічні удари частинок сировини одне об одну та стінки, що викликають також деформацію набряклих часток сировини. Багаторазово повторювані деформації частинок створюють «ефект губки», тобто деформації з тимчасовим зміною об'єму твердої фази.

Таким чином, при конструюванні роторно-пульсаційних апаратів та моделюванні течії в'язких рідких середовищ крізь робочі органи постає необхідність пов'язати між собою конструктивні та технологічні параметри робочих органів роторно-пульсаційних апаратів.

Метою роботи було визначення залежності живого перетину отворів круглої форми від конструктивних характеристик роторно-пульсаційного апарата.

Матеріали і методи

Результати

1. В загальному випадку час одного повного відкриття складає

$$t = \frac{d_{hole}}{2\pi \cdot R_{rot} \cdot v} \quad (1)$$

$$t = \frac{r_{hole}}{4\pi \cdot R_{rot} \cdot v}, \quad (2)$$

де

d_{hole} – діаметр отвору, мм

r_{hole} – радіус отвору, мм

R_{rot} – радіус ротора, мм

v – лінійна швидкість, м/с

2. Визначення зміни площі отвору круглого перерізу в часі

Площа сегмента круга (площа відкриття) визначається як різниця між площею сектора круга та площею рівнобічного трикутника, вершинами якого є центр отвору та точки стикання двох отворів (рис.1)

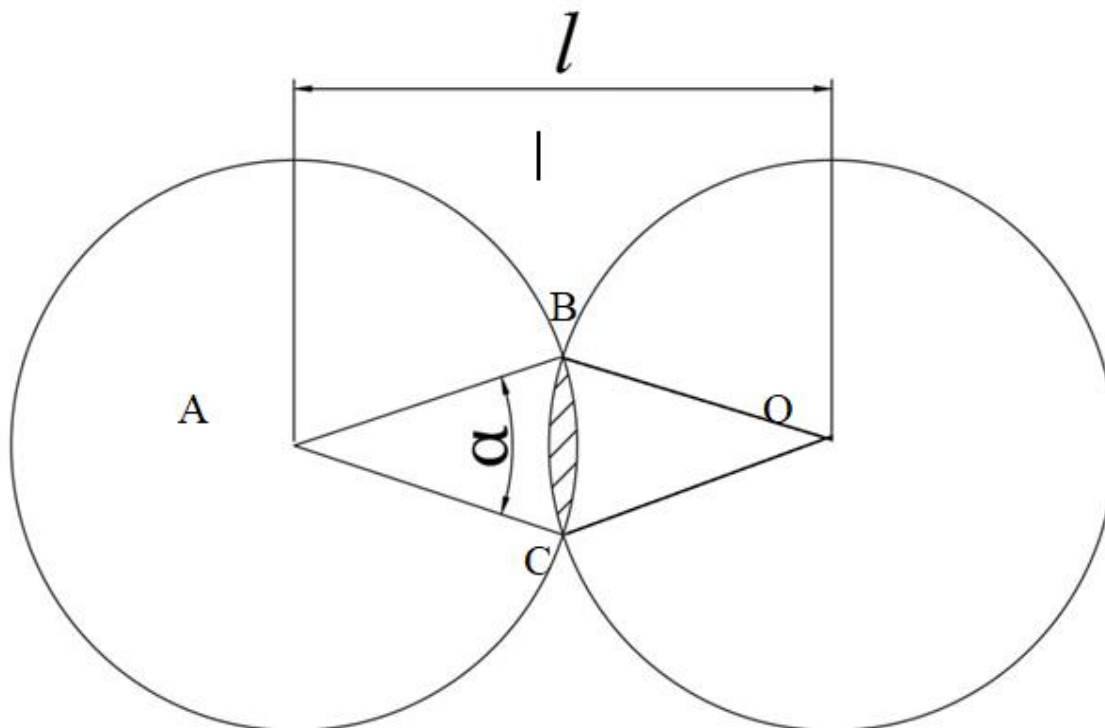


Рис. 1. Схема перекриття отворів ротора (статора)

$$S_{seg} = \pi \cdot r_{hole}^2 \cdot \frac{\alpha^{\circ}}{360^{\circ}}, \quad (3)$$

де α – кут сегмента окружності, сікуча якої проходить крізь точки стикання двох отворів, град

Площа рівнобічного трикутника ABC

$$S_{\Delta ABC} = \frac{1}{2} \cdot r_{hole}^2 \cdot \sin(\alpha^{\circ}). \quad (4)$$

звідки площа сектора

$$S_{sec} = \frac{r_{hole}^2}{2} \left[\pi \cdot \frac{\alpha^{\circ}}{180^{\circ}} - \sin(\alpha^{\circ}) \right]. \quad (5)$$

Спільна площа двох отворів одного радіусу, що перетинаються, складаються з двох однакових секторів

$$S = r_{hole}^2 \cdot \left[\pi \cdot \frac{\alpha^{\circ}}{180^{\circ}} - \sin(\alpha^{\circ}) \right]. \quad (6)$$

Для отворів однакового діаметра при обертанні ротора кут α , а значить живий перетин отворів, залежить від відстані між центрами отворів l .

Відстань між центрами отворів залежить відповідно від швидкості обертання ротора та його радіусу. Визначивши залежність кута α від величини l , можна визначити площу відкриття отвору в часі.

Розглядаючи трикутник ABO, що є рівнобедреним, визначаємо, що

$$\cos(\alpha/2) = \frac{l}{2 \cdot r_{hole}}, \quad (7)$$

звідки

$$\alpha = 2 \cdot \arccos \left(\frac{l}{2 \cdot r_{hole}} \right). \quad (8)$$

Враховуючи те, що $d_{hole} = l$, визначаємо площу живого перетину круглого отвору кожен момент часу.

Висновок: В результаті досліджень було встановлено залежність між площею живого перетину отворів круглої форми ротора(статора) роторно-пульсаційного апарата та його конструктивними та технологічними характеристиками.

Перелік посилань:

1. Zhang, J., Xu, S., & Li, W. High shear mixers: A review of typical applications and studies on power draw, flow pattern, energy dissipation and transfer properties. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification. 2012. 57-58, P. 25-41. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2012.04.004>
2. Xu, Shuangqing & Shi, Jintao & Cheng, Qin & Li, Wei & Zhang, Jinli. Residence time distributions of in-line high shear mixers with ultrafine teeth. Chemical Engineering Science. 2013. 87, P. 111–121. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2012.10.017>
3. Горобець, В. Г., Гескін, Д. В. Доцільність використання роторно – пульсаційного апарата для приготування рідкого корму. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. 2014. 194(1). С. 63-67. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2014_194\(1\)_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2014_194(1)_11)
4. Larysa A. Sablii, Oleksandr M. Obodovych, Vitalii V. Sydorenko, Tamila, V. Sheyko Study of wheat straw delignification in a rotary-pulsation

apparatus. Acta Periodica Technologica. 2020. Vol. 51. 103-111.

<https://doi.org/10.2298/APT2051103S>

Polyakovs, Aleksandrs & Mironovs, Viktors & Korjakins, Aleksandrs & Shishkin, Andrei & Baronins, Janis. Preparation of coal-water slurry using a high-speed mixer-disperser: 4-th International Conference CIVIL ENGINEERING`13 Proceedings Part II. ENVIRONMENT AND ENVIRONMENTAL EFFECTS. Vol. 4 Jelgava: Latvia University of Agriculture, 2013. P. 77-81.

УДК 664.8.047

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНОВАЖНОЇ
ВОЛОГОСТІ КОЛОЇДНИХ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ
НА ОСНОВІ СТОЛОВОГО БУРЯКУ**

д.т.н. Петрова Ж.О., к.т.н. Самойленко К.М., аспірантка Новікова
Ю.П., аспірант Петров П.І.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Анотація: В науковій роботі наведено результати досліджень рівноважної вологості колоїдних капілярно-пористих матеріалів на основі столового буряку.

Ключові слова: АДСОРБЦІЯ, РІВНОВАЖНА ВОЛОГИСТЬ, СУШІННЯ, СТОЛОВИЙ БУРЯК, СУХИЙ БОРЩ.

UDC 664.8.047

**EXPERIMENTAL STUDIES OF EQUILIBRIUM MOISTURE
COLLOIDAL CAPILLARY-POROUS MATERIALS BASED ON RED
BEETROOT**

Doctor of Technical Sciences Petrova Zh.O.,
Ph.D. Samoilenko K.M., Post Graduate Student Novikova Yu.P.,
Post Graduate Student Petrov P.I.

Abstract: The result of research of equilibrium moisture colloidal capillary-porous materials based red beetroot presents in this scientific work.

KEY WORDS: ADSORPTION, EQUILIBRIUM MOISTURE, DRYING, RED BEETROOT, DRY BORSCHT.

Розвиток економіки України значною мірою залежить від вирішення завдання раціонального використання електроенергії. Сьогодні провідні

країни світу намагаються вирішувати проблему енергоносіїв на основі нових підходів, зокрема покращення технологічного процесу з точки зору енергомісткості виробництва.

Процеси сушіння відносяться до енерговитратних [1]. Енергетичні витрати на процес зневоднення, термін, умови зберігання та якісні характеристики харчових продуктів залежать від рівноважної вологості, що дозволяє визначити кінцевий вологовміст досліджуваних зразків. Для визначення рівноважної вологості залежно від відносної вологості повітря застосовувався тензометричний (статичний) метод Ван Бамелена [2].

Сухий борщ є одним із продуктів швидкого приготування, розроблених в Інституті технічної теплофізики НАН України [3]. Страва являє собою суміш натуральних висушених овочів у вигляді шматочків та харчових порошків з них. Борщ є основою для формування пайків для гарячого харчування військовослужбовців та населення в екстремальних умовах [3]. На рис. 1 представлено кінетичні криві адсорбції водяної пари над сухим борщем.

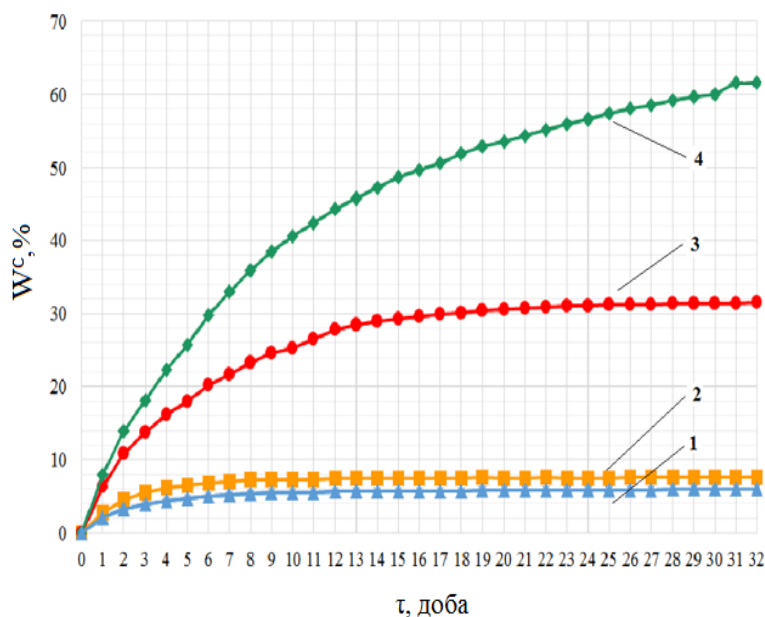


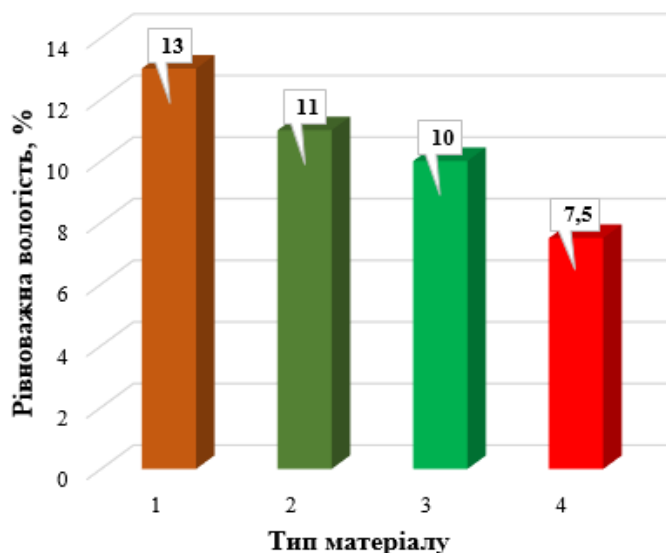
Рис. 1. – Кінетичні криві адсорбції водяної пари над сухим борщем:

1 – $\varphi = 0,4$; 2 – $\varphi = 0,6$; 3 – $\varphi = 0,8$; 4 – $\varphi = 0,9$

Для визначення рівноважної вологості застосовували ексикатори із значеннями відносної вологості $\varphi = 0,4; 0,6; 0,8; 0,9$. Для борщу при $\varphi = 0,4; 0,6$ рівноважний стан встановлюється на 7 добу, при $\varphi = 0,8$ – на 20 добу, а при $\varphi = 0,9$ - на 32 день досліджень.

