



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

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ  
ТА ОБЛАДНАННЯ”**

15 грудня  
Київ 2023

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

---

УДК 66

ББК 35.11я43

Р 43

Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (15 грудня 2023 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2023. – 229 с.

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

**"РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ"**

Рекомендовано до друку  
Вченою радою Інституту  
технічної теплофізики  
НАН України  
Протокол № 17  
від 07.12.2023 р.

Рекомендовано до друку  
Кафедрою машин та апаратів  
хімічних  
і нафтопереробних виробництв  
Протокол № 7  
від 21.12.2023 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»**

UDC 661.715.3

## ACETONE RECOVERY PLANT FROM ACETONE-AIR MIXTURE

Student Vladimirov Z.D., Associate professor, PhD Haidai S. S.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**Abstract:** The process of acetone recovery, its importance, and obtaining it from an acetone-air mixture is considered, a technological scheme is given

**Key words:** acetone, recovery, heat exchange

## УСТАНОВКА РЕКУПЕРАЦІЇ АЦЕТОНУ З АЦЕТОНО-ПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ

студент Владимиров З.Д., доцент, к.т.н. Гайдай С. С.

**Національний технічний університет України**

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

**Анотація:** Розглянуто процес рекуперації ацетону, його важливість, та отримання з ацетоно-повітряної суміші, наведено технологічну схему

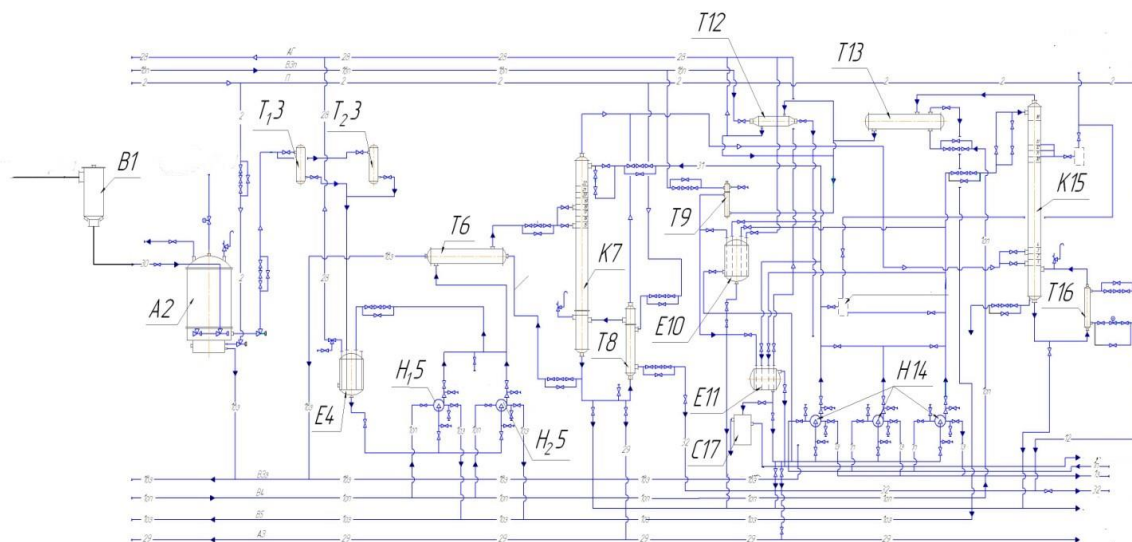
**Ключові слова:** ацетон, рекуперація, теплообмін

One of the most important tasks of modern industry is the intensification of technological processes and the saving of valuable raw materials and the prevention of emissions of harmful substances into the environment. The main way to achieve this is the creation of technologies and technological processes in which the entire flow of raw materials and all energy resources are fully used in the production of products, or are processed and returned to the technological process. One of these processes is the acetone recovery process

Acetone is a volatile liquid with a characteristic smell, under normal conditions it is a transparent liquid. It is used in the production of artificial fibers, explosives; as a solvent for vinyl and acrylic resins, acetyl and nitrocellulose varnishes, alkyd paints, inks, medicines and cosmetics. Due to its relatively low toxicity, it is also used in the food industry. Acetone is a starting material for the

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
synthesis of ketene, acetic anhydride, diacetone alcohol, mesityl oxide, methyl isobutyl ketone, methyl methacrylate, etc.

Out of all variants this scheme was chosen, due to it's combination of effectiveness and variability, that allows to properly utilize it in different environments



**Figure 1. – The technological scheme**

The acetone-air mixture passes through a flame retardant, which is designed to prevent the spread of flame along the gas ducts, and is fed to periodic vertical adsorbers for cleaning from organic solvents

Gas emissions, passing through the annular and flat layer of the adsorbent, are cleaned of organic solvents that are absorbed by activated carbon. After the coal is saturated with acetone, the supply of the acetone-air mixture is switched to another adsorber, and water vapor is supplied to the first adsorber, which removes acetone from the coal. Drying of coal after desorption is carried out with atmospheric air.

The vapor-acetone mixture with temperature is supplied during desorption from the adsorber to the recuperate condensers, which are vertical shell-and-tube heat exchangers, where it condenses. Condensation of recuperate vapors and cooling of the condensate to a temperature of 35-40°C takes place in the condensers, with circulation water being fed into the tube space of the devices.

The cooled recuperate flows into the collector. The recuperate collector is a vertical cylindrical device with an elliptical lid and bottom. From there, the recuperate condensate is fed to the column by pumps through a horizontal shell-and-tube heat exchanger, in which the acetone-water mixture fed to the column is heated by the cubic residue, which is collected in the lower part of the same rectification column.

The starting mixture is fed by a pump to the upper part of the column. Rectification of the recuperate condensate is carried out in the continuous column. The rectification column is designed to separate water and acetone from an acetone-water solution.

The column has a remote evaporator which is a vertical shell-and-tube heat exchanger with natural circulation of cubic liquid. The liquid from the bottom of the distillation column flows into the evaporator, where it is heated by steam. The temperature of the steam on the upper plate is 65-70°C. The finished product after rectification in the column of the second stage is used as phlegm for irrigation of the column. Phlegm is supplied by a pump from the container of the finished product. The temperature of the cubic liquid in the column is 100-102°C. The resulting vapors rise up the column, and the cubic residue – a product enriched with a high-boiling component – is continuously removed from the column cube.

The rectification column is designed to solidify the acetone-water mixture. The column has a removable shell-and-tube heat exchanger with natural circulation of cubic liquid. The initial mixture (vapors of acetone and water) is fed into the column one at a time. From the bottom of the column, the liquid flows into the heat exchanger, where it is heated by the steam supplied to the intertube space of the heat exchanger. The temperature of the cubic liquid in the column is 65-70°C. Phlegm, in which the finished product is used, is fed to the top of the column by a pump from the container of the finished product. Circulating water with pressure is supplied as a sealing liquid to the pump seal, which drains after the pump into the collector of circulating water. In stable state in the rectification column, acetone vapors leaving the column enter the dephlegmator, where they condense when cooled by circulating water.



Then, the vapor-liquid fraction from the dephlegmator enters the refrigerator of the finished product through the expander. Uncondensed acetone vapors from the expander enter the tail condenser. The tail condenser is a horizontal heat exchanger in which non-condensed acetone vapors are cooled by a supply of industrial water. From there, liquid acetone enters the refrigerator of the finished product, and gases containing acetone vapors are sent to the gas duct. Condensed acetone from the condenser and dephlegmator is cooled in the refrigerator by supplying production water to the pipe space. The cooled finished product is sent to the container. The container is a horizontal cylindrical device. The technological scheme provides secondary storage - a vertical cylindrical apparatus. It is designed to collect unfitting acetone and return it to the recuperate tank during the initial start-up of the rectification.

The advantage of the scheme is high productivity of acetone of satisfactory quality, and the disadvantage is the presence of toluene in acetone, which is a pollutant. To eliminate this problem, a separator is introduced, which will allow to separate toluene from acetone.

The cooled finished product is fed into the separator, where the separation of toluene from acetone takes place. From the column of the second stage, after cooling, the finished product (acetone) is poured into a container. Then it is pumped by pumps into the storage, from where, acetone is supplied to production.

Since in this scheme the main processes of acetone recovery take place in heat exchangers (heating) and rectification columns, the most promising and important direction of improving the scheme is the modernization of these devices, which will increase the efficiency of the entire scheme, without making additional changes to the system.

## **References**

1. Acetone: Biochemistry, Production and Uses / Ed. by I. Kozłowska, Kl. Walczak. New York : Nova Science Publishers, 2018. 208 p.

2. Борисов А. Л. Проектирование предприятий искусственных волокон.

/под ред. А. Л. Борисова. М.: Химия, 1975. 344с..

## **ЕЛЕМЕНТ НАСАДКИ МАСООБМІННОГО АПАРАТА У ВИГЛЯДІ ПЕРФОРОВАНОЇ СФЕРИ**

Витвицький В.М., PhD, ас., Мікульонок І.О., проф., д.т.н., с.н.с.,

Витвицький В.М., студ., Козінчук Д.О., студ.

**Національний технічний університет України**

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

Пропонований елемент насадки належить до обладнання хімічних, харчових та споріднених виробництв, зокрема до насадок масообмінних апаратів, і може бути використана в ректифікаційних, абсорбційних та екстракційних колонах [1, 2].

Відомий елемент насадки масообмінних апаратів, виконаний у вигляді кулі [3]. Недоліком цього елемента є його невелика питома поверхня та значна маса, що істотно знижує ефективність процесу тепломасообміну та ускладнює експлуатацію обладнання.

Найближчим до пропонованого вдосконалення конструкції є елемент насадки масообмінного апарата у вигляді перфорованої півсфери з виконаними на її внутрішній поверхні та спрямованими перпендикулярно її основі стрижнями, при цьому вільні кінці стрижнів розташовано в межах основи півсфери [4].

На відміну від попереднього варіанту, цей елемент насадки має більш розвинену питому поверхню та меншу масу, проте він передбачає його обов'язкове використання в парі з аналогічним елементом, які разом утворюють сферу, що звужує технологічні можливості елемента насадки та знижує ефективність процесу тепломасообміну. Крім того, розташування вільних кінців стрижнів у межах основи півсфери в разі розташування вершини сусіднього елемента в порожнині даного елемента знижує питомий об'єм шару насадки в масообмінному апараті, що також знижує ефективність

В основу запропонованої модернізації [5] покладено задачу вдосконалити елемент насадки масообмінного апарата, в якому його нове конструктивне виконання дає змогу використовувати його як окремо, так і в парі з аналогічним елементом насадки без застосування складального інструменту та збільшує питомий об'єм шару насадки в масообмінному апараті, що розширює технологічні можливості елемента насадки та підвищує ефективність процесу тепломасообміну.

Поставлена задача вирішується таким новим конструктивним виконанням елемента насадки. Елемент насадки масообмінного апарата (рис. 1, а, б) у вигляді перфорованої півсфери 1 з виконаними на її внутрішній поверхні 2 та спрямованими перпендикулярно її основі 3 стрижнями 4, вільні кінці 5 яких розташовано за межами основи 3 півсфери 1, при цьому частину стрижнів 4 виконано з порожнинами б з боку їхніх вільних кінців 5, а решту стрижнів 4 – з суцільними вільними кінцями 5, при цьому суцільні вільні кінці 5 стрижнів 4 виконано з можливістю їх розміщення в порожнинах б стрижнів 4 іншого аналогічного елемента насадки з утворенням з'єднання між собою двох елементів насадки (рис. 1, в). Також порожнини б стрижнів 4 з боку їхніх вільних кінців 5 та суцільні вільні кінці 5 решти стрижнів 4 можуть бути виконано конічними (див. рис. 1, а) або циліндричними (не показано).

Елемент насадки працює в такий спосіб.

Елемент може бути використаний в масообмінному апараті як окремо від інших елементів, так і в парі з іншим аналогічним елементом, тобто у вигляді перфорованих сфер. У другому випадку кожні два елементи насадки за допомогою стрижнів 4 з'єднують між собою з утворенням перфорованої сфери.

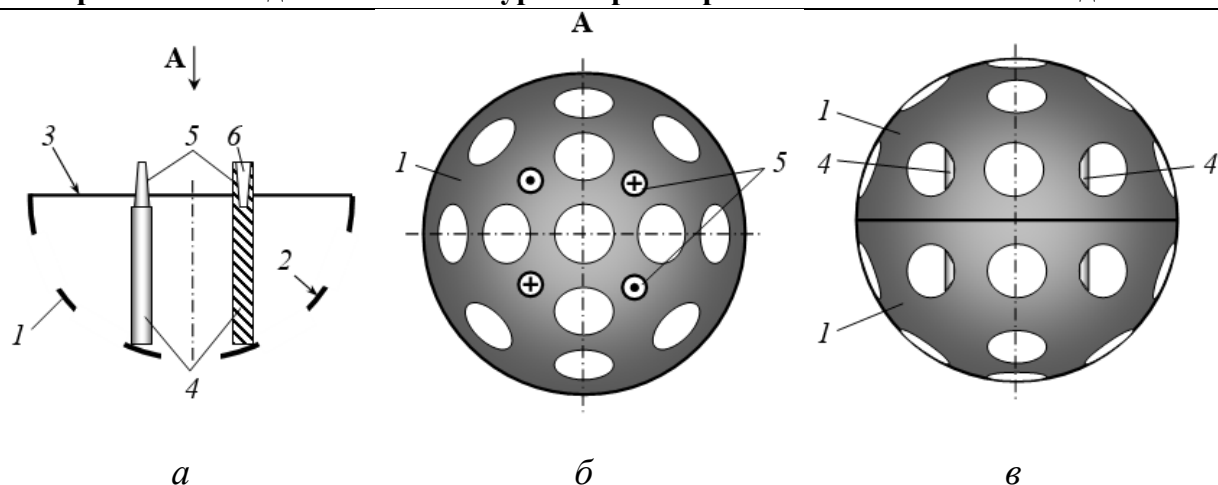


Рисунок 1 Конструкції елемента насадки (пояснення в тексті):

*a* – поперечний переріз елемента насадки; *б* – вид А;

*в* – з'єднання двох елементів насадки між собою

Після цього елементи (окремо або парами) невпорядковано засипають у масообмінний апарат, а потім в апарат подають оброблювані фази, які, проходячи крізь шар насадки, завдяки перфорації півсфери *1* елемента інтенсивно взаємодіють одна з одною як на зовнішній, так і внутрішній поверхні *2* елемента (рис. 1, *a, б*), або утвореної перфорованої сфери (рис. 1, *в*).

Виконання частини стрижнів з порожнинами з боку їхніх вільних кінців, а решти стрижнів – з суцільними вільними кінцями, при цьому суцільні вільні кінці стрижнів виконано з можливістю їх розміщення в порожнинах стрижнів іншого аналогічного елемента насадки з утворенням з'єднання між собою двох елементів насадки дає змогу застосовувати пропонуваній елемент у парі з таким самим елементом з утворенням за їх участю перфорованої сфери.

Виконання порожнин стрижнів з боку вільних кінців стрижнів, а також суцільних вільних кінців решти стрижнів конічними підвищує надійність з'єднання двох елементів насадки між собою з утворенням перфорованої кулі.

*Висновки.* Пропонований елемент насадки, нескладний у виготовленні та експлуатації, забезпечує високу ефективність процесу тепломасообміну.

Перелік посилань:

1. Мікульонок І. О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології. Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 340 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38169>
2. Мікульонок І. О. Конструкції кільцевих насадок масообмінних апаратів хімічних і споріднених виробництв // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2018. Вип. 18., Т. 1 С. 12–21.
3. Мікульонок І. О. Керамічні насадки тепломасообмінних апаратів // Кераміка: наука и жизнь. 2011. № 2. С. 24–34.
4. Елемент насадки масообмінного апарата : пат. 134266 Україна. № u201812121; заявл. 07.12.2018; опуб. 10.05.2019, Бюл. № 9. 6 с.
5. Елемент насадки масообмінного апарата : пат. 152700 Україна. № u202203533; заявл. 23.09.2022; опуб. 29.03.2023, Бюл. № 13. 5 с.

## MODERN DIRECTIONS IN THE PRODUCTION OF FIBER CONCRETE PRODUCTS

Anastasiia Dovhopol, Igor Andreiev

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

*Abstract.* A review of recent research has been conducted on the formation of fibrous concrete products, the use of various types of fiber reinforcement, and the quality control of concretes reinforced with dispersed fibers.

*Key words:* fiber concrete, dispersed reinforcement, fibers.

## СУЧАСНІ НАПРЯМКИ У ВИРОБНИЦТВІ ФІБРОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

студентка Анастасія Довгопол, к.т.н., доц. Ігор Андреев

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

*Анотація.* Зроблено огляд останніх досліджень з формування фібробетонних виробів, застосування різних типів фібрової арматури, контролю якості бетонів, які армовані дисперсно.

*Ключові слова:* фібробетон, дисперсна арматура, фібри.

Fibrous reinforcement has long been utilized to enhance the properties of various materials. As far back as 3000 years ago, materials such as jute and horsehair were used for binding mortar, while straw and asbestos fibers found applications in construction structures. The commercial application of fiber-reinforced cementitious materials, excluding asbestos-cement, began in the 1960s.

Fibers used as reinforcement are traditionally categorized into two types based on their modulus of elasticity: low-modulus (nylon, polypropylene, polyethylene, etc.) and high-modulus (steel, asbestos, glass, basalt, carbon, etc.).

Advancements in the production of fibrous concrete products continue to evolve. Current trends in this field are presented based on a literature review. Various types of fibers are proposed for use as dispersed reinforcement. For instance, incorporating 0.5% bamboo fiber into concrete increases the compressive strength by 5.6% [1]. The authors also conduct experiments to obtain crucial data on the durability of bamboo fibers as reinforcement in concrete.

A multi-scale system for improving concrete materials with dispersed reinforcement is discussed in [2]. It involves a mixture of carbon, polyethylene, and calcium carbonate fibers. The authors identify the optimal composition where compressive, flexural, and tensile strengths of the matrix reach their maximum values.

Steel and polypropylene fibers are applied for concrete reinforcement in another study [3]. The tensile, flexural, and impact strength of fibrous concretes are determined. It is revealed that all fiber-reinforced samples, whether single or hybrid, enhance strength compared to ordinary concrete, with steel-polyester compositions outperforming monofiber fibrous concrete.

Recent research has extensively explored the strength and durability of various fiber-reinforced concretes using dispersed steel [4], polypropylene and polyvinyl chloride [5], glass [6], and hybrid fibers (a mixture of steel, glass, and polypropylene) [7].

The dependence of fibrous concrete properties on the type of steel fibers (twisted, hooked, or smooth) is studied in [8]. Experimental results demonstrate that twisted fibers not only exhibit the highest pull-out resistance but also the greatest tensile strength.

Quality control of sprayed fiber-reinforced shotcrete (FRSC) for tunnel lining has significantly improved. A key innovation involves FRSC control in the



lining through small-scale core testing extracted from the tunnel, replacing traditional approaches [9]. Results indicate that small-scale testing can be considered a viable method for assessing the mechanical behavior of FRSC in both regular quality control programs and the evaluation of the existing tunnel lining.

In [10], the authors propose analyzing the crack resistance of fibrous concrete based on the dynamic response at different temperatures and crack depths.

Among various types of foamed concrete, reinforced fibrous foamed concrete (FRFC) has gained more attention from researchers due to its superior tensile, compressive strength, and plasticity compared to ordinary foamed concrete. FRFC contains air bubbles trapped in the hardened state, making it distinct from fibrous concrete, and fiber participation helps reduce cracks. A critical review of FRFC properties and its applications in construction is presented in [11].

A separate focus in this review is the utilization of fiber production waste as a partial substitute for fine aggregate [12, 13], showing potential for application in the construction industry.

### **References:**

1 **Bhadriraman K. S., Dr Priya Rachel.** Investigational Study on Strength Of Fiber Concrete Using Bamboo. Journal of Survey in Fisheries Sciences. 2023. Vol. 10, No 2S. P. 577–585.

2 Bowei Yang, Chen Yang, Song Chen, Kaixin Qiu, Jiahong Jiang. Optimisation of the Mechanical Properties and Mix Proportion of Multiscale-Fibre-Reinforced Engineered Cementitious Composites. Polymers. 2023. Vol. 15, No 17. URL: <https://doi.org/10.3390/polym15173531>.

3 Adnan Ahmad, Er Anuj Sachar. Study on Strength and Energy In-take Capacity of Steel-Polyester Composite Fibre Strengthened Concrete. International Journal of Innovative Research in Engineering & Management. 2023. Vol. 10,

No 1. URL: [Vol. 10 No. 1 \(2023\): International Journal of Innovative Research in Engineering & Management \(Feb\) 2023.](#)

4 L. Reena, P. Shanthi, C. P. Sanmugavelu. Study on Strength and Durability of Fibre Reinforced Concrete by Using Steel Fibres. International Journal of Innovative Research in Engineering & Management. 2023. Vol. 9, No 6. URL: <http://www.ijirse.com/wp-content/upload/2023/09/K1044.pdf>.

5 Arooba Rafiq Bhat, Ajay Vikram. Performance of concrete with polypropylene fibre and polyvinyl chloride fibre. Materialstoday: Proceedings. Available online 23 March 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.104>.

6 Ch. Manojkumar, B. Ramesh, G.B Ramesh Kumar. Study on the compressive strength of glass fibre reinforced M20 grade self-healing concrete using a novel technique microbial induced calcite precipitation. Materialstoday: Proceedings. 2023. Vol. 79, No 1. P. 53–58.

7 V. B. H. Kusma<sup>1</sup>, T. N. Chakra Lakshmi<sup>1</sup>, T. Naga Durga Bhavani<sup>1</sup>, M. Veera Babu<sup>1</sup>, D. Lokram<sup>1</sup>, G. Narayana Rao<sup>1</sup>, Dr. S. Govindarajan. An Experimental Study of Mechanical Properties of Hybrid Fibre Reinforced Concrete. International Journal of Innovative Research in Engineering & Management. 2020. Vol. 4, No 7. P. 315–321.

8 [Tri Thuong Ngo](#), [Quang Huy Le](#), [Duy Liem Nguyen](#), [Dong Joo Kim](#), [Ngoc Thanh Tran](#). Experiments and Prediction of Direct Tensile Resistance of Strain-Hardening Steel-Fibre-Reinforced Concrete. Magazine of Concrete Research. 2023. Vol. 75, No 15. P. 780–794.

9 Alan Renato Estrada Cáceres, Sergio H. P. Cavalaro, Antonio Domingues de Figueiredo. Integrated approach for quality control of fibre-reinforced sprayed concrete for tunnel lining. Journal of Building Engineering. 2023. Vol. 66, No 1. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0886779823002808>.

10 Hamad Hasan Zedan Khalel, Muhammad Khan, Andrew Starr. Dynamic response-based crack resistance analysis of fibre reinforced concrete specimens

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
under different temperatures and crack depths. Journal of Building Engineering.  
2023. Vol. 66, No 1. URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S235271022300044X>.

11 P. J. Ardhira, R. Ardra, Mandala Harika, Dhanya Sathyan. Study on Fibre Reinforced Foam Concrete-a Review. Materialstoday: Proceedings. Available online 5 April 2023. URL:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785323016176>.

12 F. N. A. A. Aziz, A. R. Tan, N. B. Bakar, N. A. M. Nasir. Properties of concrete with glass fibre reinforced polymer waste as partial replacement of fine aggregate. Journal of Physics: Conference Series. 2023. URL:  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2521/1/012015/meta>.

13 Evaluation of properties of fibre reinforced asphalt mix with copper slag as the filler. Matéria. 2023. Vol. 28, No 2. P. 577–585. URL:  
<https://www.scielo.br/j/rmat/a/PgVyBkXNh7qm9DLxZxVZ6WK/?lang=en>.

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MIXING EQUIPMENT IN A DEVELOPING COUNTRY**

V. Kosenko, assistant;  
M. Byshko, assistant

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

**Анотація.**

У статті розглядаються перспективи розвитку перемішувального обладнання в країні, що перебуває на етапі активного економічного розвитку. Підкреслюються важливість і актуальність вдосконалення такого обладнання для підтримки різноманітних виробничих процесів та підвищення конкурентоспроможності місцевого виробництва.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПЕРЕМІШУВАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ, ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК, КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ, ІННОВАЦІЇ, ТЕХНОЛОГІЇ.

**Summary.**

This article explores the prospects for the development of mixing equipment in a country undergoing active economic growth. Emphasis is placed on the importance and relevance of improving such equipment to support various production processes and enhance the competitiveness of local manufacturing.

**KEYWORDS:** MIXING EQUIPMENT, ECONOMIC DEVELOPMENT, COMPETITIVENESS, INNOVATION, TECHNOLOGY.

Modern mixing equipment plays a pivotal role in countries experiencing rapid economic growth. It becomes an indispensable element in production chains

where the quality and efficiency of various technological processes hinge on effective mixing. This article explores the prospects for the development of this industry in a developing country and identifies key directions for improving mixing technologies.

#### Relevance of the Issue

Developing economies not only require increased production volumes but also demand improvements in product quality. Precision and efficiency in mixing significantly influence the final outcome in various industries, such as food, chemical, pharmaceutical, and others. Advancements in mixing equipment are essential to meet modern quality and environmental standards.

#### Innovation and Technological Progress

The introduction of innovations in mixing equipment is a key factor in further development. The use of modern materials, refinement of designs, and the implementation of automated control systems can significantly improve the productivity and reliability of equipment. Some notable innovations include:

- **Advanced materials:** The use of high-performance materials, such as ceramics and composites, can enhance the durability and corrosion resistance of mixing equipment, extending its lifespan and reducing maintenance costs.
- **Refined designs:** Optimizing mixing chamber geometries and impeller configurations can improve mixing efficiency, reducing energy consumption and minimizing product loss.
- **Automated control systems:** Implementing intelligent control systems allows for real-time monitoring and adjustment of mixing parameters, ensuring consistent product quality and optimizing process parameters.

#### Education and Workforce Training

The development of the industry requires a pool of qualified professionals capable of effectively interacting with modern mixing equipment. To achieve this, it is important to develop an education system and training programs that equip

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
individuals with not only traditional but also modern skills in automation and technical maintenance. Essential skills include:

- Theoretical understanding of mixing principles: A strong foundation in fluid mechanics, thermodynamics, and process engineering is crucial for understanding the intricacies of mixing processes and selecting appropriate equipment.
- Practical expertise in operating and maintaining mixing equipment: Hands-on training and experience are essential for safely and effectively operating and maintaining modern mixing equipment.
- Familiarity with automation and control systems: Proficiency in programming and interfacing with automated mixing systems is becoming increasingly important as technology advances.

#### Financial Support and Government Policy

To stimulate the development of the industry, it is crucial to define effective financial mechanisms and government programs. Supporting investments in research and the implementation of new technologies can significantly accelerate the development of mixing equipment. Potential measures include:

- R&D funding: Government-sponsored research programs can provide financial support for universities and research institutions to develop innovative mixing technologies.
- Tax incentives: Tax breaks or subsidies can encourage companies to invest in the development and adoption of new mixing technologies.
- Industry-academia collaborations: Fostering partnerships between industry and academia can promote the transfer of knowledge and facilitate the commercialization of new technologies.

#### Conclusion

The development of mixing equipment in a developing country is a crucial step in creating competitive and innovative manufacturing. The integration of modern technologies, the training of qualified personnel, financial support, and the

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
creation of a conducive environment for innovation can determine success in this direction. By investing in these key areas, developing economies can reap the benefits of improved product quality, increased productivity, and enhanced competitiveness in global markets.