Кінетичні криві моно-, комбінованих порошків висвітлені у попередніх наукових публікаціях [2, 4]. На підставі експериментальних даних про рівноважний вологовміст були досліджені ізотерми адсорбції водяної пари функціональних порошків та сухого борщу на їх основі [4]. При значенні $\varphi = 0,4$ рівноважна вологість всіх досліджуваних зразків знаходиться в межах 6 - 7 %. При $\varphi = 0,8$ – рівноважна вологість буряково-реченевого та буряково-лимонного порошків є найнижчою, майже однакова та становить 24-25 %, морквяного порошку - 38 %, а сухого борщу близько 31,5 % [4].

При $\varphi = 0,9$ значення вологості для морквяного порошку становить 76 %, для буряковмісних порошків 48 %, а для сухого борщу 62 % [4].



1 – морквяний; 2 – буряково-лимонний; 3 – буряково-реченевий;
4 – сухий борщ

Рис. 2. Рівноважна вологість моно-, комбінованих порошків та продуктів швидкого приготування на їх основі:

Порівняльна характеристика рівноважної вологості при $\phi = 0,6$ морквяного, буряково-лимонного, буряково-ревеневого порошоків та сухого борщу на їх основі представлена на рис. 2. Рівноважна вологість морквяного порошку є найвищою – 13 %, буряково-лимонного та буряково-ревеневого порошоків становить 11 % та 10 % відповідно, а сухого борщу лише 7,5 %.

Розробка нових та удосконалення існуючих енергозберігаючих теплотехнологій вирішує проблему раціонального використання сировинних, паливних та енергетичних ресурсів. Це має не лише науковий, а й соціальний аспект, тому що при цьому формуються наукові основи раціонального харчування і відповідно підвищується якість життя.

Список використаних джерел:

1. Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Самойленко К.М., Слободянюк К.С. (2022) Тепломасообмінні процеси отримання комбінованих функціональних порошоків. Монографія. Тропеа, 149 с.
2. Petrova Zh., Samoilenko K., Novikova Yu., Petrov P. (2022) Equilibrium humidity as one of important energy-efficiency indexes in drying of food powder materials of biological nature. Energy Engineering and Control Systems, Vol. 8, No. 2, pp. 90 – 97. <https://doi.org/10.23939/jeecs2022.02.090>
3. Петрова Ж.О., Снежкін Ю.Ф., Самойленко К.М., Перепеличний О.В. (2015) Інноваційна технологія отримання сухих пайків для гарячого харчування військовослужбовців. Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції до 25-річчя факультету обладнання та технічного сервісу ХДУХТ, м. Харків, 2015. С 67.
4. Petrova Zh., Samoilenko K.M. (2021) Adsorption Properties of Combined Vegetable Powders. Energy Engineering and Control Systems, 7, 1, 38 – 47.

УДК 625. 74

МАТЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОСОБЛИВИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

доц. к.т.н. Рубльов А.В.¹, с.н.с. Величко Н.М.², с.н.с. Вялих Т.І.³,

¹ каф. Мостів тунелів та гідротехнічних споруд НТУ

² ДУ "Інститут геронтології ім. Д.Ф. Чеботарьова НАМН України

Здоров'я людини залежить від генетики лише на 20 відсотків. А 80 відсотків це економічні, медико-соціальні та екологічні чинники. Відсутність стресів, стабільна фінансова забезпеченість, екологічні продукти, чисте повітря, якісна питна вода та багато інших показників впливають на стан здоров'я нації та подовження життя людей.

Метою цього дослідження є спроба за допомогою математичного моделювання врахувати комплексні фактори впливу результатів життєдіяльності людини на здоров'я людей.

Враховуючи, що такими показниками можуть бути

- демографічні, які характеризують співвідношення працюючого населення до непрацездатного;
- екологічні, що характеризують стан довкілля,
- економічні, що характеризують рівень споживання основних продуктів для задов'язного рівня життєдіяльності;
- медичний, що характеризують стан охорони здоров'я, та медичного обслуговування

Також існує вплив так званих "невідповідних" показників, оскільки неможливо однозначно вказати або дати рекомендації як усунути причини погіршення якості природного ресурсу, якщо не розібратися, що сталося з природним комплексом з урахуванням супутніх факторів. Часто негативні

природні явища, котрий іноді екологічні катастрофи, - це саме наслідки небажання людини вирішувати подібні проблеми.

Пропонований метод дослідження передбачає моделювання показників, що характеризують більшість факторів, що впливають на сукупність проблеми.

Таку модель можна побудувати серед будь-яких електронних таблиць.

Для оцінки впливу негативних та позитивних факторів приймаємо низку показників M_1, M_2, M_3, M_4 Постійно змінюваним виступає фактор часу p . Звернемо увагу, що показники можуть змінюватися, то інтенсивність позначимо її через A .

Позначимо початкове значення параметрів, що приймаються M_0

$$M_1 = M_0 - A * M_0 + p * A * M_0 \quad (1)$$

$$M_1 = M_0 - A * M_0 + p * A * M_0 = M_0 * (1 - A + p * A) = M_0 * (1 - A * (1 - p))$$

(2) через термін часу $M_2 = M_1 * (1 - A * (1 - p)) = M_0 * (1 - A * (1 - p))^2$

(3) та йще через наступний термін часу

$$M_3 = M_2 * (1 - A * (1 - p)) = M_0 * (1 - A * (1 - p))^3 \quad (4)$$

та.ін..

І таким чином результуючим показником, який характеризує змінність моделюваних процесів у часовому параметрі N

$$M_n = M_{n-1} * (1 - A * (1 - p)) = M_0 * (1 - A * (1 - p))^N \quad (5)$$

Складність запропонованого рішення проблеми полягає у так званих неявних факторів чинників приймання яких носить неоднозначний характер. Але це є спроба для прийняття обґрунтовані рішення для управління з питань охорони здоров'я та економіки.

Список використаних джерел:

1. Klekowski R.Z., Menshutkin V.V. Modelowanie komputerowe w ekologii. — Towarzystwo Naukowe KUL, 2002. — (Polish).

2. Pitelka F. A. Some aspects of population structure in the short-term cycles of the brown lemming in northern Alaska. Cold Spring Harbor. Symp. Quant. Biol., 1958, vol. 22, pp. 237–251.

3. Шарковский А. Н., Майстренко Ю. А., Романенко ЕЛО. Разностные уравнения и их применения. Киев: Наук, думка, 1986.

Abbott, C .A. A Parallel Individual-Based Model of White-Tailed Deer in the Florida Everglades. M.S. Thesis. University of Tennessee, Department of Computer Science, 1995

УДК 66.084; 628.316; 628.32.

ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ СПОЖИВАННЯ ПРИРОДНОЇ ВОДИ В КОМУНАЛЬНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

к.т.н. Целень Б.Я.¹, д.т.н. Іваницький Г.К.^{1,2}, к.т.н. Радченко Н.Л.¹,
к.т.н. Недбайло А.Є.¹, Шуляк В.В.¹

¹Інститут технічної теплофізики НАН України

²Національний технічний університет України "Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського"

***АНОТАЦІЯ.** Розглянуто переваги та недоліки існуючих методів вилучення діоксиду вуглецю з конденсату продуктів згоряння природного газу. Запропоновано спосіб вирішення проблеми утилізації цього конденсату і можливість його повторного використання для зменшення споживання природної води в технологічних процесах і зменшення викидів стічних вод. Проведено аналітичне дослідження еволюції окремих парогазових бульбашок до досягнення критичного значення газовмісту в рідині, досліджено закономірності впливу кавітаційних механізмів на вилучення діоксиду вуглецю з рідини.*

***Ключові слова:** КАВІТАЦІЙНІ МЕХАНІЗМИ, ДЕГАЗАЦІЯ, НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ, ДІОКСИД ВУГЛЕЦЮ, ГАЗОВМІСТ, PH, КОНДЕНСАТ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ.*

PROSPECTS FOR THE USE OF CAVITATION MECHANISMS FOR REDUCE THE CONSUMPTION OF NATURAL WATER IN MUNICIPAL ENERGY

Ph.D. Tselen B.Ya.¹, Dr. Sc. Ivanitsky G.K.^{1,2}, Ph.D. Radchenko N.L.¹,
Ph.D. Nedbailo A.Ye.¹, Shulyak V.V.¹

¹Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

²National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *The advantages and disadvantages of existing methods for extraction of carbon dioxide from condensate of natural gas combustion products are considered. A way to solve the problem of utilization of this condensate and the possibility of its reuse to reduce the consumption of natural water in technological processes and reduce wastewater emissions has been proposed. An analytical study of the evolution of individual vapor-gas bubbles to achieve a critical value of gas content in a liquid is carried out; the patterns of influence are investigated.*

KEYWORDS: CAVITATION MECHANISMS, DEGASSING, NEUTRALIZATION, CARBON DIOXIDE, GAS CONTENT, PH, CONDENSATE OF NATURAL GAS COMBUSTION PRODUCTS.

Дослідження проводили з метою вирішення проблеми утилізації конденсату продуктів згорання природного газу та можливість його повторного використання для зменшення споживання природної води в технологічних процесах та зменшення викидів стічних вод.

Розглянуто переваги та недоліки існуючих методів вилучення діоксиду вуглецю з конденсату – хімічної нейтралізації, декарбонізації, термічної деаерації, вакуумної деаерації, ультразвукової та гідродинамічної кавітації. Встановлено, що найбільш ефективними з цих методів виділення конденсату з діоксиду вуглецю є методи ультразвукової та гідродинамічної кавітаційної дегазації рідин. Хоча ефективність ультразвукової кавітаційної дегазації заснована на можливості максимально швидкого вилучення вільного газу з рідини і можливості дегазації практично будь-якої рідини, цей метод ще не отримав широкого застосування через значні питомі енергетичні витрати. Серед розглянутих методів перспективним є процес гідродинамічної

кавітаційної дегазації рідини, який можна розглядати як суттєву альтернативу акустичній кавітаційній дегазації в напрямку підвищення продуктивності та зниження питомих енерговитрат.

Базуючись на процесах гідродинамічної кавітаційної дегазації рідини нами запропоновано новий альтернативний метод нейтралізації конденсату без використання хімічних реагентів з низькими питомими енергетичними витратами, заснований на фундаментальних дослідженнях в рамках наукового напрямку дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) та використанні таких механізмів, як високочастотні гідродинамічні коливання, що супроводжуються високою окружною швидкістю та зсувними напруженнями, кавітацією і фазовими переходами.

На базі створених універсальних математичних моделей динаміки одиничних парогазових бульбашок та ансамблю бульбашкової динаміки проведено чисельне моделювання зростання парогазових бульбашок у конденсаті. В рамках математичної моделі динаміки ансамблю бульбашок проведено аналітичне дослідження еволюції окремих парогазових бульбашок до досягнення критичного значення газомісту в рідині.

Також досліджено закономірності впливу механізмів ДІВЕ на вилучення діоксиду вуглецю з рідини шляхом обробки рідини на лабораторному стенді, що складався з двох основних робочих вузлів – роторно-пульсаційного апарата спеціальної конструкції і камери термічної вакуумної обробки рідини. Отримано залежність зміни рН конденсату продуктів згоряння природного газу та модельної рідини (дистильованої води, насиченої діоксидом вуглецю) від тривалості обробки. Встановлено, що основна кількість вуглекислого газу видаляється протягом 2 хвилин обробки. Також було виявлено, що після переробки конденсат знаходиться в нестабільному стані і його рН продовжує зростати, що пояснюється перебігом процесів релаксації в рідині. Після 7 годин витримки рН

конденсату стабілізується на рівні 6.5, що відповідає практично повній відсутності в ньому вуглекислого газу. Отриманий конденсат за фізико-хімічними показниками подібний до дистильованої води з низьким вмістом розчиненої вугільної кислоти.

Застосування запропонованого методу нейтралізації конденсату може створити умови для зниження негативного впливу на навколишнє середовище за рахунок зменшення кількості стоків (хімічно забрудненого нейтралізованого конденсату і відходів установок підготовки води іонообмінним способом) і раціонального використання водних ресурсів за рахунок зменшення потреби в природній воді.

UDC 637.072

USE OF HYDRODYNAMIC CAVITATION FOR STABILIZATION OF PROTEINS IN COLLOIDAL SOLUTIONS

Ph.D. Nedbailo A.Ye.¹, Ph.D. Tselen B.Ya.¹, Dr. Sc. Ivanitsky G.K.^{1,2},
Ph.D. Radchenko N.L.¹, Shchepkin V.I.¹

¹Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

²National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *In the ITTF of the National Academy of Sciences of Ukraine, within the framework of the method of discrete-pulse energy input, the cavitation process was studied, and on its basis, technologies were developed that found application in various industries. The work highlights the expediency of using this technology in the production of vegetable milk, and the impact of the technology on its sedimentation stability and microbiological indicators.*

KEYWORDS: *VEGETABLE MILK, THERMAL STABILITY, SEDIMENTATION RESISTANCE*

ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ БІЛКІВ У КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНАХ

к.т.н. Недбайло А.Є.¹, к.т.н. Целень Б.Я.¹, д.т.н. Іваницький Г.К.^{1,2},
к.т.н. Радченко Н.Л.¹, Щепкін В.І.¹

¹Інститут технічної теплофізики НАН України

²Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

АНОТАЦІЯ: *В ІТТФ НАН України в рамках методу дискретно-імпульсного введення енергії досліджувався процес кавітації, а на його основі розроблено технології, що знайшли застосування у різних галузях*

промисловості. В роботі висвітлено доцільність використання такої технології при виробництві рослинного молока, та вплив технології на його седиментаційну стійкість та мікробіологічні показники.