**References:**

1. Smith, J. "Innovations in Mixing Technology." *Journal of Mixing Technology*, 2022.
2. Johnson, A. "Advancements in Automated Control Systems for Mixing Equipment." *International Journal of Industrial Automation*, 2023.
3. Ministry of Economic Development. "National Strategy for Technological Advancement in Mixing Industries." *Government Publications*, 2023.

**MODERNIZATION OF THE FACILITY FOR THE PRODUCTION OF TWO GRADES OF CRUDE BENZENE WITH THE DEVELOPMENT OF A HEATER AND A REGENERATOR**

Ph.D. Husarova O.<sup>1,2</sup>, Ph.D. Dakhnenko V.<sup>2</sup>, magistr Kvetsko A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Technical University of Ukraine

«I. Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

<sup>2</sup>Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine.

**ABSTRACT:** *the paper briefly examines the production of crude benzene of two grades. The technological scheme of the process is given and the advantages and disadvantages of the installation are indicated. To improve the quality of the obtained product, it is proposed to modernize the regenerator.*

**KEY WORDS:** *CRUDE BENZENE, PRODUCTION, HEATER, REGENERATOR, MODERNIZATION.*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА СИРОГО БЕНЗОЛУ ДВОХ СОРТІВ З РОЗРОБКОЮ ПІДГРІВАЧА ТА РЕГЕНЕРАТОРА**

ст. викладачка, к. т. н. Гусарова О.В.<sup>1,2</sup>, с. н. с., к. т. н., с. н. с. Дахненко В.Л.<sup>2</sup>,  
магістр Квецко А. Л.<sup>1</sup>

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

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

<sup>2</sup>Інститут технічної теплофізики Національної Академії Наук України

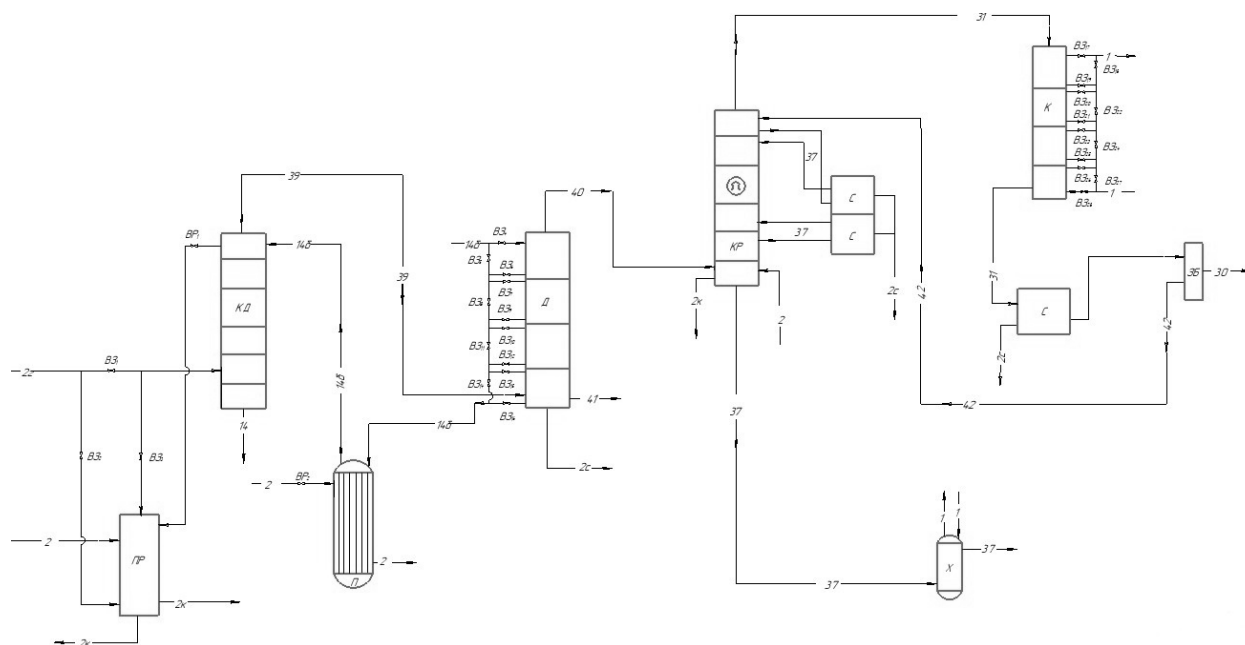
**АНОТАЦІЯ:** *у роботі коротко розглянуто виробництво сирого бензолу двох сортів. Наведено технологічну схему процесу та зазначено переваги та недоліки установки. Для покращення якості отриманого продукту запропоновано модернізацію регенератора.*



**КЛЮЧОВІ СЛОВА: СИРИЙ БЕНЗОЛ, ВИРОБНИЦТВО, ПІДГРІВАЧ, РЕГЕНЕРАТОР, МОДЕРНІЗАЦІЯ.**

The process of producing heavy and light benzene from benzene-saturated oil performs an important function in meeting the needs of industry and the production of various chemical products, and also contributes to the sustainable development of the technological and economic sectors of society [1]. The work is devoted to the modernization of the plant for the production of crude benzene of two grades (heavy and light). Therefore, the improvement of this installation is an urgent task.

The scheme of the technological process of raw benzene production is shown in Figure 1.



Д - dephlegmator, КД - distillation column, КР - rectification column,  
К – condenser, Т – heater, ПП – steam regenerator, С – separator,  
Х – refrigerator, 3В – collection

Figure 1 - Scheme of the technological process of the production of crude benzene of two grades

The production of benzene begins with benzene-saturated oil, which contains benzene hydrocarbons and water. The oil enters the dephlegmator Д and the steam heater Т, where the initial heating and evaporation of part of the benzene hydrocarbons and water takes place. Oil regeneration is carried out in the ПП steam regenerator, where a large amount of water vapor is blown; the oil at the same time almost completely evaporates and, together with water vapor, enters the lower part of the КД column. Polymers, as well as hard-boiling parts of the oil (anthracene, etc.), formed under the influence of high temperature (approximately 180 °C) from the mixtures contained in the oil, are released through the lower fitting of the ПП regenerator into the ЗБ collector for polymers.

Vapors of benzene hydrocarbons and water vapor are sent to the rectification column КР for separation into light and heavy benzene. Heavy benzene is stored, and light benzene is used as raw material for further production [2].

The advantage of such an installation is the separation of benzene, the system of which allows the separation of saturated oil into light and heavy benzene, which can be used in various chemical processes. Also, the regeneration process allows you to separate heavy components and polymers from oil, increasing the quality of raw materials. The installation separates water from benzene and oil, which is important for increasing the purity of raw materials.

Disadvantages include energy consumption. Heating and regeneration processes require significant energy costs. Also, the installation requires constant maintenance and upkeep [3].

*The purpose of the work* is to modernize the plant for the production of two grades of crude benzene with the development of a heater and a regenerator.

By design, the heater is a shell-and-tube heat exchanger. The heater is designed to heat oil with steam, and the steam regenerator is designed to regenerate saturated oil by blowing a large amount of water vapor.

References:

1. Properties and applications of benzene [Electronic resource]: [Web site] – Electronic data. - Access mode: <https://www.systopt.com.ua/article-vlastyvosti-ta-zastosuvannya-benzolu> (date of application 01.11.2023).
2. Processing and purification of crude benzene [Electronic resource]: [Web site] - Electronic data. - Access mode: [http://4ua.co.ua/manufacture/ra2ac68a4d53a89421216d37\\_0.html](http://4ua.co.ua/manufacture/ra2ac68a4d53a89421216d37_0.html) (date of application 15.10.2023).
3. Special equipment and processes of organic chemistry: Textbook / Shaporev V.P., Plyatsuk L.D., Moiseev V.F., Pitak I.V., Manoilo E.V., Vasiliev M.I., Kuznetsov P.V. /.– Kharkiv, 2013.– 272 p.

## **ЕЛЕМЕНТ НАСАДКИ МАСООБМІННОГО АПАРАТА У ВИГЛЯДІ БАГАТОГРАННИКА**

Витвицький В.М., PhD, ас., Мікульонок І.О., проф., д.т.н., с.н.с.,

Витвицький В.М., студ., Друченко В.С., студ.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Пропонований елемент насадки належить до обладнання хімічних, нафтохімічних, нафтопереробних, харчових і споріднених виробництв, зокрема до насадок масообмінних апаратів, і може бути використана в ректифікаційних, абсорбційних та екстракційних колонах [1, 2].

Відомий елемент насадки масообмінних апаратів, виконаний у вигляді кулі [3]. Недоліком цього елемента є його невелика питома поверхня, що істотно знижує ефективність процесу тепломасообміну.

Найближчим до пропонованого вдосконалення конструкції є елемент насадки масообмінного апарата, що має форму багатогранника, зокрема тетраедра [4].

На відміну від попереднього варіанту, цей елемент насадки має більш розвинену питому поверхню, проте його опукла форма, що утворює чотири плоскі трикутні грані, не виключає можливості контакту сусідніх елементів у контактному шарі масообмінного апарата саме по їхніх гранях, що істотно знижує активну поверхню як окремого елемента насадки, так і контактного шару в цілому, а отже й ефективність процесу тепломасообміну в апараті.

В основу запропонованої модернізації [5] покладено задачу вдосконалити елемент насадки масообмінного апарата, в якому його нове конструктивне виконання забезпечує його опукло-увігнуту форму, що практично унеможливорює контакт сусідніх елементів по їхніх гранях, а отже істотно збільшує питому поверхню як окремого елемента насадки, так і

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
контактного шару в цілому, що підвищує ефективність процесу тепломасообміну.

Поставлена задача вирішується таким новим конструктивним виконанням елемента насадки.

Поставлена задача вирішується тим, що в елементі насадки масообмінного апарата, що має форму багатогранника, згідно з пропонуваним вдосконаленням новим є те, що багатогранник виконано зірчастим.

У переважних прикладах виконання елемента насадки він має форму зірчастого октаедра або малого зірчастого додекаедра, а його вершини виконано притупленими.

Елемент насадки масообмінного апарата виконується у формі зірчастого багатогранника, наприклад, зірчастого октаедра (рис. 1, *а*) або малого зірчастого додекаедра (рис. 1, *б*). При цьому вершини *1* зірчастого багатогранника бажано виконувати притупленими.

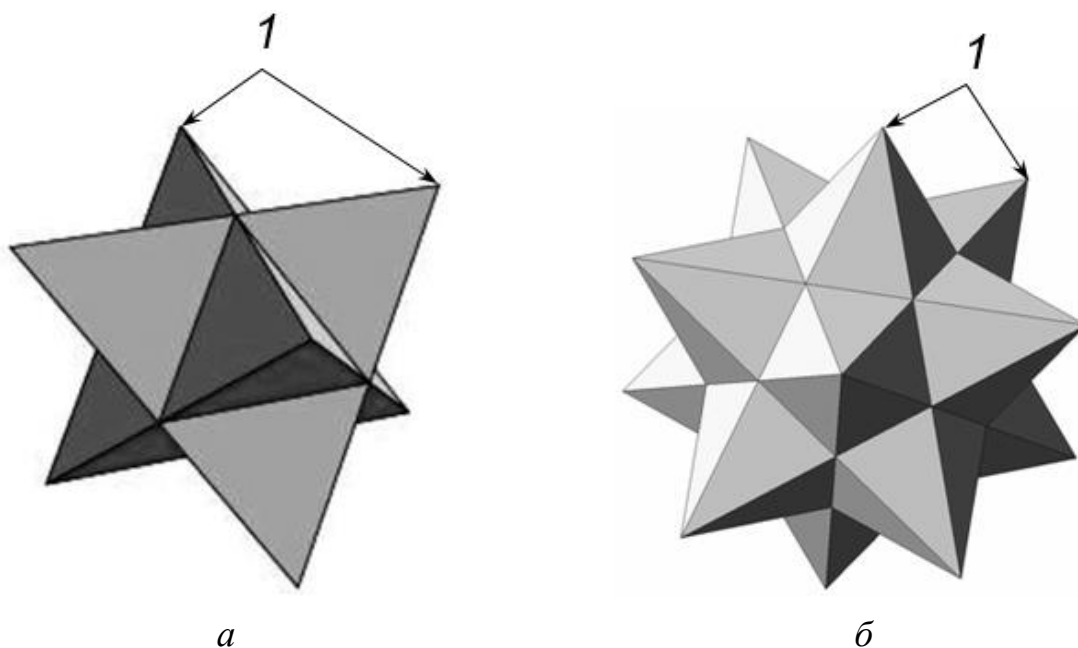


Рисунок 1 Загальний вигляд елемента насадки (пояснення в тексті):  
*а* – з формою зірчастого октаедра; *б* – з формою малого зірчастого додекаедра

Елемент насадки працює в такий спосіб.

Елементи невпорядковано засипають у масообмінний апарат, а потім в апарат подають оброблювані фази, які, проходячи крізь шар насадки, інтенсивно взаємодіють одна з одною.

Виконання елемента насадки з формою зірчастого багатогранника забезпечує його опукло-увігнуту форму [6], що практично унеможливорює контакт сусідніх елементів по їхніх гранях, а отже істотно збільшує активну поверхню як окремого елемента насадки, так і контактного шару масообмінного апарата в цілому.

Виконання елемента насадки з формою зірчастого октаедра або малого зірчастого додекаедра забезпечує не лише розвинену питому поверхню елемента, а й спрощує його очищення від можливих відкладень і забруднень різного походження, що гарантує високу ефективність процесу тепломасообміну. Виконання же вершин елемента притупленими підвищує міцність елемента, що також гарантує його цілісність і високу ефективність процесу тепломасообміну.

*Висновки.* Пропонований елемент насадки, нескладний у виготовленні та експлуатації, забезпечує високу ефективність процесу тепломасообміну.

Перелік посилань:

1. Мікульонок І. О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології. Київ : НТУУ «КПІ», 2014. 340 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38169>
2. Мікульонок І. О. Конструкції кільцевих насадок масообмінних апаратів хімічних і споріднених виробництв // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. 2018. Вип. 18., Т. 1 С. 12–21.
3. Мікульонок І. О. Керамічні насадки тепломасообмінних апаратів // Кераміка: наука и жизнь. 2011. № 2. С. 24–34.
4. Елемент насадки масообмінного апарата : пат. 25414 Україна. №

u200703004; заявл. 22.03.2007; опуб. 10.08.2007, Бюл. № 12. 2 с.

5. Елемент насадки масообмінного апарата : пат. 153013 Україна. № u202203707; заявл. 04.10.2022; опуб. 11.05.2023, Бюл. № 19. 4 с.

6. Зірчастий многогранник: Вікіпедія [Електронний ресурс]. Дата доступу: 25.09.2022. – URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Зірчастий\\_многогранник](https://uk.wikipedia.org/wiki/Зірчастий_многогранник)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ СУШІННЯ  
НА ВИДАЛЕННЯ ЛЕТКИХ АРОМАТИЧНИХ СПОЛУК  
З ПРЯНО-АРОМАТИЧНОЇ СИРОВИНИ**

Малащук Н.С., к. т. н. Дабіжа Н.О., к. т. н. Дмитренко Н.В.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

***АНОТАЦІЯ.** Досліджений вплив теплоти випаровування на видалення летких ароматичних сполук з листя м'яти перцевої. Виявлено, що для запобігання значних втрат якості температура сушіння м'яти не повинна перевищувати температури плавлення ментолу.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СУШІННЯ, ТЕПЛОТА ВИПАРОВУВАННЯ, М'ЯТА ПЕРЦЕВА, ЕФІРНА ОЛІЯ, МЕНТОЛ.

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE DRYING TEMPERATURE  
FOR REMOVAL OF VOLATILE AROMATIC COMPOUNDS FROM  
SPICY AND AROMATIC RAW MATERIALS**

Malashchuk N., Ph. D. Dabizha N., Ph. D. Dmytrenko N.

**Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine**

***ABSTRACT.** The influence of heat of evaporation on the removal of volatile aromatic compounds from peppermint leaves was studied. It was found that to prevent significant quality losses, the drying temperature of mint should not exceed the melting point of menthol.*

**KEYWORDS:** DRYING, HEAT OF EVAPORATION, PEPPER MINT, ESSENTIAL OIL, MENTHOL.

**Мета.** Дослідження теплоти випаровування лікарських та пряно-



**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
ароматичних рослин з метою визначення режимних параметрів сушіння, які забезпечують максимальне збереження ефірних олій.

**Результати.** Як матеріал для досліджень вибрана м'ята перцева (*Mentha piperita* L.) через її корисні властивості та широкий спектр застосування [1]. Листя м'яти містить ефірну олію, її вміст складає від 1,5 до 2,7, інколи до 3,5 %. Найбільш термочутливими компонентами ефірних олій є леткі ароматичні сполуки. Застосування зависокої температури призведе до їх значних втрат, зміниться концентрація та склад ефірних олій, погіршиться аромат кінцевого продукту. Основним (50...80 %) летким ароматичним компонентом м'яти є ментол, який знаходиться в залозах-трихомах на поверхні листка в кристалічному стані [2]. Його температура плавлення при нормальних умовах становить 315,60 К (42,5 °С), а питома теплота випаровування та сублімації у декілька разів менша ніж теплота випаровування води (2406 кДж/кг при 40 °С). Тож, необхідно було перевірити припущення, що температура сушіння листя м'яти не повинна перевищувати температуру плавлення ментолу для запобігання значної втрати якості продукції.

Дослідження витрат енергії на зневоднення в процесі теплового сушіння листя м'яти перцевої проведено шляхом визначення змінювання теплоти випаровування на диференціальному мікрокалориметрі випаровування ДМКВ-01. Принцип його роботи заснований на синхронному вимірюванні змін маси матеріалу через випаровування та кількості тепла, що витрачалося на це випаровування. Для дослідів з листям м'яти використовувалася калориметрична платформа з циліндричними комірками глибиною 36 мм, в якій перетворювачі теплового потоку розміщені вздовж периметру стінок комірок. Цілий листок м'яти скручували у м'який рулон та вкладали у вимірювальну комірку. Ізотермічне кондуктивне сушіння відбувалось в калориметричній камері при температурах 40 та 50 °С до моменту досягнення матеріалом вологості, що рівноважна з повітрям всередині камери.

Результати дослідів наведені на рис. 1 в координатах значень питомих витрат теплоти на сушіння, що приведені до питомої теплоти випаровування чистої води при відповідній температурі ( $R = q \text{ витрачене} / r \text{ води}$ ).

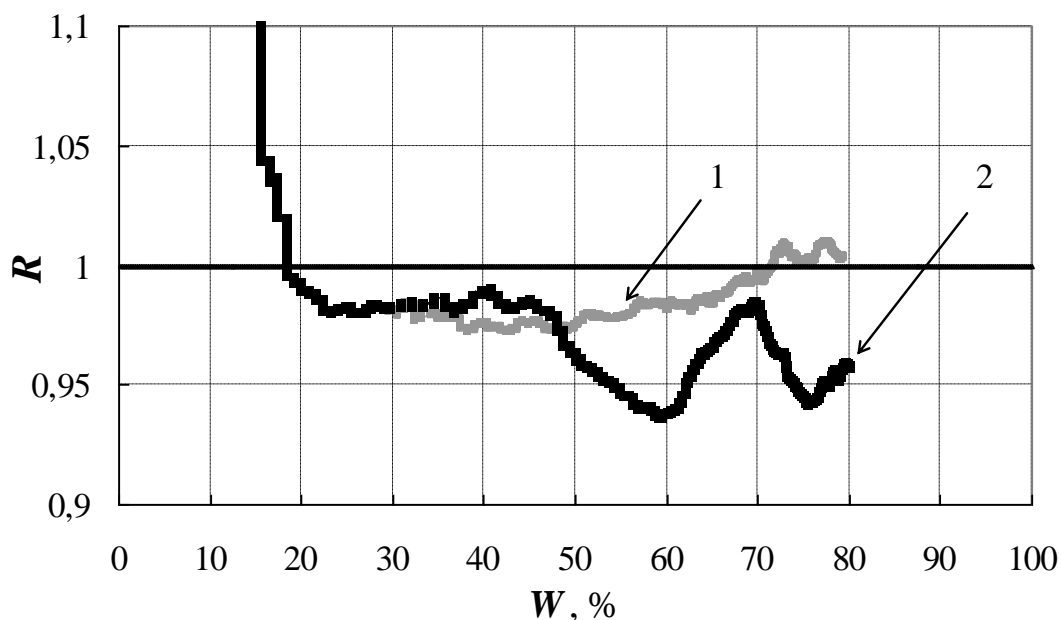


Рис. 1. Залежність від відносної вологості приведених питомих витрат теплоти на висушування листя м'яти перцевої при температурі сушіння 40 °С (1) та 50 °С (2)

Витрати теплоти на сушіння м'яти при 40 °С (крива 1) відповідають теплоті випаровування води ( $R=1$ ) лише на початку, коли випаровується вода. При досягненні вологості 70 % до процесу випаровування води приєднується випаровування летких ароматичних сполук з залоз-трихом на поверхні листя. Свідченням цього є спадання  $R$  нижче одиниці та поява аромату м'яти у повітрі.

При температурі сушіння 50 °С (крива 2) значне випаровування летких сполук відбувається з самого початку. Крім того, спостерігаємо ендотермічні піки, що обумовлені плавленням ментолу при температурі 42,5 °С чи пов'язанні з випаровуванням інших ароматичних речовин. Різке зростання витрат теплоти наприкінці сушіння свідчить про початок видалення з листя

**Висновки.** Проведене дослідження дозволило відстежити вплив температури сушіння на видалення летких ароматичних сполук з листя м'яти та підтвердило припущення, що для запобігання значних втрат якості температура сушіння м'яти не повинна перевищувати температури плавлення ментолу.

**Посилання:**

1. Nayak P., Kumar T., Gupta A.K., Joshi N.U. (2020) Peppermint a medicinal herb and treasure of health. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9(3), 1519-1528. Removed from: [www.phytojournal.com](http://www.phytojournal.com)
2. Blokhin A.V., Yurkshtovich Ya.N. (2020) Thermodynamic properties of L-menthol in crystalline and gaseous states. *Tonk. Khim. Tekhnol. = Fine Chem. Technol.* 15(1), 28-36. Removed from: <https://doi.org/10.32362/2410-6593-2020-15-1-28-36>

## REVIEW OF SCIENTIFIC WORKS ON THE CAPTURE OF HIGHLY DISPERSED PARTICLES AND WATER VAPOR

graduate student A.V. Dmytruk, Ph.D., Assoc. A. R. Stepaniuk

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute",

**Abstract.** An overview of cyclone modeling processes was conducted. research directions of cyclone modeling processes are discussed.

**Keywords:** cyclone, highly dispersed particles. Water vapor, cyclone modernization, simulation experiment.

## ОГЛЯД НАУКОВИХ РОБІТ ПО ТЕМІ ВЛОВЛЮВАННЯ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК ТА ВОДЯНОЇ ПАРИ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

**Анотація.** Проведено огляд процесів моделювання циклонів. обгруновано напрями досліджень процесів моделювання циклонів.

**Ключові слова:** циклон, високодисперсні частинки. Водяна пара, модернізація циклон, симуляційний експеримент.

Cyclone separators in modern industrial processes play an important role in separating solid particles from gases or liquids. In order to improve their functionality and performance, a number of scientific studies are improving the methods of optimizing these devices.

Computer models have become a common tool for mathematical modeling and are used in physics, astrophysics, mechanics, chemistry, biology, economics, sociology, meteorology, other sciences and applied tasks in various fields of radio electronics, mechanical engineering, automobile engineering, etc. Computer models are used to obtain new knowledge about an object or to approximate the behavior of systems that are too complex for analytical research. The scale of events simulated with the help of computer simulation significantly exceeded everything possible using traditional paper and pencil. In this work, various approaches and strategies for optimizing cyclone separators using computer simulation are considered.

Articles [1,2] focus on the use of CFD computational fluid dynamics and numerical modeling to achieve the optimal geometry of cyclone separators and improve their performance, shown in Figure 1.

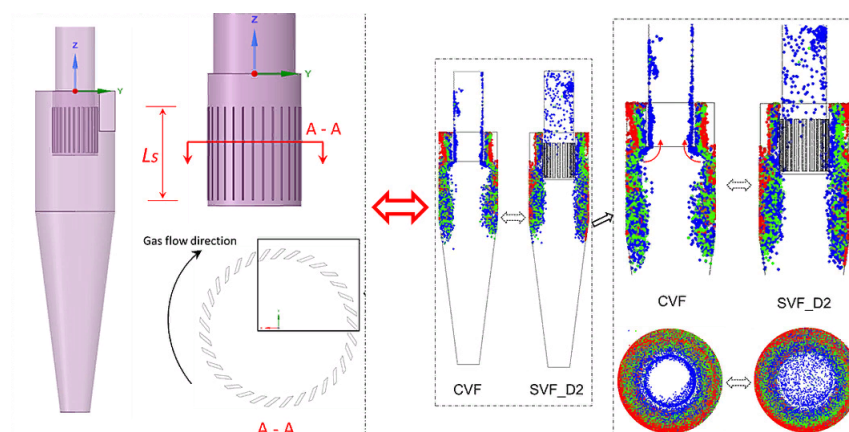


Figure 1 - Comparison of SVF and CVF vortex pickers

A similar approach is used in [3,4], where the main goal is to increase the separation efficiency using numerical models and new designs.

A common aspect of the articles [5-7] is consideration of aspects of optimization and improvement of the functioning of cyclone separators using numerical modeling and experiments, shown in Figure 2.

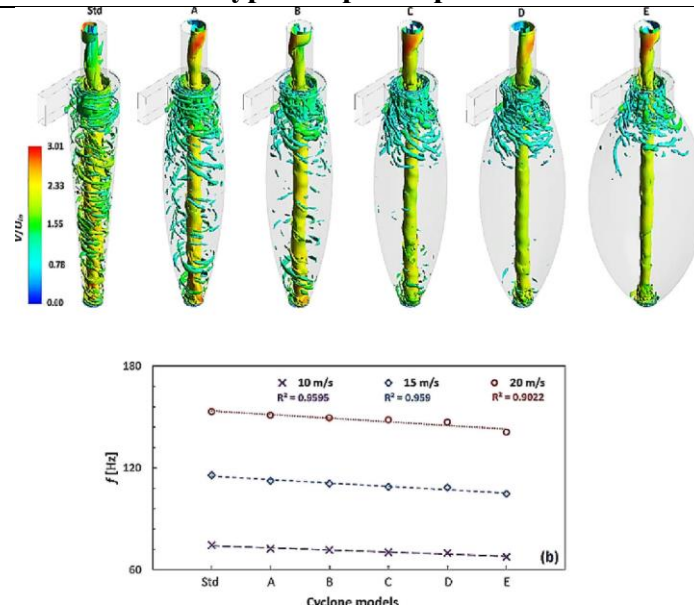


Figure 2 – Dependence of the collection efficiency on the size of the bend

All these articles indicate the relevance and necessity of finding optimal solutions for the improvement of cyclone separators in industrial applications with the help of numerical simulation. Further research and development in this direction could contribute to improving the performance, efficiency and reliability of these important devices.