Ключові слова: РОСЛИННЕ МОЛОКО, ТЕРМОСТАБІЛЬНІСТЬ, СЕДИМЕНТАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ

Today, there is a consumer demand for the production of vegetable milk. Nuts, legumes, cereals and oil crops can be used for its production. Vegetable milk is a suspended emulsion, the stability of which significantly affects its quality. Therefore, the impact on the colloidal stability of plant proteins is a priority task when creating beverage production technologies. The analysis of modern literature showed that many researchers suggest using ultrasonic cavitation to increase the colloidal stability of vegetable proteins during the production of vegetable milk. In these studies, the positive effect of the influence of the process on the thermal stability of proteins in an aqueous solution is described. As an alternative to ultrasonic cavitation, we suggest using hydrodynamic cavitation, as it has a number of advantages over ultrasonic, including lower energy consumption and the possibility of organizing a continuous process. In addition, a great advantage of cavitation treatment of liquid media is the possibility of non-thermal influence on the microflora, which determines the possibility of low-temperature pasteurization of the product and ensuring its relatively long shelf life. Previous experiments on obtaining milk based on vegetable emulsions from oats and soybeans by the method of hydrodynamic cavitation (a rotary device was used as a cavitator) showed the possibility of obtaining high indicators of emulsion sedimentation resistance.

Conclusions. However, the following studies should be aimed at working out the processing modes in order to ensure its optimal parameters from the point of view of energy indicators and product quality.

UDC 631.527:633

THE EFFECT OF ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF EXTRUDED PRODUCTS

d.t.s., leading researcher Ivanitsky G. K.^{1,2}, c.t.s., leading researcher Tselen B. Ya.¹, c.t.s., senior researcher Nedbailo A. Ye.¹, c.t.s., senior researcher Ganzenko V.V.¹, c.t.s., senior researcher N. Radchenko¹

¹ **Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Science of Ukraine**

² **National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine**

АНОТАЦІЯ: В роботі доведено доцільність використання льону у складі екструдованих продуктів функціонального призначення. Експериментальним шляхом проведено оцінку органолептичних показників отриманих сумішей на основі рису та доведено, що оптимальний відсоток льону в рецептурах екструдованих продуктів на основі рису має складати до 10%.

ABSTRACT: The article proves the expediency of using flax as part of extruded products of functional purpose. The organoleptic parameters of the obtained mixtures were evaluated experimentally and it was proved that the optimal percentage of flax in the recipes of extruded products should be up to 10%.

KEYWORDS: EXTRUDER, RICE, EXTRUDATE, FUNCTIONAL PRODUCTS.

In the last decade, products are increasingly widespread, the production of which is associated with the use of hydrothermal treatment in combination with mechanical. This combination allows you to influence not only the

physicochemical properties of raw materials, but also significantly reduce energy costs for production. This type of equipment includes extruders. Their use has been confirming its high efficiency in comparison with traditional production technologies for many years, providing a reduction in energy and labor costs and opening up the possibility of creating a wide range of new food products that have high nutritional value.

Within the framework of this direction, research is conducted in IET NASU aimed at increasing the nutritional value of extrudates through the use of non-traditional raw materials. One of these types of raw materials is proposed to use flax, which is an ideal source of valuable biologically active substances and can be effectively used as a functional additive in a variety of foods.

Within the framework of the complex experimental studies, the organoleptic parameters of the obtained extrudates based on rice were evaluated with the addition of flax to their composition in an amount from 5% to 20%. Based on this estimate, it was found that the maximum dosage of flax seeds in a mixture based on rice is up to 10%. At the same time, extrudates acquired a pleasant aroma, taste and well-developed porosity. A further increase in the concentration of the additive in the mixtures is impractical due to the deterioration of organoleptic parameters. In particular, there was a significant deterioration in taste and a decrease in the porosity of the structure. The latter can be explained by the peculiarities of the physicochemical composition of flax, which is rich in protein and fats [1].

Conclusions.

The possibility of using flax as part of extruded mixtures based on rice cereals is investigated. The influence of the amount of additive on the quality indicators of the studied product was studied. Based on the obtained data, it was established that the introduction of flax in the amount of up to 10% by weight of

rice cereals does not degrade the quality of products and improves their nutritional value.

Literature

1. Kraus S., Akgyytova L., Yunychyna V. Inyanoe semya y pyshevaya cennost chlebobulochnych yzdelyy // Hleboprodukty. 2000. 9, p. 28-29.

RESEARCH OF THE ABILITY TO REGENERATION OF SORPTION MATERIAL

Ovsyankina V.O., associate professor, Boyko M.Yu., student

National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Environmental pollution increases every year. Today's conditions require new modern cleaning technologies that would be not only effective, but also ecological and resource-saving. One of such promising methods is sorption. The ability of the sorption material to be regenerated is an important property, because it allows this material to be used repeatedly. Therefore, the topic of this work is extremely important and relevant.

Research of the ability to regeneration was carried out using Doewx organic anionite SBR - P and organic cationite H CR- S by including an inorganic component in their structure in the form of metal oxyhydrates. Regeneration was carried out by an aqueous solution of sodium hydroxide 5% by mass.

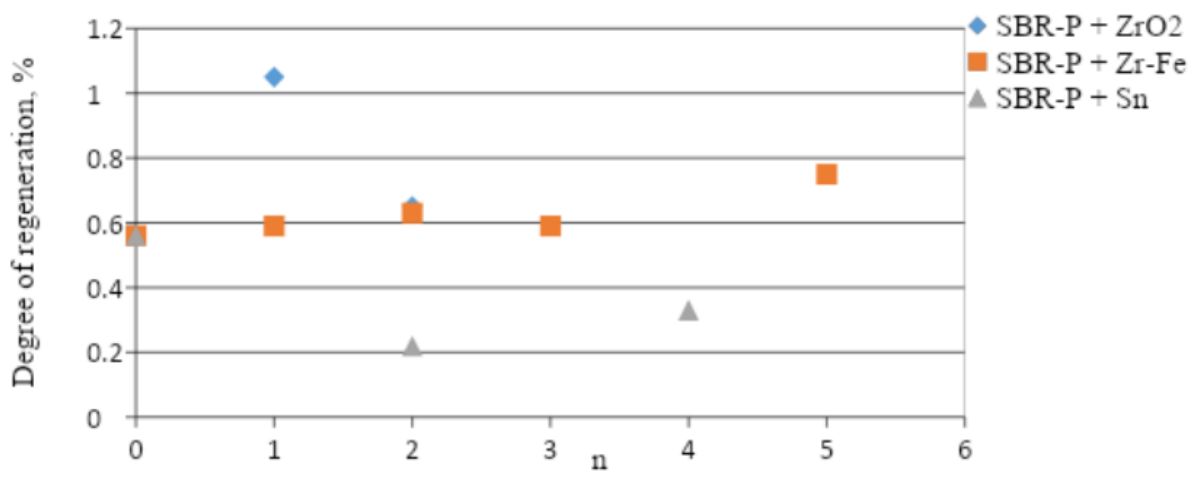


Fig. 1 Dependence of the ability to regeneration on the number of inorganic layers in composite sorbents based on anionite

The initial ion-exchange resin SBR-P can recover only 56% of the sorption capacity, which is less compared to modified sorbents in most cases. Composite materials based on anionite show a comparatively greater ability to regeneration. OGC with a single-layer introduction has the greatest ability to regeneration. During its regeneration, up to 97% of the sorption capacity is restored. Zirconium and iron oxyhydrate show a slightly lower regeneration capacity - 75%.

Cation- based sorbents have a lower capacity for regeneration, mostly it reaches 20-40%. The initial resin HCR-S is recovered to 50%. However, CSO with single-layer inorganic introduction has a fairly high rate of regeneration, which is 83%. Sorbents, which include iron oxides, are not capable of regeneration.

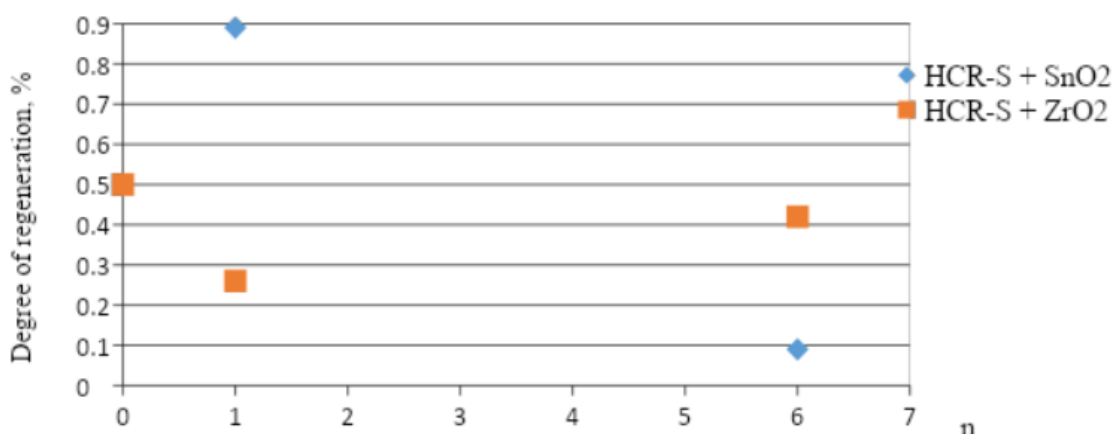


Fig. 2 Dependence of the ability to regeneration on the number of inorganic layers in composite sorbents based on cationite

УДК 676.242.3.06

ПАПР – ОСНОВА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

доцент, к.т.н. Плосконос В.Г., бакалаври: Ашихміна А.В, Продайко С.Д.

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

Метою даної роботи є вивчення особливостей виготовлення пакувальних матеріалів на основі паперу для харчової промисловості, що є досить актуальним.

Ці тези відкривають серію інформації, що присвячені проблемам виробництва та використання пакувальних матеріалів для харчової промисловості на основі паперу. В першу чергу, необхідно зазначити, що Україна є країною з високорозвиненими галузями промисловості, такими як харчова та переробна.

Разом з тим, для більш ефективного функціонування харчової промисловості, раціонального споживання сировинних ресурсів, якісного використання продуктів харчування та збільшення їх конкурентоспроможності не тільки на внутрішньому, а й на зовнішньому ринку, потрібне створення сучасної індустрії упаковки.

Необхідно зауважити також, що рівень споживання упаковки на душу населення характеризує певною мірою рівень життя в країні. Тому від обсягів її виробництва залежить вирішення багатьох соціально-економічних проблем щодо зниження втрат готової продукції, скорочення трудових витрат на її виробництво, поліпшення якості товарів і збільшення обсягів їх реалізації, підвищення ефективності транспортування.

Слід зазначити, що немає універсального пакувального матеріалу. Залежно від виду продукту, який необхідно упаковувати, одна і та ж властивість упаковки може бути корисною та шкідливою. Так, наприклад,

прозорість упаковки у ряді випадків бажана для продуктів, де потрібна візуальна оцінка їхньої якості. Але разом з тим вона небажана для продуктів, чутливих до впливу світла, а особливо в ультрафіолетовому діапазоні. Іншим прикладом може бути газопроникність пакувального матеріалу. У багатьох випадках вона повинна бути мінімальною, тому що проникнення кисню викликає псування продукту. Разом з тим, при упаковці фізіологічно активних продуктів (свіжі овочі, фрукти, ягоди), для нормальної діяльності яких необхідне постійне надходження кисню та видалення вуглекислого газу,

Аналізуючи вітчизняний та зарубіжний досвід застосування різних видів пакувальних матеріалів, слід зазначити, що кожен із цих матеріалів має свою особливість використання. Обсяги споживання різних видів пакувальних матеріалів схильні до постійних коливань залежно від багатьох факторів, головними з яких є кон'юнктура на ринку тари. Багато залежить від економічної та екологічної обстановки, санітарно-гігієнічних, бар'єрних, міцнісних та інших споживчих властивостей пакувальних матеріалів [1,2].

Серед різноманітності пакувальних матеріалів, що випускаються різними країнами світу, пакувальні матеріали на основі паперу займають стійкі позиції та зберігає свою частку на ринку упаковки на рівні 40-50%.

За твердженням зарубіжних фахівців, частка пакувальних матеріалів на основі паперу в таких країнах, як США, Німеччина та інші країни Західної Європи зростатиме. Так, у ФРН щорічно виробляють до 5 млн. т паперових пакувальних матеріалів. Темпи зростання потреби у цій продукції становлять понад 2 % на рік. У виробництво пакувальних видів паперу і картону збільшується на 1,5 % на рік, в тому числі для упаковки харчових продуктів на 0,9 %, що становить 1,79 млн. т.

Серед європейських країн Франція посідає перше місце з виробництва пакувального паперу і виробляє близько 41% продукції, що випускається в країнах Європи. Швеція серед скандинавських країн займає перше місце з

виробництва пакувальних видів паперу та картону, обсяг їх виробництва – понад 1700 тис. т на рік.

У целюлозно-паперовій промисловості Польщі швидкими темпами зростатиме виробництво обгорткового паперу, пергаменту. В Угорщині в останні роки розширено потужності з випуску паперу для пакування, такі як мішковий та металізований.

Підприємства харчової промисловості України використовують широку гаму паперу, що застосовується для пакування різних видів продукції. Значна частина пакувальних видів паперу в Україні не випускається, а завозиться переважно з Фінляндії, Німеччини, Норвегії, Польщі. На початку 90-х років в Україні відчувався дефіцит на такі матеріали, як пергамент та спеціальні види підпергаменту, виробництво яких у країні повністю не було.

В якості пакувального матеріалу використовується пергамент, що характеризується високою жиронепроникністю і вологоміцністю. Водночас технологія отримання пергаменту є екологічно небезпечною. Вона заснована на методі хімічної пергаментациї попередньо виготовленого паперу концентрованими розчинами сірчаної кислоти та потребує додаткових витрат на очищення стічних вод. Оскільки така технологія становить суттєву небезпеку для навколишнього середовища, її використання є небажаним [3].

Тому, враховуючи велику потребу підприємств харчової промисловості України в пакувальних матеріалах, необхідно було розробити екологічно чисту технологію та освоїти випуск вітчизняного паперу замість пергаменту, який задовольняв би вимогам упаковки жиро- та вологовмісних продуктів. Така упаковка повинна відповідати світовим стандартам за захисними характеристиками, забезпечувати відповідну конструкцію, мати економічність і відповідне поліграфічне оформлення.

Результати досліджень, виконаних свого часу ВАТ «УкрНДІБ» [3] та отримані на їх основі закономірності, а також апробація цих результатів у лабораторних та промислових умовах, дозволили визначити вимоги до волокнистих напівфабрикатів, а також допоміжних матеріалів та хімічних добавок, що застосовуються. Розроблені види пакувального паперу [3] характеризуються необхідним комплексом захисних, механічних, експлуатаційних властивостей і пройшли всебічні виробничі випробування на різних підприємствах харчової та переробної галузей. Пакувальні види паперу використовуються для автоматичного та ручного розфасовування жиро- та вологовмісної продукції: олії вершкового, маргарину в пачки та моноліт, сиру та сирно-сиркових виробів, вафель, печива, карамелі, дріжджів та інших продуктів, показали їх відповідність вимогам харчової промисловості, та високу технологічність переробки на швидкісному фасувально-пакувальному устаткуванні.

Обладаючи необхідними захисними та специфічними властивостями в процесі упакування того чи іншого продукту, структура розроблених видів паперу вирізняється достатньою здатністю до сприйняття друкарської фарби, забезпечуючи високоякісний друк при нанесенні багатобарвної етикетки на одну з її сторін.

Освоєння виробництва та промисловий випуск паперу для прямого пакування харчових продуктів проводилися та здійснювалися на Малинській, Зміївській, Коростишівській паперових фабриках, які виробляли понад 1,5 тис. т на рік такої продукції, з яких 500 т постачалися на експорт до країн зарубіжжя.

Папір подібного призначення гостро необхідний народному господарству, яке постійно диктує необхідність розширення її асортименту, вдосконалення якості, створення нових видів і марок, які враховують властивість продукції, яка упаковується, і характеризуються високими

спеціальними, захисними та бар'єрними властивостями, білизою та станом поверхні, що забезпечує упаковці сучасний дизайн за невисокої вартості.

Таким чином, в даній роботі, яка є першим із етапів пошукових досліджень, дано поштовх для проведення подальших досліджень та виконання експериментів, на базі яких можливо розробити пакувальні матеріали на основі паперу за різними показниками, необхідними для упакування продукції харчової промисловості.

Використана література

1. Плосконос В. Г. Методологія розробки нових композиційних матеріалів на основі паперу та картону з використанням інноваційних та комп'ютерних технологій //Міжнародний науковий журнал "Інтернаука".- 2020. № 3(83), с.55-59, DOI: 10.25313/2520-2057-2020-3-5626.

2.Трухтенкова Н.ЄЕ., Килипенко А.В. та ін. Технологія упаковочного паперу - "Лісова промисловість",1974, 288 с.

3. Рибальченко В.В., Коптюх Л.А, Плосконос В.Г., Осика В.А. Підвищення жиронепроникності пакувального паперу.// Упаковка 2007, - № 2, с 23-26.

УДК 676.088

**ЯКІСТЬ СВІЖОЇ ВОДИ В ЗАЛЕЖНОСТІ
ВІД ВИДУ ПРОДУКЦІЇ, ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ**

Бакалаври: Лубчук Т.В., Касс М.С.,

доцент, к.т.н. Плосконос В.Г.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Метою даної роботи є визначення вимог до комплексу показників якості свіжої води в залежності від виду продукції, що виготовляється.

Враховуючи великий асортимент продукції целюлозно-паперової галузі, вимоги до свіжої води під час виготовлення цих видів продукції вирізняються. Разом з тим, за умови виробництва продукції одного виду за даними різних авторів [1] вимоги до свіжої води також не ідентичні. Це пояснюється тим, що під спільною назвою автори розуміють продукцію різних марок та якості.

На базі аналізу даних багатьох авторів стосовно вимог до свіжої води, а також звітних даних діючих підприємств галузі споживачі свіжої води в залежності від виду продукції поділені на сім груп.

До першої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво паперу і картону та напівфабрикатів, до якості продукції яких не висуваються жорсткі вимоги відносно забарвленості, засміченості та зольності. Це, наприклад, виробництво паперу для гофрування, картону для плоских шарів гофрокартону, картону макулатурного та коробочного, а також паперу мішечного і пакувального.

До другої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво білих та світло зафарбованих видів паперу із невибіленої сульфитної целюлози або напіввибіленої сульфатної целюлози і деревної маси. Це, наприклад, виробництво газетного паперу та обкладинкового, а також виробництво невибіленої целюлози для таких видів паперу.

До третьої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво паперу та картону із вибілених напівфабрикатів і білої деревної маси, до яких висуваються вимоги білості або чистоти тону світлого забарвлення та незначної засміченості і необов'язкова незначна зольність. Це, наприклад, виробництво писального паперу і паперу для друку №1 и №2, етикеточного та сигаретного паперу, жиронепроникного білого паперу і картону, санітарно-гігієнічних видів паперу і т.п.

До цієї групи відносяться потоки маси для покрівельного шару із вибілених напівфабрикатів для багат шарового картону. На потоках маси для внутрішніх шарів картону можливо використовувати воду, яка задовольняє вимогам 1 та 2 груп.

До четвертої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво високо вибілених видів паперу, а саме: документального та основи фотопаперу. До цієї групи споживачів відноситься виробництво целюлози для цих видів паперу.

До п'ятої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво тих видів кабельного паперу, для яких не нормується колір забарвлення, але нормуються електроізоляційні властивості.

До шостої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво спеціальних видів технічного паперу із строго обмеженою зольністю, наприклад, фільтрувального беззольного паперу, а також кабельного паперу високого ґатунку і конденсаторних видів паперу середнього ґатунку.

До сьомої групи споживачів свіжої води відноситься виробництво конденсаторних видів паперу вищого ґатунку. Для виробництва таких видів паперу потрібна вода, яка майже не містить розчинних речовин, а питома електропровідність такої води повинна бути в межах $1 \cdot 10^{-7} \div 1 \cdot 10^{-6} \text{ ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, тобто вода повинна бути майже хімічно чистою водою.

Підвищення вимог до якості свіжої води в значній мірі збільшує вартість очищення води, а це, в свою чергу, собівартість готової продукції. Тому неможливо знижувати якість води під час виробництва видів паперу та картону із строго нормованими властивостями і, разом з тим, можливо менш строго підходити до якості свіжої води, якщо це лише в деякій мірі позначиться на зовнішньому вигляді готової продукції. Наприклад, відомо, що деякі фабрики випускають писальний і типографський папір із кремовим відтінком, щоб не видаляти із свіжої води солі заліза.

Таким чином, визначається перелік груп виробництв споживачів свіжої води в залежності від виду целюлозно-паперової продукції, що виготовляється на підприємствах галузі.

Використана література

1. Заморюєв Б.М. Використання води в целюлозно-паперовому виробництві: - Видав-во: Лісова промисловість,. 1993. - 216 с.
2. Примаков С. П., Барбаш В. А. Технологія паперу і картону: навчальний посібник для ВУЗів. - Кит: ЕКМО. - 2008. - 425 с.

УДК 66.081.6

**INORGANIC FOULING OF PRESSURE-DRIVEN MEMBRANE
PROCESSES**

Virych Sviatoslav, Hulienko Serhii

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract. The main modern directions of contamination of membrane processes are given. Special attention is paid to concentration polarization. The considered algorithm features effective methods of cleaning and manufacturing a membrane for stable operation. Ways to improve the cleaning process are identified.

KEY WORDS: MEMBRANE, POLLUTION, CONCENTRATION POLARIZATION, OSMOSIS.

**НЕОРГАНІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ МЕМБРАННИХ ПРОЦЕСІВ
ПІД ТИСКОМ**

студент Вірич Святослав, к.т.н., доц. Гулієнко Сергій Валерійович

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

Анотація. Наведені основні сучасні напрямки забруднення мембранних процесів. Особливу увагу приділено концентраційній поляризації. Розглянутий алгоритм особливостей ефективних методів очищення та виготовлення мембрани для стабільної роботи. Визначені шляхи покращення процесу очищення.

Ключові слова: МЕМБРАНА, ЗАБРУДНЕННЯ, КОНЦЕНТРАЦІЙНА ПОЛЯРИЗАЦІЯ, ОСМОС.

Мембрана є селективним бар'єром між двома фазами, який обмежує транспортування твердих, колоїдних і розчинених хімічних речовин крім розчинника або води. В останні роки мембран процеси широко використовуються в текстильній, фармацевтичній, целюлозно-паперова, напівпровідникова, дубильна та шкіряна, гірничодобувна, молочна промисловість, переробка харчових продуктів і напоїв, біотехнологія промисловості, а також для очищення води та стічних вод. У воді і очищення стічних вод, чотири типи мембран (мікрофільтр, ультрафільтр, нанофільтр і мембрана зворотного осмосу) широко використовуються для видалення твердості, кольору, біогенності та дезінфекції продуктами та їх прекурсорами для отримання необхідної якості оброблених води.

Традиційними методами видалення забруднюючих речовин з води та стічних вод є коагуляція, флокуляція, седиментація, фільтрація піску, іонна обміну, електроосадження, екстракції, осадження та біологічного деградація тощо. Більшість із них мають недоліки, пов'язані з послідовними стадіями гетерогенних реакцій або розподілом речовин між різними фазами, що зазвичай вимагає тривалого експлуатаційний період і велика площа. Тому основною проблемою є концентраційна поляризація і забруднення.

Для досягнення постійного потоку в мембранній системі очищення води необхідна відповідна техніка очищення. У більшості експериментів із забрудненням осмосу на стенді, в яких зазвичай використовуються плоскі листові мембранні купони осмосу, забруднення та знижений потік є більш оборотними, ніж в інших мембранних процесах, керованих тиском. Відновлення потоку в режимі осмосу було набагато вищим, ніж у іншому режимі в експериментах з альгінатним обростанням за ідентичних умов очищення, хоча швидкість зниження потоку мембрани була однаковою в двох режимах. Зворотність обростання осмосу була пов'язана з менш

компактним шаром органічного обростання, що утворився в режимі осмосу через відсутність гідравлічного тиску. [1]

Як показано з новітніх досліджень давня проблема забруднення мембрани перешкоджає загальній продуктивності системи в осмосі, як це відбувається в мембранних процесах, керованих тиском. Таким чином, важливо розуміти механізми забруднення та їх стратегії пом'якшення, включаючи ефективні методи очищення та виготовлення мембрани проти обростання для стабільної роботи осмоса. Оскільки інформація, пов'язана з забрудненнями в процесах осмоса, все ще обмежена, потрібне поглиблене та систематичне вивчення. Цей огляд досліджує механізми забруднення осмоса в різних категоріях, включаючи органічні, неорганічні та біологічні джерела та наслідки очищення. На основі цього огляду автори обговорили деякі подальші думки щодо розуміння механізмів забруднення мембрани та їх стратегій пом'якшення в процесах осмосу.[2]

Також в одному, з нещодавніх досліджень були отримані якісні залежності концентраційних поляризаційних залежностей шару від прикладеного тиску трансмембранний потік і число Рейнольдса узгоджуються з теорією плівкової концентраційної поляризації. Більш того, кореляція між концентрацією поляризаційного опору шару і індекс концентраційної поляризації, що дозволяє припустити про можливість до отримати достовірну розрахункову залежність концентраційного поляризаційного опору шару від робочих параметрів процесів мембранного розділення під тиском [3].

З прикладу, можна зрозуміти, що є проблема з визначенням опору шару концентраційної поляризації (КП), а саме КП утворює висококонцентрований шар біля поверхні мембрани, який чинить опір масообміну, тобто опір концентраційної поляризації. Завдяки КП концентрація накопиченої розчиненої речовини та частинок стає настільки

високий, що біля мембрани може утворитися окалина або шар поверхню, яка чинить опір. Опір концентраційної поляризації викликає забруднення на поверхні мембрани. Важливо розрізняти між КП та стійкістю до обростання, хоча обидва не є повністю незалежні один від одного. КП частинок є спільною для обох пористі і непористі мембрани. Однак концентраційна поляризація розчинних іонів є застосовується тільки для непористих мембран. Це вже частково розглядати в статті про «Опір поляризаційного шару під час зворотного осмосу» [4].