### References:

1. Ming Guo, Dang Khoi Le, Xun Sun, Joon Yong Yoon. Multi-objective optimization of a novel vortex finder for performance improvement of cyclone separator. Powder Technology. Vol. 410. 09/2023. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2022.117856>
2. Ming Guo, Hao Xue, Jian Pang, Dang Khoi Le, Xun Sun, Joon Yong Yoon. Numerical investigation on the swirling vortical characteristics of a Stairmand cyclone separator with slotted vortex finder. Powder Technology. Volume 416, 15 February 2023, 118236. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2023.118236>

3. Ehsan Dehdarnejad, Morteza Bayareh. Performance analysis of a novel cyclone separator using RBFNN and MOPSO algorithms. Powder Technology. Volume 426, 1 August 2023, 118663.
4. Lakhbir Singh Brar, Marek Wasilewski. Investigating the effects of temperature on the performance of novel cyclone separators using large-eddy simulation. Volume 416, 15 February 2023, 118213.
5. Lehui Zhang, Junling Fan, Pan Zhang, Fei Gao, Guanghui Chen, Jianlong Li. Effect of local erosion on the flow field and separation performance of the cyclone separator. Powder Technology. Volume 413, January 2023, 118007.
6. Wansong Li, Zhiqiang Huang, Gang Li. Improvement of the cyclone separator performance by the wedge-shaped roof: A multi-objective optimization study. Chemical Engineering Science. Volume 268, 15 March 2023, 118404.
7. Rajdeep Sardar, Jinho Oh, Mirae Kim, Jung-Eon Lee, Seungho Kim, Kyung Chun Kim. The effect of inlet velocity, gas temperature and particle size on the performance of double cyclone separator. Chemical Engineering and Processing - Process Intensification. Volume 191, September 2023, 109469.

**DEVELOPMENT PATHS AND INNOVATIVE EQUIPMENT IN THE  
FIELD OF MIXING AND EXTRACTION**

V. Kosenko, assistant;  
M. Byshko, assistant

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

**Анотація.**

Змішування та екстракція відіграють ключову роль у різних галузях промисловості. У цій статті досліджуються шляхи розвитку та інноваційне обладнання в цих галузях, з акцентом на динамічному ландшафті, ключових стратегіях і передових технологіях, які обіцяють сформувати майбутнє процесів змішування та екстракції.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЗМІШУВАННЯ ТА ЕКСТРАКЦІЯ, СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ, ІННОВАЦІЙНЕ ОБЛАДНАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ.

**Summary.**

The fields of mixing and extraction play pivotal roles in various industries. This article explores the development paths and innovative equipment within these realms, focusing on the dynamic landscape, key strategies, and cutting-edge technologies that promise to shape the future of mixing and extraction processes.

**KEYWORDS:** MIXING AND EXTRACTION, DEVELOPMENT STRATEGIES, INNOVATIVE EQUIPMENT, TECHNOLOGY TRENDS.



## **INTRODUCTION**

In the ever-evolving landscape of industrial processes, the fields of mixing and extraction play pivotal roles. This article explores the promising avenues and advancements in equipment within these domains, aiming to shed light on the strategies and technologies that will define the future of mixing and extraction.

## **CURRENT LANDSCAPE AND INDUSTRY CHALLENGES**

As industries embrace more sophisticated formulations and extraction methods, challenges arise. This section examines the current state of mixing and extraction processes, highlighting the need for innovative solutions to overcome existing challenges such as efficiency, precision, and environmental impact.

## **INNOVATIONS IN MIXING TECHNOLOGY**

The integration of cutting-edge technologies in mixing equipment is critical for enhancing efficiency and product quality. This section explores recent innovations in mixing technology, including advancements in materials, design, and automation systems. The adoption of smart mixing solutions promises to revolutionize traditional processes.

## **EXTRACTION TECHNIQUES**

With a focus on extraction, we delve into emerging techniques that are reshaping the landscape. From novel solvent choices to innovative extraction methodologies, the article explores how advancements in extraction technologies are providing more sustainable and efficient solutions for various industries, including pharmaceuticals and natural products.

## **AUTOMATION AND INDUSTRY 4.0 INTEGRATION**

The ongoing shift towards Industry 4.0 is influencing the development of mixing and extraction equipment. This section examines how the integration of automation, data analytics, and IoT technologies is enhancing process control, ensuring product consistency, and contributing to the overall efficiency of operations.

## **ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY**

In light of global environmental concerns, this section discusses the strides made in creating environmentally sustainable practices within mixing and extraction industries. From eco-friendly solvents to energy-efficient equipment designs, the pursuit of sustainability is a crucial aspect of the developmental path.

### **EDUCATION AND SKILL DEVELOPMENT**

To ensure the seamless adoption of new technologies, there is a need for skilled professionals. This section emphasizes the importance of educational programs and training initiatives aimed at equipping the workforce with the skills required to navigate and optimize advanced mixing and extraction systems.

### **GOVERNMENT SUPPORT AND FUNDING INITIATIVES**

Recognizing the strategic importance of these industries, governments play a crucial role in fostering innovation. This section explores existing support structures, funding initiatives, and government policies aimed at incentivizing research, development, and implementation of advanced mixing and extraction technologies.

### **CONCLUSION**

The amalgamation of technological advancements, sustainable practices, and strategic support is poised to redefine the landscape of mixing and extraction industries. As we navigate this transformative journey, the synergies between innovation, sustainability, and skilled workforce development will be pivotal in shaping a future where these processes contribute significantly to global industrial progress.

### **References:**

1. Chen, L. "Advancements in Sustainable Extraction Techniques." *Journal of Green Engineering*, 2022.
2. International Association of Mixing Engineers. "Industry 4.0 and the Future of Mixing Technology." *Conference Proceedings*, 2023.

3. Environmental Protection Agency. "Sustainable Practices in Mixing and Extraction Industries." Environmental Guidelines, 2023.

UDC 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"**

**NOTES:** *It is proposed to modernize the air cooler by changing the surface of the heat exchange plates to plates with louvers, which will lead to an increase in the contact area and flow turbulence, which, in turn, will lead to an increase in efficiency. A simulation experiment was performed, which confirmed a 13% increase in efficiency.*

**KEY WORDS:** *PERFORMANCE, AIR COOLER, MODERNIZATION, MODELING, SIMULATION EXPERIMENT.*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МАСТИЛА З  
РОЗРОБКОЮ ВІДПАРНОЇ КОЛОНИ ТА ПОВІТРЯНОГО  
ХОЛОДИЛЬНИКА**

магістрант Д. Нікулічев, к.т.н., доц. А. Степанюк

**Національний технічний університет України**

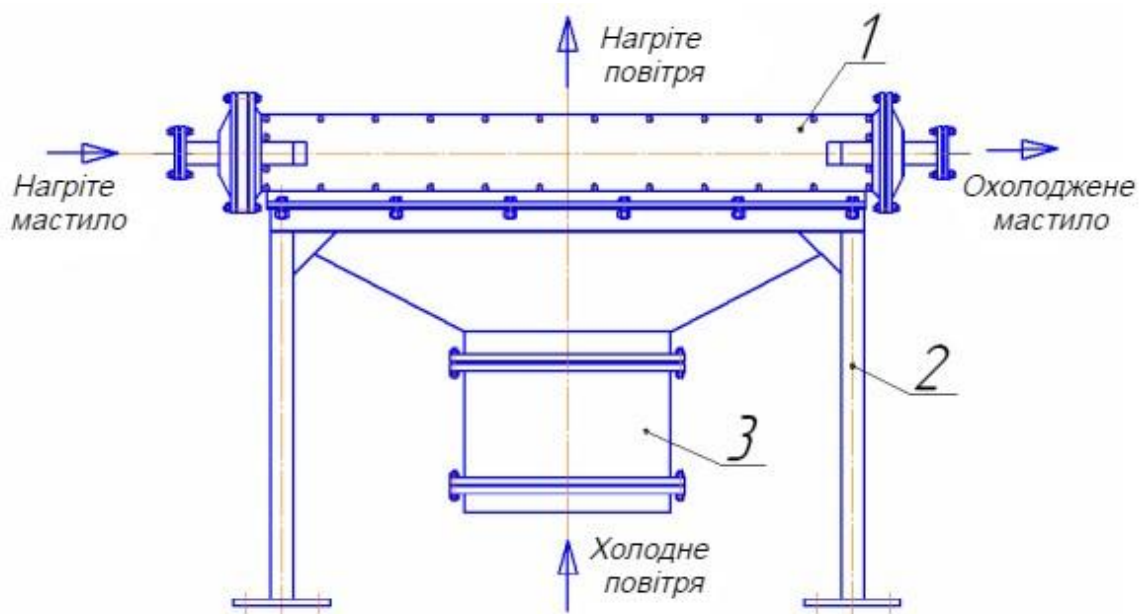
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**АНОТАЦІЯ:** Запропоновано модернізацію повітряного холодильника шляхом зміни поверхні пластин теплообміну на пластини з жалюзьями, що призведе до збільшення площі контакту та турбулізації потоку, що, в свою чергу, призведе до збільшення ККД. Виконано симуляційний експеримент, який підтвердив збільшення ефективності на 13%.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПРОДУКТИВНІСТЬ, ПОВІТРЯНИЙ ХОЛОДИЛЬНИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, СИМУЛЯЦІЙНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ.

The purpose of this work is to modernize the lubricant production facility [1] by modernizing the air cooler. To increase the heat exchange efficiency, it is suggested to add louvers to the heat exchange plates. The air cooler is shown in Figure 1. After the distillation column, the mixture of water vapor and solvent vapor is fed to the air cooler, where it must lower its temperature. Air passes between the fins of the heat exchanger. It is proposed to change the shape of the plates to plates with blinds, which will lead to turbulence of the flow and a slight increase in the heat exchange surface, which, in turn, will increase the efficiency of the refrigerator.

Figure 2 a shows a simplified view of a standard plate, Figure 2 b shows a simplified view of a modernized plate.



1 - air refrigerator; 2 - frame; 3 - fan

Figure 1 - Diagram of the air cooler



Figure 2 – standard plates (a) and modernized plates (b)

Modeling was performed using SOLIDWORKS Flow Simulation, and a simulation experiment was also conducted.

Figure 3 shows the schematic arrangement of modernized plates in the heat exchanger



Figure 3 – modernized plates in the heat exchanger

Figure 4 shows the results of simulation modeling of air flow between standard heat exchanger plates, side view.

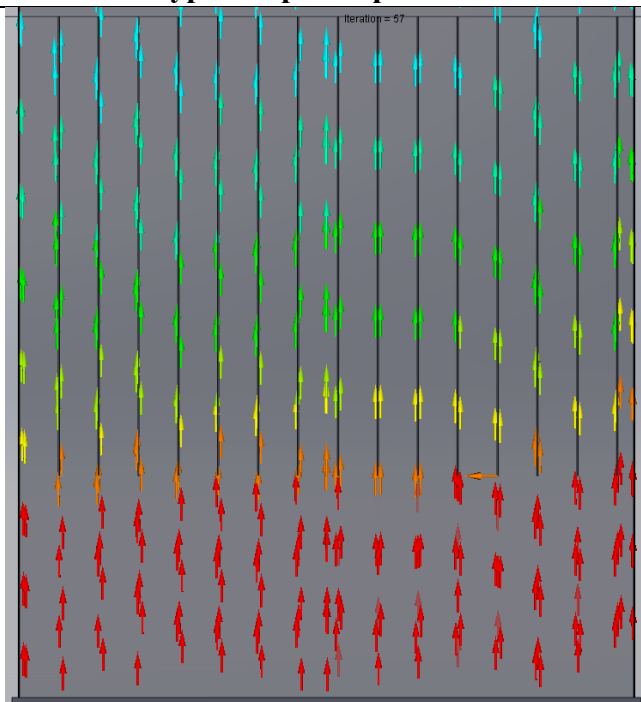


Figure 4 – Simulation of air flow between plates

Figure 4 shows the results of simulation modeling of air flow between the upgraded heat exchanger plates, side view.

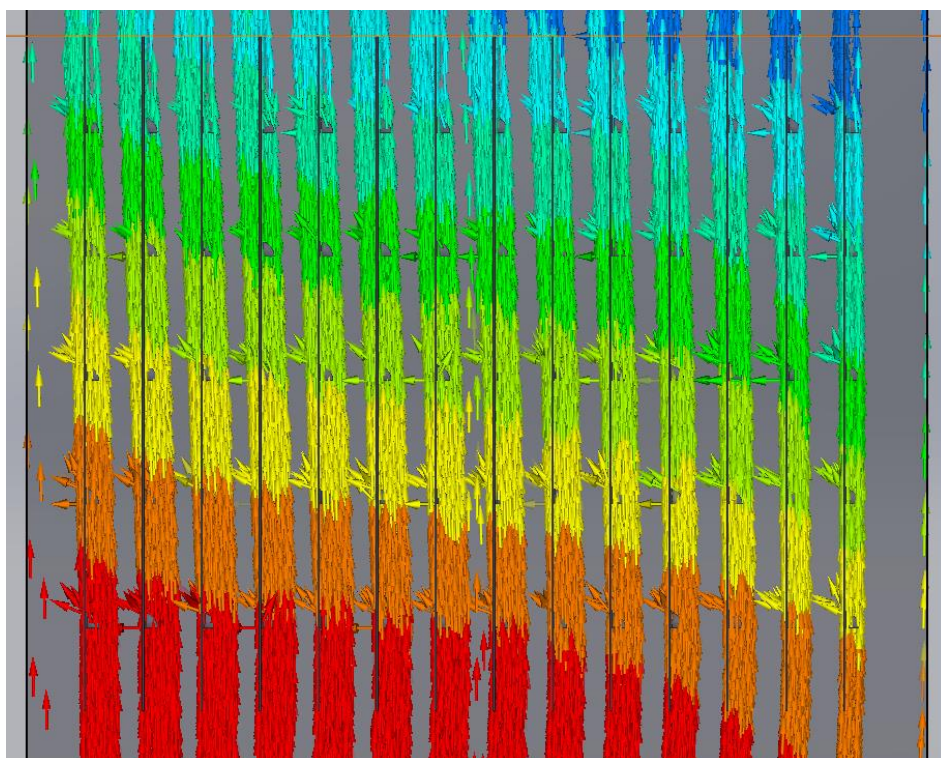


Figure 5 – Simulation of air flow between modernized plates

According to the simulation results, it was found that under the same conditions, the average air temperature difference after passing standard plates is 63.5°C, and after modernized - 72°C. Therefore, the modernization of the plates increases the heat transfer of the plates and turbulates the flow, which in turn increases the efficiency by 13%

### **References**

1. Nikulichev D., Stepaniuk A. MODERNIZATION OF THE LUBRICANT PRODUCTION UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF A STRIPPING COLUMN AND AN AIR COOLER// Collection of abstracts of reports of the XXIII international scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists "Resource-energy-saving technologies and equipment" ( December 5-7, 2022, Kyiv) / Compiled by Y.M. Kornienko. - K.: "KPI named after Igor Sikorsky", 2022. - p. 190-194
2. The Basics of Lubricants and Lubrication machinerylubrication.com <https://www.machinerylubrication.com/Read/117/the-basics-of-lubricants-and-lubrication> 30.11.2023
3. Industrial lubricants and their role in maintaining equipment Plant Engineering <https://www.plantengineering.com/articles/industrial-lubricants-and-their-role-in-maintaining-equipment/> 30.11.2023



## АДСОРБЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МУЛОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ

академік УАН, д.т.н. Петрова Ж.О., доктор філософії Новікова Ю.П.,

аспірант Петров А.І., аспірант Бадеха А.В.

**Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України**

*Анотація.* У роботі наведено адсорбційні дослідження мулових відкладень.

*Ключові слова:* мулові відкладення, адсорбція.

## ADSORPTION STUDIES OF SLUDGE

Academician of the Ukrainian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences

Petrova Zh., PhD Novikova Yu., graduate student Petrov A., graduate student

Badekha A.

**Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine**

*Abstract.* Adsorption studies of silt deposits are presented in the paper.

*Key words:* sludge, adsorption.

The problem of the accumulation of old sludge at aeration stations is relevant for the entire territory of Ukraine. This can lead to an environmental hazard. Therefore, the main task is to develop a safe technology for the processing and disposal of old sludge [1].

In the development of the technology, the equilibrium humidity is important, which indicates the final moisture content of the material during drying and determines the storage conditions. This indicator makes it possible to reduce energy costs for the process [1].

For the research, aged sludge from the city of Fastiv, Kyiv region, were used, which had an initial moisture content of 63.1%, an organic component of

53.7%, and an ash content of 47.3% [2]. They were dried on an experimental convective stand, with an automatic information collection system, after granulation on a hydraulic press [3].

To determine the equilibrium humidity of the test samples depending on the relative humidity of the air  $\varphi$ , the tensometric (static) method of Van Bamelén was used. The essence of Van Bamelén's method is covered in previous publications [4].

The kinetic curves of water vapor adsorption over sludge obtained as a result of the experiments are presented in Fig. 1. Kinetic curves of sludge have an uneven character, from the 2nd to the 5th day there are jumps at a relative humidity of 0.4; 0.6; 0.8; at  $\varphi=0.9$ , a jump appears on the 15th day. For sludge, the equilibrium state is established at  $\varphi=0.4$  (Fig. 1, curve 1) for 19 days; at  $\varphi=0.6$  (Fig. 1, curve 2) on the 15th day; at  $\varphi=0.8$  (Fig. 1, curve 3) for 30 days; at  $\varphi=0.9$  (Fig. 1, curve 4) for 34 days. The equilibrium moisture content of sludge is 2% at  $\varphi=0.6$ .

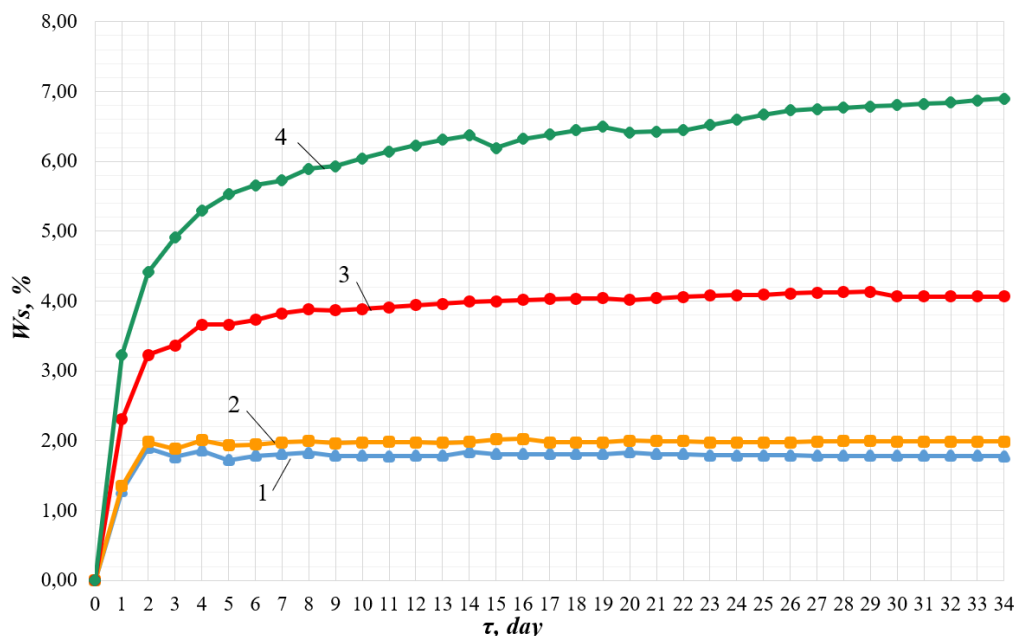


Fig. 1. Kinetic curves of water vapor adsorption over sludge: 1 –  $\varphi = 0.4$ ;  
2 –  $\varphi = 0.6$ ; 3 –  $\varphi = 0.8$ ; 4 –  $\varphi = 0.9$

Figure 2 shows the adsorption isotherm curve of sludge. For which the equation of the experimental isotherms  $W = 72.7388\varphi^3 - 107.5176\varphi^2 + 53.2690\varphi -$

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
6.9790 and the equation of the linearized isotherm  $W = 0.5068e^{2.71\varphi}$  were determined.

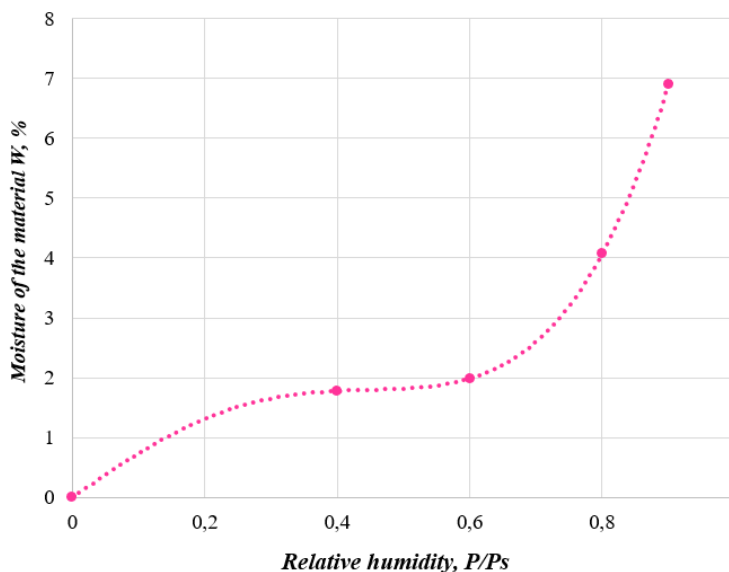


Fig. 2. Water vapor adsorption isotherm over sludge

Studies have shown that sludge have a low equilibrium moisture content of 2% at a relative humidity of  $\varphi = 0.6\%$ . Adding silt deposits to fuel pellets will reduce their equilibrium humidity.

#### References:

1. Petrova, Z., Samoilenko, K., Novikova, Y., & Vyshnievska, T. (2021). Adsorption of obsolete sludge, peat, buckwheat husks and compositions from them. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*, 43(4), 92-97. <https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2021.11>
2. Petrova, Z., & Novikova, Y. (2021). Preparation of raw materials, creation of compositions and granulation from obsolete sludge, peat and biomass. *Ceramics: science and life*, 1(50), 14-18.
3. Petrova, Z.A., Slobodyanyuk, E.S. (2019). Energy-Efficient Modes of Drying of Colloidal Capillary-Porous Materials. *J Eng Phys Thermophy* 92, 1231–1238.

4. Petrova, Z., Samoilenko, K., Novikova, Y., & Vyshnievska, T. (2021, June 25). Adsorption of obsolete silt, peat, sawdust and compositions of them. *Ceramics: Science and Life*, (2(51), 13-18. <https://doi.org/10.26909/csl.2.2021.2>

УДК 662.61, 662.66, 532.528.

## **ЗАСТОСУВАННЯ ПУЛЬСАЦІЙНОГО КАВІТАЦІЙНОГО ДИСПЕРГАТОРА ДЛЯ ГОТУВАННЯ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА**

к.т.н. Целень Б.Я.<sup>1</sup>, д.т.н. Іваницький Г.К.<sup>1,2</sup>, к.т.н. Радченко Н.Л.<sup>1</sup>,  
к.т.н. Недбайло А.Є.<sup>1</sup>, к.т.н. Гоженко Л.П.<sup>1</sup>, Щепкін В.І.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Інститут технічної теплофізики НАН України

<sup>2</sup>Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**АНОТАЦІЯ.** Проведено огляд методів виробництва водовугільного палива (ВВП). Відзначено тенденцію виробництва водовугільних суспензій з використанням кавітаційних методів. Розглянуто існуючі типи кавітаційних пристроїв, які застосовуються для створення дрібно дисперсних ВВС, відзначено переваги та недоліки таких апаратів. Запропоновано принципово новий тип кавітаційного реактора для виготовлення ВВП – двомембранного гідродинамічного пульсаційного диспергатора, оснащеного соплом Вентури, що дозволяє досягти високого рівня кавітаційних ефектів при обробці ВВС.

**Ключові слова:** гідродинамічна кавітація, пульсаційний диспергатор, водовугільне паливо.

## **APPLICATION OF A PULSATING CAVITATION DISPERSOR FOR PREPARATION OF COAL WATER FUEL**

Ph.D. Tselen B.Ya.<sup>1</sup>, Dr. Sc. Ivanitsky G.K.<sup>1,2</sup>, Ph.D. Radchenko N.L.<sup>1</sup>,  
Ph.D. Nedbailo A.Ye.<sup>1</sup>, Ph.D. Gozhenko L.P.<sup>1</sup>, Shchepkin V.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

<sup>2</sup>National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**ABSTRACT:** An overview of the production methods of coal-water fuel (CWF) was carried out. The trend of production of water-coal suspensions using

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
*cavitation methods was noted. The existing types of cavitation devices, which are used for the creation of finely dispersed CWF, were considered, and the advantages and disadvantages of such devices were noted. A fundamentally new type of cavitation reactor for the production of CWF was proposed - a double-membrane hydrodynamic pulsation disperser equipped with a Venturi nozzle, that allows achieving the high level of cavitation effects during the processing of CWF.*

**Key words:** *hydrodynamic cavitation, coal-water fuel, pulsating disperser.*

В останні роки спостерігається тенденція до застосування кавітаційних методів при виробництві дрібнодисперсного ВВП на вторинній стадії мокрого розмелювання замість традиційного механічного диспергування за допомогою кульових чи вібраційних млинів. Це пов'язано з можливістю зменшення енергетичних витрат і спрямованого впливу на якість кінцевого продукту.

Кавітаційна обробка сприяє деструкції вугілля, яке розпадається на окремі органічні складові, утворення частинок з активною поверхнею розміром 5...10 мкм і великої кількості вільних органічних радикалів. При кавітаційному впливі вода також зазнає змін – у ній утворюються, зокрема, атомарний водень і перекис водню. Гідродинамічна кавітаційна обробка на стадії підготовки ВВП не лише механічно руйнує вугілля, а й змінює хімічний склад поверхневих шарів вугільних частинок за рахунок реакції окислення-гідролізу у воді. Це спричиняє зниження в'язкості та підвищення стабільності готової паливної суспензії, призводить до зміни динаміки її горіння та додаткового зниження викидів ( $\text{NO}_x$  в 1,6 разів,  $\text{CO}_2$  в 1,3 рази). Кавітаційний спосіб отримання ВВП покращує реологічні та седиментаційні властивості цільового палива, знижує шкідливі викиди при горінні, впливає на параметри горіння. Застосування гідродинамічного генератора для мокрого розмелювання вугілля дозволяє підвищити дисперсність і забезпечити гомогенність ВВП, збільшити його хімічну активність, що в

результаті дало можливість отримати високо-реактивне ВВП з концентрацією вугілля близько 60–70%.

Як кавітаційні реактори для диспергування частинок суспензії при мокрому розмелюванні застосовуються кавітаційний роторно-імпульсний апарат (PIA-20) [1], роторний гідродинамічний генератор кавітації [2], гідродинамічний кавітаційний міксер в режимі суперкавітації з високою кутовою швидкістю (10000 об/хв) [3]. Однак, поряд з високою ефективністю апаратів даного типу їм притаманні певні недоліки, які полягають в тому, що, по-перше, обробка високов'язких суспензій супроводжується великою витратою енергії, нагріванням, високим абразивним зношуванням рухомих поверхонь і, по-друге, через сильну механічну дію відбувається неконтрольоване надмірне подрібнення частинок суспензії.

На основі аналізу існуючих кавітаційних технологій створення ВВП нами запропоновано принципово новий кавітаційний пульсаційний реактор для проведення операції мокрому розмелювання на другій стадії готування дрібнодисперсного ВВП, в якому в певній мірі відсутні зазначені вище негативні фактори, властиві роторно-імпульсним апаратам, які застосовуються зараз в цих технологіях. Новизна конструкції у порівнянні з традиційними пульсаційними апаратами полягає в тому, що в каналі рідинного тракту розташоване сопло Вентурі заданої геометрії.

Дослідження проводили з метою експериментальної перевірки та обґрунтування принципової можливості застосування кавітаційного пульсаційного диспергатора для готування дрібнодисперсних ВВП. В задачі дослідження не входило визначення оптимальних режимів створення ВВП за критеріями дисперсності, в'язкості та седиментаційної стабільності без застосування будь-яких хімічних реагентів-пластифікаторів.