Тому можна вважати, що даний напрямок дослідження є дуже перспективним.

References:

1. Mi, B.; Elimelech, M. Organic fouling of forward osmosis membranes: Fouling reversibility and cleaning without chemical reagents. *J. Membr. Sci.* 2010, 348, 337–345.
2. Yip, N.Y.; Tiraferri, A.; Phillip, W.A.; Schiffman, J.D.; Elimelech, M. High performance thin-film composite forward osmosis membrane. *Environ. Sci. Technol.* 2010, 44, 3812–3818
3. Influence of operating pressure on concentration polarization layer resistance in reverse osmosis, Serhii Hulienko, Oksana Leshchenko
4. The Estimation of Feed Solution Composition Influence on Concentration Polarization Layer Resistance during Reverse Osmosis, Hulienko S. V. Protsiuk O. O., Gatilov K. O. , Kaminskyi V. S.

УДК 628

**MODERNIZATION OF THE LUBRICANT PRODUCTION UNIT WITH
THE DEVELOPMENT OF A STRIPPING COLUMN AND AN AIR
COOLER**

Student Nikulichev D., Senior lecturer, Ph.D. Stepaniuk A.

**National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

ANNOTATION: *The technological scheme of lubricant production is described. The advantages and disadvantages of the designs of the evaporator column and the air cooler are formulated.*

KEY WORDS: *PERFORMANCE, STRIPPING COLUMN, AIR COOLER, MODERNIZATION.*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МАСТИЛА З
РОЗРОБКОЮ ВІДПАРНОЇ КОЛОНИ ТА ПОВІТРЯНОГО
ХОЛОДИЛЬНИКА**

магістрант Денис НІКУЛІЧЕВ, к.т.н., доц. Андрій СТЕПАНЮК

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

АНОТАЦІЯ: *Описано технологічну схему отримання мастила. Сформульовано переваги і недоліки конструкцій відпарної колони та повітряного холодильника.*

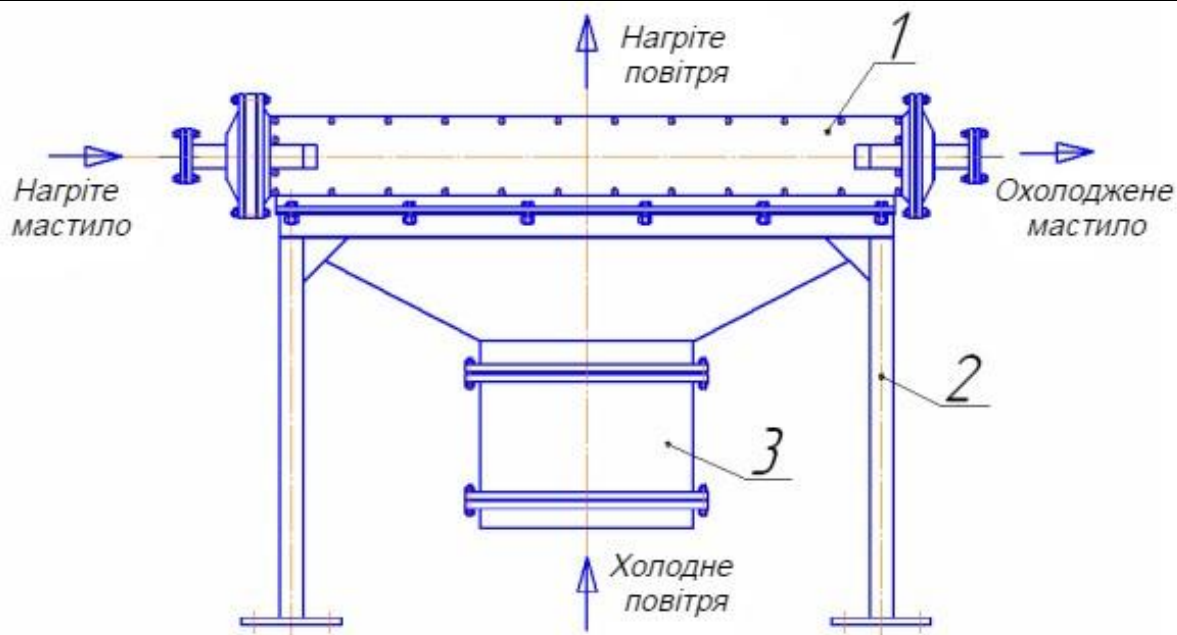
КЛЮЧОВІ СЛОВА: *ПРОДУКТИВНІСТЬ, ВІДПАРНА КОЛОНА, ПОВІТРЯНИЙ ХОЛОДИЛЬНИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ.*

Lubricants and oils are essential components in many industrial processes and machinery. They are used to lubricate and reduce friction between moving parts, which helps to maintain optimal levels of performance of machines and equipment. Lubricants can also protect metal surfaces from corrosion and other types of wear, ensuring a long service life. Oils, on the other hand, can be used as coolants in cooling systems and as lubricants in some industries. All these functions of greases and oils make them an integral part of many production processes [1]. Installations for the production of lubricants have become widespread today. They provide optimal conditions for the lubricant production process [1].

A separation column allows for the separation of heavy lubricant components from light components. The light components can be retained and used for the production of other products, while the heavy components can be used for the production of lubricant[2].

An air cooler, in turn, allows for a lower temperature of the production environment, which provides optimal conditions for the lubricant production process. Heat exchangers of this type provide cooling of grease or other components used in the production process[2].

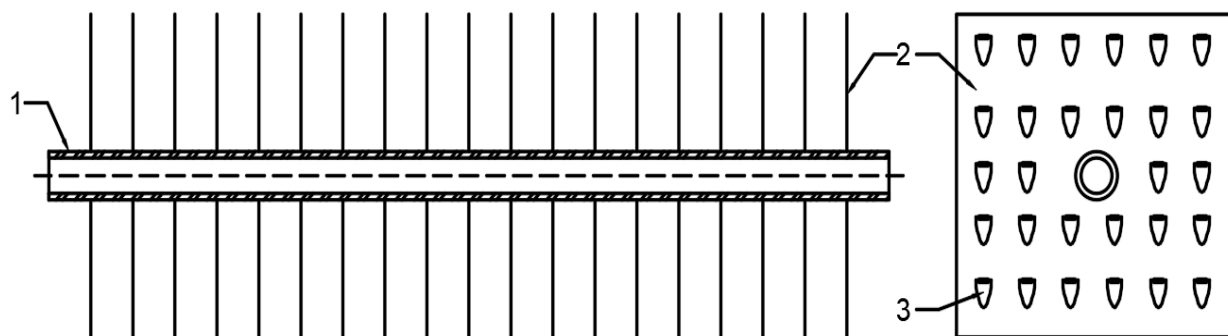
The diagram of the air refrigerator is shown in Figure 1.



1 - air refrigerator; 2 - frame; 3 - fan

Figure 1 - Diagram of the air cooler

To ensure efficient cooling, it is proposed to modernize the heat exchange fins by making protrusions on them, thus helping to slightly increase the cooling surface and, at the same time, turbulize the air flow, thereby increasing the performance of the unit. For this purpose, special sheets or annular tubular elements can be used, which will be located along the air flow channels (Figure 2).



1 - pipe; 2 - plates; 3 - protrusions

Figure 2 - Diagram of the modernized heat exchanger element

References:

1. "The Basics of Lubricants and Lubrication" machinerylubrication.com
(<https://www.machinerylubrication.com/Read/117/the-basics-of-lubricants-and-lubrication>)
2. "Industrial lubricants and their role in maintaining equipment" Plant Engineering
(<https://www.plantengineering.com/articles/industrial-lubricants-and-their-role-in-maintaining-equipment/>)

УДК 676.2.021+676.248+620.3

РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ВІДЛИВОК ПАПЕРУ НА МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

аспірантка Якименко О. С., професор Барбаш В. А.

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

Запропоновано обладнання та методологію його використання для виготовлення лабораторних відливок паперу (картону) із застосуванням колби Бунзена та вирви Бюхнера. Розроблено та описано методику виготовлення відливок на запропонованому обладнанні. Досліджено можливості обладнання та характеристики якості відливок. Встановлено, що вони мають високу якість і придатні для визначення більшості стандартних показників. Показано ряд переваг запропонованого обладнання перед промисловими листовідливними апаратами.

Ключові слова: колба Бунзена, вирва Бюхнера, вакуумний насос, гідравлічний домкрат, відливка паперу (картону)

The equipment and the technology of its application for the production of laboratory castings of paper (cardboard) using a Bunsen bulb and a Buchner funnel are proposed. The method of manufacturing castings on such equipment has been developed and described. The capabilities of the equipment and quality characteristics of the castings were studied. They have been found to be of high quality and suitable for the determination of most standard indicators. A number of advantages of the proposed equipment over industrial sheet-casting devices are shown.

Keywords: Bunsen flask, Buchner funnel, vacuum pump, hydraulic jack, casting of paper (cardboard)

Розробка нових наукоємких технічних видів паперу і картону залишається актуальною науково-практичною задачею для підприємств паперової промисловості України. Основним інструментарієм таких розробок є виготовлення та дослідження лабораторних відливок паперу (картону) з додаванням до них спеціальних хімічних допоміжних речовин (ХДР) для отримання необхідних їх споживчих властивостей [1]. Тому пошук простого лабораторного обладнання, що дозволяє змонтувати простий і дешевий листовідливний апарат і додаткове обладнання для виготовлення відливок паперу (картону), а також розробка простої методики роботи з ним, є важливою задачею для малих підприємств.

Класичний підхід виготовлення паперових відливок передбачає застосування промислових листовідливних апаратів різної конструкції від відносно простих (типу ЛА-1 конструкції ВНВОпапірпрому з вакуум-сушильною камерою [2]) до повністю чи напівавтоматизованих, що виготовляють ведучі світові фірми лабораторного обладнання (Sheet Former Rapid-Köthen [3]), вартість яких становить до 500 тис. \$, що не завжди доступні багатьом малим паперовим фабрикам.

В роботі запропоновано здійснювати виготовлення лабораторних відливок паперу (картону) з можливістю дозування ХДР із використанням звичайної колби Бунзена та вирви Бюхнера [4], а також найпростішого вакуумного насосу, наприклад, ручного насосу Комовського або звичайного водоструминного насосу [5] (рис. 1).

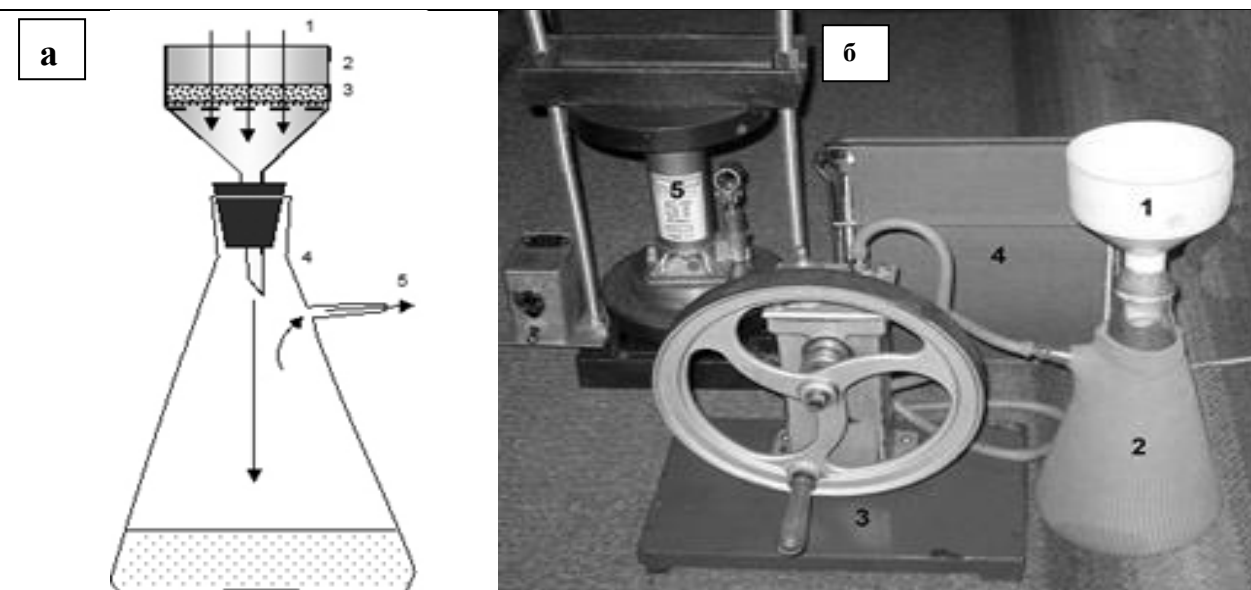


Рисунок 1 – (а) Пристрій для фільтрації: 1– розчин; 2– вирва Бюхнера; 3 – фільтр; 4 – колба Бунзена; 5 – вакуум; (б) Загальний вигляд модернізованого обладнання для виготовлення відливок: 1– вирва Бюхнера; 2 – колба Бунзена; 3– насос Комовського; 4 – електроглянцювач; 5 – прес на основі гідравлічного домкрату

Суть модернізації обладнання полягає в заміні традиційних паперових або синтетичних фільтрів для фільтрації на жорстку металеву сітку та шовківку поверх неї, через які фільтрують волокнисту масу для формування відливок паперу (картону). При цьому сітка має щільно розміщуватися у вирві Бюхнера і спиратися на вінчик заокругленого переходу дна лійки в вертикальну стінку, щоб між нею та дном була відстань близько 3 мм.