Запропонована кавітаційна гідродинамічна технологія створення дрібнодисперсної ВВП дозволяє суттєво інтенсифікувати процес виробництва, знизити енергозатрати і забезпечити якість продукту, що

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

відповідає вимогам теплоенергетичних підприємств. Попри те, що дана технологія знаходиться на початковому етапі розробки, лабораторні дослідження показали її перспективність. Використовуючи механізми гідродинамічної кавітації, можливо отримати достатньо рівномірний розподіл частинок вугілля за розмірами, що відповідає нормативним вимогам підприємств теплоенергетики, впливати на реологічні та структурно-механічні властивості суспензії. Також, особливе місце займає вплив кавітації на дисперсійне середовище, що може суттєво або зовсім скоротити необхідність додавання поверхнево-активних домішок до суспензії, та обумовлює якість і собівартість продукту. Такий ефект в комплексі з отриманням необхідної дисперсності частинок забезпечують седиментаційну стійкість ВВП, яка зберігається протягом 5-6 діб без застосування хімічних домішок. Підтримання седиментаційної стійкості суспензії протягом більш тривалого часу можливе також з застосуванням хімічних домішок або періодичною коротко тривалою рециркуляцією ВВП з інтервалом 2-3 доби.

#### Література:

1. Морозов А.Г., Коренюгина Н.В. Гидроударные технологии для получения водоугольного топлива. Новости теплоснабжения. 2010. №7. С. 18–21
2. Stebeleva O.P., Kashkina L.V., Minakov A.V., Vshivkova O.A. Impact of Hydrodynamic cavitation on the properties of coal-water fuel: An experimental study. ACS Omega 2022, 7 (42). 37369–37378. DOI: 10.1021/acsomega.2c03979
3. Алексеенко С.В., Мальцев Л.И., Кравченко И.В., А.А. Дектерев А.А., Кузнецов В.А. Обзор работ по приготовлению водоугольного топлива и его сжиганию в котлах // Горение и плазмохимия 19 (2021) 265-277. DOI: 10.18321/crc464



**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРИДУ БАРІЮ З РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ТА ЗМІШУВАЧА**

студент Фурман А.В., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

**Національний технічний університет України**

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

**Анотація:** Розглянуто виробництво хлору барію, використання барабанної сушарки та змішувача у виробництві, їх роль. Описані головні апарати в технічній.

**Ключові слова:** ХЛОРИД БАРІЮ, СІЛЬ, КИСЛОТА, СУШАРКА, ЗМІШУВАЧ.

**THE MODERNIZATION OF THE BARIUM CHLORIDE PRODUCTION PLANT WITH DEVELOPMENT OF THE ROTARY DRYER AND MIXER**

Student Furman F.V., associate professor, Ph.D. Huliienko S.V.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**Abstract:** *The manufacturing of the barium chloride and the ways of its application and obtaining by chlorine-calcium method were considered. The flowsheet of the barium chloride production and its description are represented.*

**Key words:** BARIUM CHLORIDE, SALT, ACID, DRYER, MIXER.

Хлорид барію – це барієва сіль соляної кислоти, описується хімічною формулою  $BaCl_2$ . В основному використовується при очищенні розчину розсолів в їдких хлорних установках, при виготовленні солей термічної обробки, корпусному затвердінні сталі, при виготовленні пігментів, при виготовленні інших солей барію, гідроксиду барію тощо. Також використовується як флюс при виготовленні магнієвого металу, виготовленні

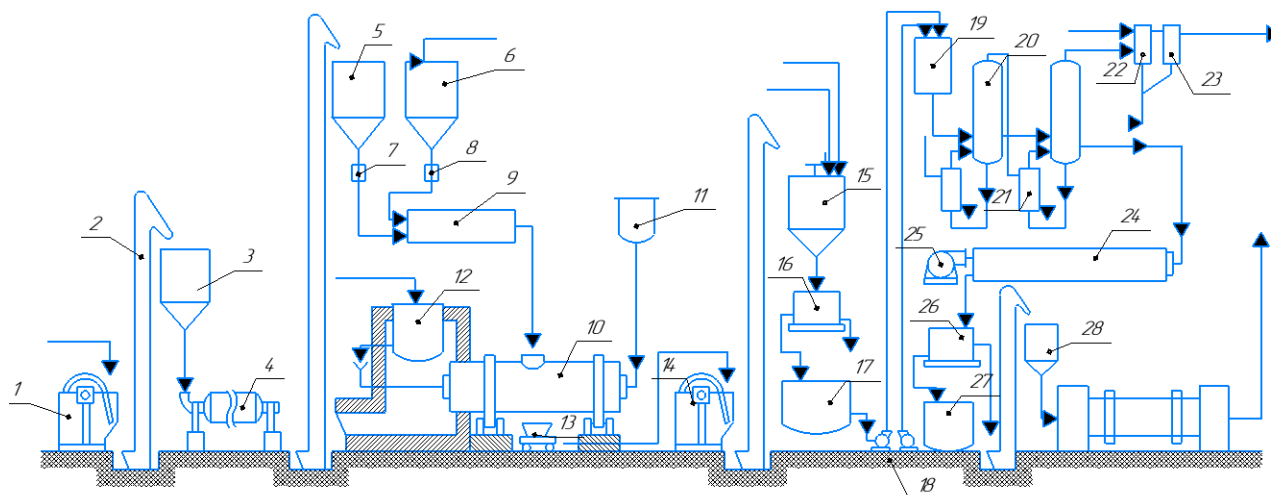
**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
кольорового кінескопу, магнітоматеріалів, флуоресцентного скла, кераміки тощо [1].

З багатьох способів отримання хлориду барію найбільше промислове поширення набули солянокислотний та хлоркальцієвий способи. Хлорнатрієвий (рисунок 1), хлорамонієвий, хлормагнієвий, хлорний та інші способи одержання хлориду барію не мають широкого застосування, хоча деякі з них у певних умовах використовуються або можуть бути ефективно використані [2].

Взаємодія  $\text{BaSO}_4$ , з  $\text{CaCl}_2$  і вугіллям, що лежить в основі хлоркальцієвого способу отримання  $\text{BaCl}_2$ , відомого також під назвою способу Дюфло, є складним процесом, що складається з багатьох реакцій, що протікають з різною швидкістю. Поряд з основними реакціями обмінного розкладання  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  і відновлення  $\text{CaSO}_4$ , йдуть приходящі до тих самих результатів реакції відновлення йдуть обмінні розкладання  $\text{BaS}$  і  $\text{CaC}_2$ .

Схема виробництва хлористого барію хлоркальцієвим способом зображена на рисунку 1. Прокалювання реакційної суміші ведеться в періодично діючих коротких барабанних печах, що обертаються (тамбурах), розташованих горизонтально. Паливом служить мазут, що подається в піч форсункою. У середній частині барабана є люк, через який проводиться завантаження шихти та вивантаження плава. Для завантаження барабан повертають люком догори, для вивантаження – люком донизу.

У піч завантажують 1,5-2 т бариту, подрібненого до 0,5-5 мм, та вугілля у кількості 13-15% (у перерахунку на вуглець) від ваги бариту. Завантаження триває 10 хв, після чого закривають люк; піч приводиться в обертання і з резервуара, що обігрівається газами, що відходять з печі, через трубу, що входить в задню горловину печі, протягом 30-40 хв подають концентрований розчин хлористого кальцію, що містить 800-900 г/л  $\text{CaCl}_2$ .



1 - щокова дробарка для бариту; 2 – елеватор; 3 - бункер для подрібненого бариту; 4 - трубчастий млин для бариту; 5 - бункер для меленого бариту; 6 - бункер для вугілля; 7 - автоматичні ваги для бариту; 8 - автоматичні ваги для вугілля; 9 - змішувач; 10 - обертова піч (тамбур); 11 – резервуар для мазуту; 12 - котел для розчину хлористого кальцію; 13 - вагонетка з тиглем; 14 - щокова дробарка для плава; 15 - вилуговувач плава; 16 - центрифуга для відділення шламу; 17 - резервуар-відстійник для розчину хлористого барію; 18 - відцентрові насоси; 19 - резервуар для розчину хлористого барію, що надходить на випарювання; 20 - вакуум-випарна батарея; 21 - камера, що гріє; 22 - барометричний конденсатор; 23 - бризгоуловлювач; 24 - кристалізатор хлористого барію; 25 - вентилятор для подачі охолоджуючого повітря в кристалізатор; 26 - центрифуга для відділення кристалів хлористого барію; 27 - збірка маткового луку; 28 – бункер для хлористого барію; 29 – сушарка.

Рисунок 1 - Схема виробництва хлориду барію хлоркальцеєвим методом [2]

Обігрів резервуару з розчином хлористого кальцію потрібно, щоб уникнути кристалізації останнього. Кількість хлористого кальцію (у перерахунку на 100%), що завантажується в піч, становить 48-49% від ваги бариту. Необхідний розчин хлористого кальцію отримують випарюванням у

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

вакуум-випарних апаратах дистилюваної рідини содового виробництва (що містить  $\sim 100$  г/л  $\text{CaCl}_2$ ) або маткових лугів, одержуваних як відхід у виробництві бертолетової солі (що містять  $\sim 400$  г/л  $\text{CaCl}_2$ ). Протягом 1,5-2 год після завантаження температуру в печі підтримують на рівні  $770-780^\circ$  - відбувається випаровування вологи і шихта перетворюється на розплавлену масу. Потім температуру підвищують до  $900-950^\circ$  - розплавлена маса сильно піниться; через 1-1,5 год реакція закінчується. До кінця процесу температуру підвищують до  $1000-1100^\circ$ , відбувається усадка маси, вона стає однорідною. Температура газів коливається від  $200$  до  $800^\circ$  (в середньому  $300-400^\circ$ ). Тривалість однієї операції плавки 4-5 год. Вона залежить від кількості завантаженої шихти, якості сировини, тонкості її помелу. Перетримка плава в печі, крім зниження вмісту в ньому  $\text{BaCl}_2$ , призводить до його загустіння, що може спричинити козлоутворення та утруднює подальше вилуговування плава.[2]

Коли плав готовий, обертання печі припиняють, повертають її люком донизу і протягом 5 хв зливають плав у плоский чавунний резервуар («паром»), що знаходиться під піччю, або в пересувні тиглі, ковші, встановлені на вагонетках. Тут плав застигає протягом 1,5-3 год (залежно від його якості та температури плава та навколишнього повітря). Плав містить 55-60%  $\text{BaCl}_2$ , 4-12%  $\text{CaCl}_2$ , близько 7%  $\text{CaS}$ , близько 3%  $\text{BaSO}_4$ , близько 0,5%  $\text{BaS}$ , 20-25% інших домішок - вугілля, що не прореагував (6-8%),  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{SiO}_2$  та ін. Вихід хлориду барію в плаві становить близько 90% від теоретичного по відношенню до завантаженого бариту. Остиглий плав розбивають на шматки, дроблять на щоківій дробарці до крупності менше 3 см і направляють на вилуговування.

Перевагою хлоркальцієвого методу отримання хлористого барію перед солянокислотним є велика простота процесу, так як в одну стадію випалу виходить плав хлориду барію, причому різні домішки сполуки заліза,

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
SiO<sub>2</sub>, CaS та інші при вилуговуванні не переходять в розчин, що виключає необхідність спеціальної .

Сушарка та змішувач є одними з ключових ланок у виготовленні хлориду барію, тому доцільно буде модернізувати саме їх з цієї схеми.

**Перелік посилань:**

1. Barium chloride's use in industry  
<https://web.archive.org/web/20110716103329/http://www.solvayvishnubarium.com/products/bariumchloride/0,,4872-2-0,00.htm>

2. Технологія мінеральних солей(добрив, пестицидів, примислових солей, окислів і кислот), ч. 1 , вид. 4-те, випр.Л., вида-во «Хімія» 1973.

**MODERNISATION OF THE SALT EVAPORATION PLANT WITH THE  
DEVELOPMENT OF AN EVAPORATOR AND A MEMBRANE  
APPARATUS**

Student Stoliar O.O., associate professor, Ph.D. Hulienko S. V.

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

**ANNOTATION:** *The production of sodium chloride, its composition, and its production by evaporation are considered. The technological scheme and its description are also given.*

**KEY WORDS:** *TABLE SALT, SODIUM CHLORIDE, EVAPORATOR.*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИПАРЮВАННЯ СОЛІ З  
РОЗРОБКОЮ ВИПАРНОГО АПАРАТА ТА МЕМБРАННОГО  
АПАРАТА**

Студент Столяр О.О., доцент, к.т.н. Гулієнко С.В.

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

**АНОТАЦІЯ:** *Розглянуто виробництво хлористого натрію, його склад та отримання шляхом випарювання. Також наведено технологічну схему та її опис.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *КУХОННА СІЛЬ, ХЛОРИСТИЙ НАТРІЙ, ВИПАРНИЙ АПАРАТ.*

Sodium chloride, called table salt because from ancient times this salt was extracted by boiling it out of solutions, occurs in nature in the form of solutions and crystalline deposits, mainly rock salt, the mineral halite NaCl. It crystallizes from pure solutions in the form of regular cubes; crystals formed in solutions

containing impurities may be octahedral or rhombic dodecahedral in shape. The density of crystals at 20° is 2.16 g/cm<sup>3</sup>. The melting point is 800.8°. In dense natural masses, halite grains usually have irregular facets and are characterized by small sizes.