Як показала практика, найбільш зручними в роботі можна вважати колбу Бунзена об'ємом 1,5 – 2 л і вирву Бюхнера діаметром 125 мм. За застосування такої лійки можна отримати паперові відливки високої якості діаметром приблизно 120 мм, які потребують мінімальної витрати волокнистої маси і ХДР та можливість їх випробувань на стандартному обладнанні з використанням установленної нормативної документації на їх випробування.

На сформовані відливки паперу (картону) з сіткою накладають лист паперу, двічі прокатують віджимним валиком і направляють на сушіння. Сушіння відливок зручно здійснювати з використанням електроглянцювача, який дозволяє здійснювати якісне сушіння та отримати продуктивність на рівні промислових листовідливних апаратів. Для сушіння та пресування відливок використовували простий гідравлічний домкрат з регульованим підігрівом, який дозволяє виготовляти відливки паперу (картону) щільністю до $1,0 \text{ г/см}^3$.

Для максимального спрощення технологічних розрахунків під час підготовки волокнистої маси та визначення показників відливок використовували розроблену просту робочу програму в Excel (рис.2). Розроблена програма Excel здійснює також розрахунки середньої товщини зразка зі змінними вимірами, маси (г/м^2), щільності відливок.

З використанням модернізованого обладнання виготовлено лабораторну партію відливок паперу із сульфатної невивіленої целюлози масою $30 \pm 3 \text{ г/м}^2$ з різною витратою ХДР – фенопрінту (рис. 3).

Показники якості лабораторних відливок паперу, зокрема руйнівного зусилля, знаходились в межах допустимих значень, що нормуються нормативно-технічною документацією і підтверджують високоякісну роботу

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | |
|----|--|---|--------|-----------------|---------------------------|--------|---------------|---------|--------------|-----|-----------------|-------|------|-------|
| 1 | Розрахунок необхідної кількості маси даної концентрації для отримання відливки потрібного грамажу | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Ввести: | | | | | | | | | | Товщина зразка: | | | |
| 3 | Потрібний грамаж | | 30 | г/м^2 | | | | | | | 0,05 | 0,228 | | |
| 4 | Вологість | | 8 | % | | | | | | | 0,048 | 0,238 | | |
| 5 | Діаметр зразка | | 120 | мм | $\blacktriangleright S =$ | 113,04 | см^2 | 0,01130 | м^2 | ас= | 85,11 | мм | 0,04 | 0,236 |
| 6 | Наявна меса з С % = | | 2,5 | % | | | | | | | 0,06 | 0,232 | | |
| 7 | | | | | | | | | | | 0,062 | 0,243 | | |
| 8 | Результат розрахунку: | | | | | | | | | | 0,049 | 0,23 | | |
| 9 | Потрібно взяти маси | | 12,480 | мл | | | | | | | 0,06 | 0,23 | | |
| 10 | або | | 12,480 | г | | | | | | | 0,048 | 0,205 | | |
| 11 | Маса відливки буде: | | 0,339 | г | | | | | | | 0,048 | 0,217 | | |
| 12 | | | | | | | | | | | 0,048 | 0,19 | | |
| 13 | Получилась відливка, г | | 0,38 | г | а.с. маса | 0,350 | г | | | | | | | |
| 14 | Ї товщина, мм | | 0,042 | мм | | | | | | | | | | |
| 15 | Ї грамаж, г/м^2 | | 33,62 | г/м^2 | | | | | | | 0,051 | 0,225 | | |
| 16 | Ї щільність, г/см^3 | | 0,800 | г/см^3 | | | | | | | Середнє= | 0,138 | мм | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | |

Рисунок 2 - Фрагмент інтерфейсу розробленої програми Excel

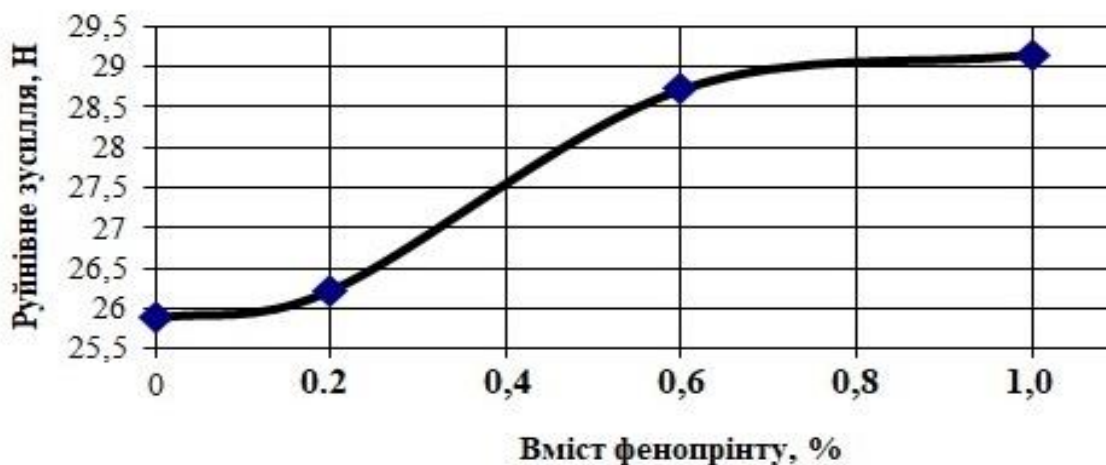


Рисунок 3 – Вплив фенопрінту на механічну міцність паперу у сухому стані

запропонованого простого лабораторного обладнання та надійність розробленої методології його використання. До переваг модернізованого обладнання належать:

1. Високоякісний провіт відливки паперу (картону) та мала похибка за її товщиною за рахунок її меншого розміру;

2. Можливість виготовляти відливки паперу (картону) малої маси (до $15-20 \text{ г/м}^2$) та високої щільності (до $1,0 \text{ г/см}^3$);

3. Можливість виготовляти якісні відливки паперу (картону) із застосуванням допоміжних хімічних речовин за рахунок більш швидкого зневоднення та запобігання флокуляції маси;

4. Можливість здійснювати безпосередньо на відливці паперу (картону) поверхневе покриття допоміжними хімічними речовинами.

Запропонована методологія отримання відливок паперу (картону) із застосуванням запропонованих найпростіших пристроїв дозволяє отримати їх досить високу якість за використання мінімальної витрати волокна, матеріалів, хімікатів та інших допоміжних матеріалів та речовин. При цьому

енергетичні та матеріальні витрати на виготовлення обладнання та відливок менші, ніж у випадку застосування промислових листовідливних апаратів. Одержані за запропонованою методологією відливки паперу (картону) дозволяють проводити їх тестування більшості фізико-механічних стандартних показників згідно з відповідною нормативно-технічною документацією.

Таким чином, запропонована методологія та обладнання можуть бути реальною альтернативою дорогим лабораторним приладам для проведення науково-технічних розробок як нових видів продуктів, так і наукових досліджень.

Перелік посилань:

1. Барбаш В.А. Технології перероблення недеревної рослинної сировини у целюлозовмісну продукцію: монографія / В. А. Барбаш. Київ : Каравела, 2022. – 360 с.

2. Черьопкіна Р.І., Трембус І.В., Дейкун І.М., Барбаш В.А. Технологія недеревних волокнистих напівфабрикатів. Підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» ОПП «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології», Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 231 с.

3. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. https://eco-paper.kpi.ua/images/documents/metodichki/paper/4k/DODATKOVI_TEHNOLOGIJa-OBLADNANNJa-I-PROEKTUVANNJ-LR.pdf

4. Хімічний лабораторний посуд та його призначення. https://elib.tsatu.edu.ua/dep/ate/tpzpsg_1/page6.html

5. Повітряні насоси. <https://fizmet.org/nfe/R01.html>

УДК 620.3+676.16+676.2

АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОГЕЛІВ НАНОЦЕЛЮЛОЗИ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

магістрант Бахман С.О., професор Барбаш В. А.

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

Описано стан із забезпеченням волокнистою сировиною підприємств целюлозно-паперової галузі та можливість використання гідрогелів нанокристалічної целюлози (НЦ). Проведено аналіз впливу використання гідрогелів наноцелюлози на якість паперу. Виявлено, що введення в паперову масу близько 0,5–2,5% НЦ шляхом обробки волокнистого шару гелем НЦ з подальшим пресуванням та сушінням сприяє збільшенню вмісту ОН-груп, здатних до утворення додаткових водневих зв'язків. Останні, у свою чергу, надають підвищеної міцності волокнистому шару, що суттєво збільшує такі фізико-механічні показники готової продукції, як опір роздиранню, продавлюванню, розривна довжина, які зростають на 20%, 10% та 15% відповідно.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НАНОЦЕЛЛЮЛОЗА, ЦЕЛЮЛОЗА, ГІДРОГЕЛЬ, ПАПІР.

The situation with the supply of fibrous raw materials to enterprises of the pulp and paper industry and the possibility of using hydrogels of nanocrystalline cellulose (NC) are described. The impact of the use of nanocellulose hydrogels on the quality of paper was analyzed. It was found that the introduction of about 0.5–2.5% NC into the paper pulp by treating the fibrous layer with NC gel followed by pressing and drying contributes to an increase in the content of OH groups capable

of forming additional hydrogen bonds. The latter, in turn, provide increased strength to the fibrous layer, which significantly increases such physical and mechanical indicators of the finished product as resistance to tearing, compression, breaking length, which increase by 20%, 10% and 15%, respectively.

KEYWORDS: NANOCELLULOSE, CELLULOSE, HYDROGEL, PAPER

Вирішальною умовою розвитку целюлозно-паперової промисловості є забезпеченість її сировинними ресурсами. В даний час існують три основні види волокнистої сировини, з яких виробляються напівфабрикати для целюлозно-паперової промисловості: деревина; недеревна сировина; вторинно волокниста сировина – макулатура. З кожним роком у зростаючій галузі все більше спостерігається дефіцит волокнистої сировини і це вимагає науковців здійснювати пошуку нових джерел сировини [1].

Створення нових наноконпозиційних матеріалів є магістральним напрямком розвитку науки і техніки. У целюлозно-паперовій промисловості наноцелюлозу використовують для підвищення фізико-механічних показників волокнистих матеріалів (паперу і картону). В роботі наведено приклад використання гідрогелів нанокристалічної целюлози (НЦ) у виробництві офсетного паперу із застосуванням різних композицій сировини, хімікатів і гідрогелів (табл. 1) [2].

Таблиця 1 - Варіанти використання хімічних допоміжних речовин і матеріалів для вироблення офсетного папір

| № з\п | Назва варіанту | Спосіб подачі, витрата реагентів, кг/т | Примітки |
|-------|----------------|---|--|
| 1 | Контрольний | 1. Клей «Ультрасайз» 7; 2. Крохмаль- 4; 3. Крейда-200 | Частина паперу оброблена з поверхні (проклейка) з використанням НЦ (варіант б) |

Продовження таблиці 1

| | | | |
|---|--|---|----------------------------|
| 2 | НЦ в паперову масу разом з хімікатами | 1.НЦ - 5; 2. Клей «Ультрасайз» -7; 3. Крохмаль-4; 4. Крейда-200 | Загальна витрата НЦ-5 кг/т |
| 3 | НЦ після змішування з мінеральним наповнювачем(крейда) | 1.Клей «Ультрасайз»-7; 2.Крохмаль-4; 3. (Крейда+НЦ): крейда-200; НЦ -2. | Загальна витрата НЦ-2 кг/т |
| 4 | НЦ в паперову масу і після змішування з мінеральним наповнювачем | 1.НЦ-5; 2. Клей «Ультрасайз»-7; 3. Крохмаль- 4; 4. (Крейда+НЦ) : крейда-200; НЦ- 2. | Загальна витрата НЦ-7 кг/т |
| 5 | НЦ після змішування з речовиною (крохмаль) | 1. Клей «Ультрасайз»- 7; 2. (Крохмаль+НЦ):крохмаль-5; НЦ -5; 3. Крейда- 200 | Загальна витрата НЦ-5 кг/т |
| 6 | Поверхнева обробка контрольного варіанту (варіант 1) гідрогелем НЦ на клеїльному пресі | - | - |

Результати додаткових поверхневих обробок паперу офсетного масою 75 ± 6 г/м², товщиною 92 ± 5 мкм і щільністю 0.82 ± 2 г/см³, отриманого в контрольному варіанті (варіант 6), наведено у табл. 2.

Таблиця 2 - Показники якості офсетного паперу з використанням гідрогелів наноцелюлози

| Найменування показника | № варіанту | | | | | | Метод випробувань |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Руйнуюче зусилля, Н -машинний напрямок -поперечний напрямок | 53.3 27.8 | 62.0 28.6 | 60.2 27.5 | 61.3 27.5 | 58.8 26.1 | 59.4 28.0 | ГОСТ ІСО 1924-1 |
| Подовження при розриві в поперечному напрямку, % | 4.6 | 5.0 | 4.8 | 4.8 | 4.1 | 4.2 | ГОСТ ІСО 1924-1 |

Продовження таблиці 2

| | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|--------------|
| Міцність на злам під час багатократних перегинів у поперечному напрямку. ч.п.п. | 18 | 16 | 19 | 16 | 15 | 18 | ГОСТ 13525.2 |
| Гладкість, с: | | | | | | | |
| - лицьова сторона | 49 | 55 | 48 | 43 | 42 | 84 | ГОСТ 12795 |
| - сіткова сторона | 60 | 62 | 56 | 48 | 42 | 140 | |
| Масова доля золи, % | 13.6 | 17.4 | 16.6 | 19.4 | 14.0 | 14.5 | ГОСТ 7269 |
| Білість, %: | | | | | | | |
| - лицьова сторона | 80.7 | 81.0 | 81.1 | 81.0 | 81.1 | 81.1 | ГОСТ 30113 |
| - сіткова сторона | 81.0 | 81.2 | 81.5 | 81.3 | 81.5 | 81.3 | |
| Непрозорість, % | 91 | 93 | 93 | 94 | 93 | 93 | ГОСТ 8874 |
| Поглинання води (Кобб ₆₀), г/метр куб. | 20.0 | 19.6 | 19.1 | 18.6 | 21.0 | 17.9 | ГОСТ 12605 |
| Шорсткість, мкм, PPS 10 верх/сітка | 5.4 | 4.9 | 5.0 | 5.1 | 5.1 | 4.4 | ГОСТ 30115 |
| Фарбосприйняття, дотт. | 1.26 | 1.24 | 1.27 | 1.25 | 1.23 | 1.36 | ГОСТ 24356 |
| Просвічування, дотт. | 0.15 | 0.12 | 0.13 | 0.11 | 0.11 | 0.13 | ГОСТ 24356 |

В результаті виготовлення офсетного паперу встановлено, що добавка гідрогелів наноцелюлози в паперову масу за різних способах введення і подальша поверхнева обробка отриманого паперу в клеїльному пресі показали переваги нового продукту у порівнянні із застосовуваними хімікатами. Показано, що додавання гідрогелів наноцелюлози забезпечує значне підвищення ступеня утримання мінерального наповнювача (крейда) у паперовій масі, яка залежно від способу подачі гідрогелів склала від 52 до 68%, що перевищує ступінь утримання в контрольному зразку в 1,6-2,1 рази. Встановлено, що фізико-механічні властивості (міцність на розрив, опір зламу, поглинання при односторонньому змочуванні тощо) також мали кращі

значення. Відповідно до сучасних даних підвищення вмісту мінерального наповнювача в папері в інтервалі від 13% до 20 % має призводити до суттєвого зниження якості паперу за показниками механічної міцності – від 30 до 70 % [3, 4]. В усіх експериментах спостерігається покращення друкованих властивостей паперу – непрозорість, шорсткість, просвічування, стійкість поверхні до вищипування, фарбосприйняття. Застосування гідрогелів наноцелюлози разом із традиційно використовуваною зміцнюючою добавкою – крохмалем, значно знижує ефективність дії наноцелюлозного матеріалу.

Перелік посилань:

1. Барбаш В.А. Технології перероблення недеревної рослинної сировини у целюлозовмісну продукцію : монографія / В. А. Барбаш. Київ : Каравела, 2022. – 360 с.
2. Воскобойніков І.В., Кондратюк В.А., Нікольський С.Н., Константінова С.А., Коротков А.Н. Використання гідрогелей наноцелюлози при формуванні паперу та картону и різних видів волокнистої сировини. Лісовий вістник, 2012, № 8, -220 с.
3. Іванов С.М. Технологія паперу / С.М. Іванов. – М.: Лісова промисловість, 1970. – 696 с.
4. Фляте Д.М. Властивості паперу / Д.М. Фляте. – СПб.: НВО «Мир и семья»-95», ТОВ «Інтерлайн», 1999. – 384 с.

**STUDY OF THE POSSIBILITIES OF USING OF THE
FLUORESCENT ANALYZER "FLUORAT 02-3M" FOR THE
DETERMINATION OF PHENOL**

Ovsyankina V.O., associate professor , Korobko A.Yu., student

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

The high toxicity and ecological danger of phenol and its derivatives require reliable and reliable determination of these compounds at the exits of pollution sources and in natural objects. Despite the large number of currently existing methods for the determination of phenols, including those based on chromatographic distribution and detection using mass spectrometry, there are still many unsolved problems associated with the using of these methods and the interpretation of the obtained data.

One of the most widely used methods for determining the mass concentration of phenols (total and volatile) in natural, drinking and wastewater samples is the fluorimetric method using the FLUORAT 02-3M liquid analyzer. This method is based on their isolation from a sample volume of 10-250 cm³ (depending on the concentration in the sample) by butyl acetate, re-extraction into an aqueous solution of sodium hydroxide, acidification of the resulting solution, measurement of its fluorescence intensity on the "FLUORAT 02-3M" analyzer and automatic calculation of the mass concentration of phenols with the help of a gradation dependence embedded in the memory of the analyzer. This method allows to determine the amount of phenols in the concentration range (0.001 - 25.0) mg/dm³ with an error of (50-10)%. However, the description of the method for this device does not indicate which phenols can be determined. In this regard, the possibilities of this technique were investigated on the example of model solutions of phenol.

To determine phenol, a series of solutions containing (0; 0.010; 0.025; 0.05; 1.2; 2.0; 4.0) mg/dm³ of phenol was prepared. The volume of the sample was 25 cm³, it was brought up to the mark with distilled water, through which nitrogen was previously passed. The experiment was repeated three times. The results of the analysis are presented in table. 1.

Table 1 Determination of phenol in its model solutions on the "FLUORAT 02-3M" analyzer

| No. | Entered phenol, mg/dm ³ | Found phenol, mg/dm ³ | Openability, % |
|-----|------------------------------------|----------------------------------|----------------|
| 1 | 0.01 | 0.011 ±0.003 | 110 |
| 2 | 0.025 | 0.027 ±0.002 | 108 |
| 3 | 0.05 | 0.052 ±0.003 | 104 |
| 4 | 1,2 | 1.22 ±0.009 | 102 |
| 5 | 2.0 | 2.06 ±0.008 | 103 |
| 6 | 4.0 | 3.98 ±0.009 | 99.5 |

As can be seen from the table, the results of checking the determination of phenols correspond to the metrological characteristics of the method. At the same time, 0.010 mg/dm³ of phenol can be reliably determined without prior concentration.

RESEARCH OF OPPORTUNITIES OF USING A FLUORESCENT ANALYZER " FLUORATE 02-3M" FOR DETERMINATION OF PHENOL CHLORODERIVATIVES

Ovsyankina V.O., associate professor, Korobko A.Yu., student

National technical university of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute "

The global environmental problem of today is growing chemical pollution of the hydrosphere that violates natural equilibrium in water ecosystems . Among diversity of toxic substances that enter to the water bodies, organic compounds of different classes , including hydroxybenzene (phenol) and its derivatives, are deserved of special attention. Chlorophenols represent the biggest danger among substituted phenolic compounds. They have clearly expressed cytotoxic and genotoxic effects and are precursors of dioxins . In this regard, the purpose of this work was to investigate the possibilities of using of fluorescent analyzer "FLUORATE 02-3M" for the determination of chloroderivatives of phenol.

To define chloroderivatives of phenol, series of solutions containing (0; 1.2; 2.4; 30) mg/dm³ of 2-chlorophenol, 3-chlorophenol, 4-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol, 2,4,6-trichlorophenol were prepared. The volume of the sample was 25 cm³ , it was brought up to the mark with distilled water, through which nitrogen was previously passed. Experiment repeated three times. The results of the analysis are presented in Table 1

Table 1 – Definitions of chloroderivatives of phenol in model solutions on the "FLUORATE 02-3M " analyzer

| No. | compound | Entered phenol, mg/dm ³ | Found phenol, mg/dm ³ | Openability , % |
|-----|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| 1 | 2-chlorophenol | 1,2 | 0.011 ±0.004 | 0.99 |
| 2 | | 2.4 | 0.016 ±0.003 | 0.67 |
| 3 | | 30 | 0.031 ±0.005 | 0.10 |
| 4 | 3-chlorophenol | 1,2 | 0.003 ±0.004 | 0.00 |
| 5 | | 2.4 | 0.005 ±0.006 | 0.00 |
| 6 | | 30 | 0.008 ±0.003 | 0.00 |
| 7 | 4-chlorophenol | 1,2 | 0.086 ±0.004 | 7.17 |
| 8 | | 2.4 | 0.192 ±0.003 | 8.00 |
| 9 | | 30 | 2.41 ±0.007 | 8.03 |
| 10 | 2,4-dichlorophenol | 1,2 | 0.004 ±0.007 | 0.00 |
| 11 | | 2.4 | 0.011 ±0.006 | 0.46 |
| 12 | | 30 | 0.006 ±0.007 | 0.00 |
| 13 | 2,4,6-trichlorophenol | 1,2 | 0.009 ±0.005 | 0.00 |
| 14 | | 2.4 | 0.005 ±0.006 | 0.00 |
| 15 | | 30 | 0.007 ±0.006 | 0.00 |

The results, which presented in Table 1 show that 3-chlorophenol, 2,4-dichlorophenol and 2,4,6-trichlorophenol in the interval of concentrations (1.2-30) mg/dm³ are not determined by this method.

**RESEARCH OF SORPTION PROCESSES OF REMOVAL OF ARSENIC
(V) COMPOUNDS BY COMPOSITE SORBENTS**

Ovsyankina V.O., associate professor, Boyko M.Yu., student
National technical university of Ukraine
" Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute "

Among various pollutants heavy metals represent special danger to the living organisms and health of the person. In natural waters, they exist in the form of salts dissolved in water, or bottom deposits sorbed on composites. Their migration carried out by sorption-desorption processes . That is, they are only redistributed from one natural tank in another, interacting with the living organisms. Thanks to capable of bioaccumulation they are characterized by high toxicity, even in relatively small concentrations. In the nature there are not reliable mechanisms of self-cleaning from them, and in conditions of active increasing of anthropogenic load on natural ones reservoirs this problem is particularly acute.

Sorption is one of promising methods of water purification from heavy metals.

As oxides and hydroxides of some metals are components parts of soil and bottom deposits on which happens accumulation difficult metals, in this process oxyhydrate ion exchange sorbents are used. They are characterized by pronounced selectivity of absorption in relation to multi-charged ions, high speed of adsorption and sufficient chemical and physical stability .

In this work study of process of water purification from NaH_2AsO_4 was conducted. Sorbents consis from anionite *Dowex SBR*, into which 1 and 2 layers of inorganic hydrated zirconium oxide are introduced . The results of research are given in table 1.

Table 1. The results of sorption on composite sorbents *Dowex SBR – P + ZrO₂ (2)* and *Dowex SBR – P + ZrO₂ (1)* without changing the pH of the medium .

| Initial concentration As^{5+} , mg/dm ³ | <i>Dowex SBR – P + ZrO₂ (2)</i> | | <i>Dowex SBR – P + ZrO₂ (1)</i> | |
|--|--|-----------------------------|--|-----------------------------|
| | Equilibrium concentration $As^{5+} C_E$, mg / dm ³ | value of adsorption A, mg/g | Equilibrium concentration $As^{5+} C_E$, mg/dm ³ | value of adsorption A, mg/g |
| 76.2 | 7,8 | 17.1 | 6.2 | 17.5 |
| 92.2 | 14.6 | 19.4 | 15 | 19.3 |
| 129 | 21.9 | 26.8 | 21.8 | 26.8 |
| 177.1 | 46 | 32.8 | 43.6 | 33.4 |
| 223 | 74.1 | 37.2 | 43.8 | 44.8 |
| 223 | 52.9 | 42.5 | - | - |
| 279 | 98.9 | 45.0 | 97.6 | 45.4 |
| 408 | 154.1 | 63.5 | 157 | 62.8 |

Up to 50% of the inorganic component was included in the matrix structure of the ion exchange material, thanks to this an increasing of the total adsorption capacity for arsenates was achieved by 34.78% compared to organic anionite *Dowex SBR – P* at neutral pH values.

**STUDY OF SORPTION PROCESSES OF REMOVAL OF LEAD (II)
COMPOUNDS BY COMPOSITE ORGANIC-INORGANIC SORBENTS**

Ovsyankina V.O., associate professor, Boyko M.Yu., student

National technical university of Ukraine

" Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute "

Any natural water connected with his own mass and energy exchange with the environment the environment. So many natural and unnatural factors affects on her. From more and more over time anthropogenic factor carries out weighty contribution, the result of influence which is getting into the water body new, not typical substances, in particular lead (II) compounds. Taking into account toxicity of lead and his compounds, as well as those circumstances that pollution unimpeded migrate throughout the planet, development of modern methods of removal of these compounds from water systems is extremely relevant direction.

In this work study of process of water purification from $Pb(NO_3)_2$ was conducted. Sorbents consist from cationite *Dowex HCR – Son* into which from 1 to 6 layers of hydrated oxides ferrum are introduced. Research results are given in table 1.

Table 1. The results of the sorption with using of composite sorbent *Dowex HCR – S + Fe₃O₄ (1)*.

| Initial concentration Pb^{2+} , C_i , mg/ dm ³ | <i>Dowex HCR – S + Fe₃O₄ (1)</i> | |
|--|--|------------------------------------|
| | Equilibrium concentration Pb^{2+} C_E , mg/ dm ³ | Value of the adsorption A, mg/g |
| 80.25 | 0.1 | 20,037 |
| 179.5 | 0.1 | 44.85 |
| 810.9 | 2.55 | 202.09 |
| 1708 | 350 | 303.65 |
| 1710 | 1100 | 305 |

Table 3.2.2. The results of the sorption with using of composite sorbent *Dowex HCR – S + Fe₃O₄* (6).

| Initial concentration Pb^{2+} , C_i , mg/ dm ³ | <i>Dowex HCR – S + Fe₃O₄</i> (6) | |
|--|---|------------------------------------|
| | Equilibrium concentration Pb^{2+} C_E , mg/dm ³ | value of the adsorption A, mg/g |
| 89.22 | 0.12 | 22,275 |
| 171.2 | 0.1 | 42,775 |
| 670.5 | 9.86 | 165.16 |
| 866 | 420 | 223 |
| 7647 | 7365 | 70.5 |

Up to 50% of the inorganic component was included in the matrix structure of the ion exchange material, thanks to this an increasing of the total adsorption capacity for lead was achieved by 77.6% compared to organic anionite *Dowex HCR – S*.

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

СУШІННЯ БІШОФІТУ

Марчевський В.М., Квецко А.Л. 6

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТУ (РПА)
ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ В РІЗНИХ ГАЛУЗЯХ**

Косенко В.В.; Бишко М.А. 8

**INVESTIGATION OF THE PRODUCTION PROCESS OF POLYMER
PIPES USING A GEAR PUMP**

Koliadenko V.V., Shved M.P., Shved D. M. 11

ANALYSIS OF EXISTING ZEOLITE DRYING METHODS

Kushniruk V.M., Novokhat O. A. 16

**ВИЗНАЧЕННЯ ДОЛІ ДИСПЕРСНИХ ВКЛЮЧЕНЬ, ЗДАТНИХ ДЛЯ
ВИЛУЧЕННЯ ЕЛЕКТРОФІЛЬТРУВАННЯМ КРІЗЬ
ПОЛЯРИЗОВАНУ НАСАДКУ**

Дахненко В.Л., Гусарова О.В. 20

**СИМУЛЯЦІЙНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ МОДЕРНІЗАЦІЇ БАРАБАННОЇ
СУШАРКИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОЛІ**

Ярослав БОЙЧУК, Андрій СТЕПАНЮК 26

EFFECT OF TOOTH GEOMETRY ON GEAR PUMP PERFORMANCE

Koliadenko V. V., Shved M.P., Shved D. M. 31

**MODERNIZATION OF APPARATUS FOR CAPTURE OF TWO-PHASE
INCLUSIONS**

Andrii DMYTRUK, Andrii STEPANIUK 35

| | |
|--|----|
| MODERNIZATION OF THE TUBULAR REACTOR-CATALYST | |
| Myhailo MUDRYK, Andrii STEPANIUK | 40 |
| ХІМІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ КЛЮЧОВИЙ ІНСТРУМЕНТ У ВІДНОВЛЕННІ ПІСЛЯ ВІЙНИ | |
| Косенко В.В.; Бишко М.А. | 44 |
| PARAMETERS OF MELT QUALITY INFLUENCE IN THE PROCESS OF POLYMER DISK EXTRUSION | |
| Novodvorskiy V., Shved M. | 47 |
| METHODS OF CONDUCTING EXPERIMENTAL RESEARCH | |
| Kovba A, Shved M. | 50 |
| РОЛЬ РОТОРНО-СТАТОРНИХ ЗМІШУВАЧІВ У ВИРОБНИЦТВІ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ | |
| Бишко М.А., Косенко В.В. | 54 |
| УСТАНОВКА ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ: ОПИС ПРОЦЕСУ ТА ОСНОВНОГО УСТАТКУВАННЯ | |
| Піренко Г.І., Новохат О. А. | 57 |
| MODERNIZATION OF HIGH-SPEED POLYMER EXTRUSION PLANT | |
| Trachuk Y. V., Shved M.P., Shved D. M. | 60 |
| PHYSICAL MODEL OF MELT DOSING PROCESS IN GEAR PUMP | |
| Koliadenko V. V., Shved M.P., Shved D. M. | 65 |
| MODERN DIRECTIONS OF MODERNIZATION OF ALKYLATOR REACTORS | |
| Husarova O. 1, Stepaniuk A.1, Snezhkin Yu. Chernysh I. | 70 |
| SCRUBBER OF TAR WATER PROCESSING INSTALLATION | |
| Chorna V.O., Haidai S.S. | 76 |

СЕКЦІЯ 2

«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»

| | |
|---|----|
| APPLICATION OF THE LAGRANGE EQUATION TO STUDY THE MOVEMENT OF A MATHEMATICAL PENDULUM | |
| Vovk M., Shtefan N.I. | 81 |
| IMPULSE OF THE SHOCK REACTION OF THE SUPPORT DURING THE ROTATION OF THE DISK | |
| Gurkivska T., Shtefan N.I. | 84 |
| APPLICATION OF THE OSTROGRAD-HAMILTON-JACOBI METHOD TO STUDY THE MOTION OF A MATHEMATICAL PENDULUM | |
| Prozyuk M., Shtefan N.I. | 87 |
| APPLYING THE UTILIZATION FACTOR KINETIC ENERGY WITH IMPACT IN TECHNOLOGY | |
| Sitnik V., Shtefan N.I. | 90 |
| APPLICATION OF THE HAMILTON FUNCTION ON THE EXAMPLE OF MATHEMATICAL PENDULUM MOTION | |
| Tartachnij N., Shtefan N.I. | 93 |

СЕКЦІЯ 3

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

| | |
|---|-----|
| MODIFICATION OF PAPER BASE FOR WATER PURIFICATION | |
| Hondovska A. S., Mykhailenko N. V., Trembus I. V. | 97 |
| RENEWABLE BIOMASS WASTE TYPICAL FOR AREAS WITH INTENSIVE AGRO-INDUSTRIAL ACTIVITY AND PROSPECTS FOR THEIR UTILIZAT | |
| Belyaeva I., Zhukov K., Korbut N., Shpilberg L. | 100 |

| ФРАКЦІЙНЕ | ВИПАРЮВАННЯ | ВІДПРАЦЬОВАНИХ |
|---|--------------------|-----------------------|
| РЕГЕНЕРАЦІЙНИХ РОЗЧИНІВ | | |
| Радовенчик Я. В., Гожан Ю. М. | | 105 |
| DETERMINATION OF CHANGES IN THE SPECIFIC HEAT OF EVAPORATION FROM INFRARED RADIATION TREATED BLUEBERRIES DURING DRYING | | |
| Petrova Zh.O., Slobodianiuk K.S., Dmytrenko N. V., Ivanov S.O., Grakov O.P. | | 108 |
| ПАПЕРОТВОРНІ ВЛАСТИВОСТІ ВТОРИННОГО ВОЛОКНА З ВИКОРИСТАНОГО АСЕПТИЧНОГО ПАКОВАННЯ ТЕТРА ПАК | | |
| Пономаренко Є.В., Мовчанюк О. М | | 113 |
| ОЦІНКА МЕТОДІВ ІОНООБМІННОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД НІТРАТ-ІОНІВ | | |
| Трус І.М., Твердохліб М.М., Макаренко І.М., Сіренко Л.В., Тараненко А.С. | | 116 |
| ВПЛИВ КИСЛОТНОСТІ НА ПРОЦЕС ЗБЕРІГАННЯ ПАПЕРУ | | |
| О. Орлова, Р. Черьопкіна, | | 120 |
| ПАПІР-ОСНОВА ДЛЯ ХАРЧОВОГО ПЕРГАМЕНТУ | | |
| Трембус І. В., Сироїд Т.О. | | 124 |
| ОДЕРЖАННЯ ВОЛОКНИСТИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ СТЕБЕЛ СОЇ ОРГАНСОЛЬВЕНТНИМ МЕТОДОМ | | |
| Г.В. Лизак, Д.М. Бондарчук, І.М. Дейкун | | 128 |
| EFFICIENCY EVALUATION OF ULTRA FILTRATION POLYSULPHONE MEMBRANE | | |
| Trembus I. V., Hondovska A. S., Mykhailenko N. V., | | 131 |
| ОТРИМАННЯ ВОЛОКНИСТОГО НАПІВФАБРИКУ ІЗ СТЕБЕЛ АМБРОЗІЇ ПОЛИНОЛИСТОЇ (<i>Ambrosia artemisiifolia</i>) | | |
| Килюшик Т.І., Ященко О.В., Барбаш В.А. | | 134 |

ОГЛЯД І ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ТЕПЛОВИХ АКУМУЛЯТОРІВ

Демченко В.Г., Коник А.В., Хоменко М.В. 139

ЗАМІЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ БІОРЕСУРСАМИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ АМІАКУ

Цюпяшук А.М., Соловійов Г.І., Орлик В.М., Костоґриз К.П. 144

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВОЛОКНЕННЯ ВІДХОДІВ АСЕПТИЧНОГО КАРТОННОГО ПАКОВАННЯ

Мовчанюк О.М, Пономаренко Є.В. 150

ЗВ'ЯЗОК КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТА ТА ЖИВИМ ПЕРЕТИНОМ ОТВОРІВ КРУГЛОЇ ФОРМИ

Ободович О.М., Сидоренко В.В., Азаров С.П. 154

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНОВАЖНОЇ ВОЛОГОСТІ КОЛОЇДНИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ СТОЛОВОГО БУРЯКУ

Петрова Ж.О., Самойленко К.М., Новікова Ю.П., Петров П.І. 160

МАТЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОСОБЛИВИХ ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Рубльов А.В., , Величко Н.М., Вялих Т.І. 164

ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ СПОЖИВАННЯ ПРИРОДНОЇ ВОДИ В КОМУНАЛЬНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Радченко Н.Л., Недбайло А.Є.1, Шуляк В.В. 167

USE OF HYDRODYNAMIC CAVITATION FOR STABILIZATION OF PROTEINS IN COLLOIDAL SOLUTIONS

Nedbailo A.Ye., Tselen B.Ya., Ivanitsky G.K., Radchenko N.L., Shchepkin V.I. 171

| | |
|--|-----|
| THE EFFECT OF ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF EXTRUDED PRODUCTS | |
| Ivanitsky G. K., Tselen B.Ya., Nedbailo A.Ye., Ganzenko V.V., N. Radchenko | 173 |
| RESEARCH OF THE ABILITY TO REGENERATION OF SORPTION MATERIAL | |
| Ovsyankina V.O., Boyko M.Yu. | 176 |
| ПАПР – ОСНОВА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАКУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ | |
| Плосконос В.Г., Ашихміна А.В, Продайко С.Д. | 178 |
| ЯКІСТЬ СВІЖОЇ ВОДИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВИДУ ПРОДУКЦІЇ, ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ | |
| Лубчук Т.В., Касс М.С., Плосконос В.Г. | 183 |
| INORGANIC FOULING OF PRESSURE-DRIVEN MEMBRANE PROCESSES | |
| Virych Sviatoslav, Huliienko Serhii | 186 |
| MODERNIZATION OF THE LUBRICANT PRODUCTION UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF A STRIPPING COLUMN AND AN AIR COOLER | |
| Nikulichev D., Stepaniuk A. | 190 |
| РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ВІДЛИВОК ПАПЕРУ НА МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВАХ | |
| Якименко О. С., Барбаш В. А. | 194 |
| АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОГЕЛІВ НАНОЦЕЛЮЛОЗИ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ | |
| Бахман С.О., Барбаш В. А. | 200 |
| STUDY OF THE POSSIBILITIES OF USING OF THE FLUORESCENT ANALYZER "FLUORAT 02-3M" FOR THE DETERMINATION OF PHENOL | |
| Ovsyankina V.O., Korobko A.Yu | 205 |

| | |
|--|-----|
| RESEARCH OF OPPORTUNITIES OF USING A FLUORESCENT ANALYZER " FLUORATE 02-3M" FOR DETERMINATION OF PHENOL CHLORODERIVATIVES | |
| Ovsyankina V.O., Korobko A.Yu. | 207 |
| RESEARCH OF SORPTION PROCESSES OF REMOVAL OF ARSENIC (V) COMPOUNDS BY COMPOSITE SORBENTS | |
| Ovsyankina V.O., Boyko M.Yu. | 209 |
| STUDY OF SORPTION PROCESSES OF REMOVAL OF LEAD (II) COMPOUNDS BY COMPOSITE ORGANIC-INORGANIC SORBENTS | |
| Ovsyankina V.O., Boyko M.Yu. | 211 |

Рішення

XXIV 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», Інституту Газу НАН України та Програмного комітету 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.

Виконуючий обов'язки завідувача кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробничих виробництва

А.Р.Степанюк