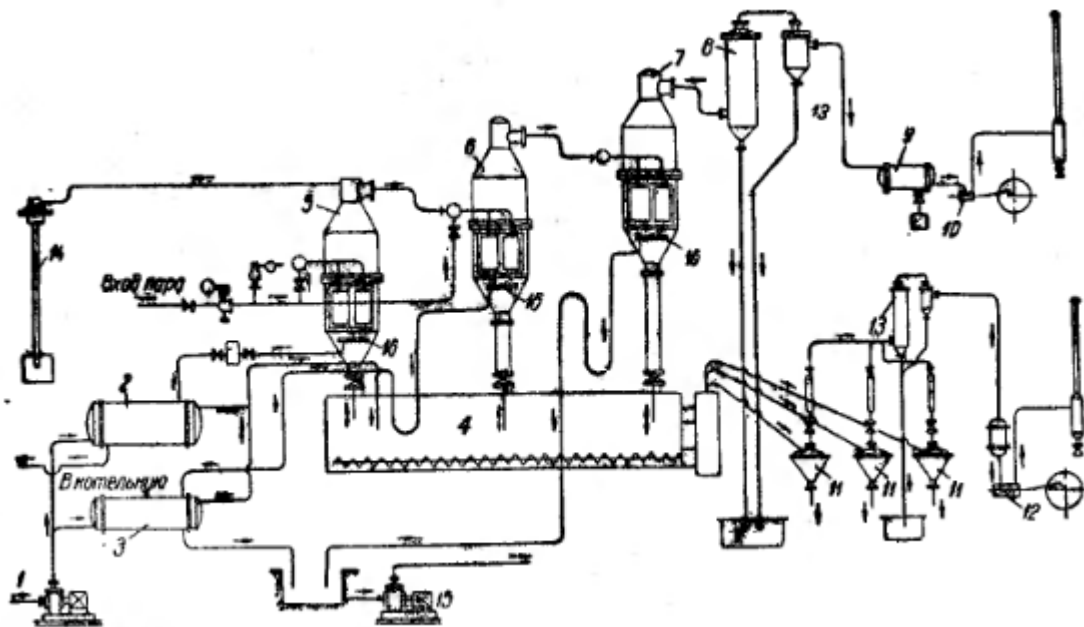
In the presence of modifying agents sodium chloride can crystallize in the form of three-dimensional dendrites with a volume weight of 0.7 g/cm<sup>3</sup>. In this form, it is isolated from concentrated solutions of water-soluble chlorides or hydroxides, in which only 1-2% of NaCl is soluble, or by evaporation under vacuum with slow stirring of brine containing 0.05% of alkali metal ferrocyanide.

Since ancient times, table salt has also been used as a preserving agent to prevent rotting, for salting fish, meat, vegetables, skins, etc., as well as for the preservation of fish and meat. With the development of industry, salt is widely used in various industries as an initial or auxiliary raw material. Currently, less than half of the world salt production is used for food purposes. The average annual norm of food salt consumption for one person is 8-10 kg, and the total consumption, including industrial, reaches 25-75 kg per year in some countries. Salt is also used for animal food. In particular, it is used in the preparation of silage for livestock. 5-10% of extracted salt is used as fodder. According to the method of extraction and processing, table salt is divided into: 1) fine crystalline boiled salt; 2) ground salt of different types (rock salt, self-seeded salt) and different grind size; 3) unground lump salt (clump), crushed and grain salt (kernel); 4) nodulated salt.

The scheme of a three-hull evaporator station with barometric-type apparatuses is shown in Figure 1.

The purified brine is heated up to 50-60° due to the heat of condensate from the second and third buildings and enters the common brine and salt collector 4, from where vacuum apparatuses 5-7 are automatically fed. The crystallising table salt enters through the barometric pipe into the common collector, from where it is transported by a screw through the receiver and salt extractors to the

centrifuges 11. At the heating surface of the system about 600 m<sup>2</sup> and steam consumption (1,2 at) 4300-4400 kg/h the productivity of the three-case battery is 85-90 tonnes/day. To produce 1 tonne of dry salt, 1.2 tonnes of steam is consumed, and 1 tonne of heating steam evaporates 2.5 tonnes of water. After every 3-4 days of operation the apparatuses are left for 1 day for cleaning.



1, 16 - pumps; 2, 3 - heat exchangers; 4 - salt collector; 5, 7 - vacuum devices; 8, 13 - barometric capacitors; 9 - water separator, 10, 12 - vacuum pumps; 11 - centrifuge; 14 - vacuum regulator; 16 - condensate drain.

Figure 1 - Technological scheme of the evaporation station

The evaporator is an important apparatus that is shown in the process diagram, so in order to modernise the production we decided to improve the evaporator, because in my opinion it is where the main process takes place. Since the evaporator require large amount of energy for the increasing of plant effectivity it is nessesary to reduce energy consumption. For this purposes, the introducing in the scheme the renerse osmosis unit, wich allows to concentrate salt solution to moderate concentration with low elegry requirements.

## References

1. Pozin M. E., Technology of mineral salts L.:Chemistry. - 1974.



УДК 661.7

**MODERNIZATION OF METHANOL PRODUCTION FACILITY WITH  
DEVELOPMENT OF RECTIFICATION COLUMN AND HEAT  
EXCHANGER**

student Baglai K. Yu., associate professor, Ph.D. A. R. Stepaniuk

**National Technical University of Ukraine**

**"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

**ABSTRACT:** *The technological scheme of the methanol production plant is given, the principle of operation, advantages and disadvantages of the design of the rectification column are described*

**KEYWORDS:** *METHANOL, RECTIFICATION COLUMN, ENERGY EFFICIENCY.*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МЕТАНОЛУ З  
РОЗРОБКОЮ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ТА  
ТЕПЛОБМІННИКА**

студента Баглай К. Ю., доцент, к.т.н. Степанюк А. Р.

**Національний технічний університет України**

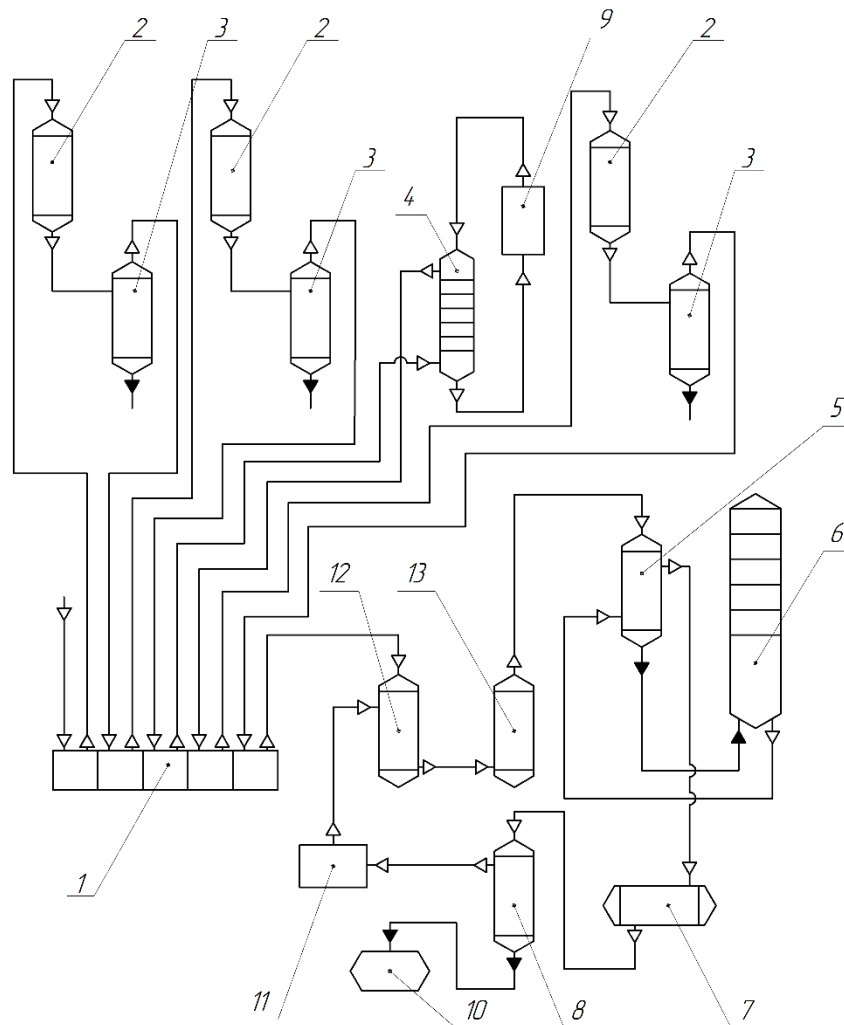
**"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"**

**АНОТАЦІЯ:** *Наведено технологічну схему установки виробництва метанолу, Описано принцип дії , переваги на недоліки конструкції ректифікаційної колони*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *МЕТАНОЛ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.*

The purpose of this work is to improve the efficiency of the methanol production plant by modernizing the rectification column and the heat exchanger. Optimizing the operation of these components will reduce energy consumption and increase the productivity of the installation.

Figure 1 shows a technological diagram of the methanol-water separation process [1].



1 - compressor; 2 - gas coolers; 3 - water separators; 4 - scrubber; 5- high pressure heat exchanger; 6- gas removal column; 7 - refrigerator-condenser; 8 - separator; 9 - motor-pump-turbine unit; 10 - collection of crude alcohol; 11 - circulating compressor; 12 - fresh and circulating gas mixer; 13 – carbon filter

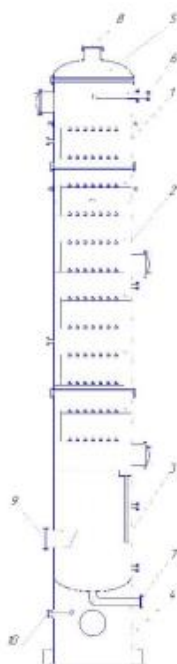
Figure 1 – Technological diagram of the process of separation of methanol and water

The mixture of methanol and water from container 3 is moved by pump 10 to heater 2, where it is heated by steam to the boiling process. After that, the heated mixture is transferred to the rectifier column 1, where the mixture is separated into

the following components: high-boiling and low-boiling. A liquid that includes almost entirely the high-boiling component flows into the lower part of the column. Part of this mixture is a cubic residue that is constantly removed, the rest of the mixture evaporates due to the heating steam coming from the boiler 9. The part of the steam that is in the dephlegmator 4 condenses and returns to the column 1, where it flows from top to bottom as phlegm. The remaining amount of steam goes to the heat exchanger 5 and condenses. The resulting distillate is cooled. After the entire process, the rectification products are the cubic residue and the distillate, which are collected in collectors 8 and 6, respectively.

The rectification column, which is used in the process of methanol production, allows you to perform the separation process with a high quality of the final product.

The design scheme of the rectification column is shown in Figure 2 [2].



1 – upper section; 2 – main section; 3 – lower section; 4 – support section; 5 – cover; 6 – raw material inlet fitting; 7 – product outlet fitting from the cube; 8 – steam output; 9 – product inlet from the boiler; 10 – output of the product to the boiler.

Figure 2 – Structural scheme of the rectification column

The plate rectification column, which is intended for the separation of a mixture of methanol and water, consists of the upper section 1, the main section 2, the lower section 3, the support section 4. A lid 5 is attached to the upper section. The mixture of methanol and water is fed to the upper plate of the rectification column through raw material inlet fitting 6. The mixture flows down the plates. The steam that is regenerated in the reboiler and through the fitting 9 enters the column. During the interaction, a low-boiling component evaporates - methanol, which leaves the column through the vapor outlet fitting 8. And the cubic residue, which is water, is partially removed from the cube through the fitting 7, and partially fed into the boiler for further heating of the column. Also, the column contains a number of technological fittings, which are designed for measuring pressure, temperature, liquid level, etc. Hatches and hatches are intended for maintenance of the device by personnel.

Advantages:

- uniform distribution on the plate

Disadvantages:

- overflow devices take up a lot of space
- the need to configure overflow devices before starting work.

### **References**

1. Yukelson I.I. Technology of basic organic synthesis. - M., "Khimiya", 1968. 847 p.
2. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25555/1/TMA\\_navch\\_pos\\_2018.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/25555/1/TMA_navch_pos_2018.pdf) from 04.12.2023p.

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ХІМІКО – ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА РАХУНОК ДИСКРЕТНО – ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ**

д-р техн. наук, с.н.с. Ободович О.М., канд. техн. наук Сидоренко В.В., канд. техн. наук Резакова Т.А., канд. фіз.-мат. наук Чернявський К.Є.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

**Анотація:** Розглянуто приклади застосування метода дискретно – імпульсного введення енергії в технологіях харчової промисловості

**Abstract:** Examples of the application of the method of the discrete-pulse energy input in food industry technologies are considered.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДИСКРЕТНО – ІМПУЛЬСНЕ ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ, РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ АПАРАТ, ТЕПЛОМАСООБМІН, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

**KEYWORDS:** DISCRETE - PULSE ENERGY INPUT, ROTOR-PULSATION APPARATUS, HEAT AND MASS EXCHANGE, ENERGY EFFICIENCY

Інтенсифікація технологічних процесів без підвищення енергетичних витрат залишається пріоритетним завданням для інженерів, технологів і прикладної науки. Мірою ефективності більшості технологічних процесів, пов'язаних з переробкою сировини в харчовій промисловості, є ступінь основного фізичного впливу, результатом якого є перетворення вихідної сировини в кінцевий продукт. У свою чергу ефективність цього впливу визначається величиною витраченої енергії. До основних процесів в харчових технологіях можна віднести перемішування, гомогенізацію, диспергування, емульгування, нагрівання.

До методів, що дозволяє успішно вирішувати задачу інтенсифікації цих процесів можна віднести метод дискретно - імпульсного введення енергії (ДІВЕ), розроблений в Інституті технічної теплофізики НАН України.

Ідея ДІВЕ полягає в тому, щоб попередньо стаціонарно введену і довільним чином розподілену в робочому обсязі енергію акумулювати (сконцентрувати) в локальних дискретних точках системи і надалі імпульсно реалізувати для досягнення необхідних теплофізичних ефектів.

Застосування принципу ДІВЕ, як методу, який інтенсифікує тепломасообмінні і гідродинамічні процеси в гетерогенних системах, можливе шляхом реалізації ефектів або, як правило, комплексу ефектів: скидання/нагнітання тиску над рідким середовищем, адіабатного закипання, гідродинамічного удару, ударної хвилі, тиску або розрядження, зсувних напружень, локальної турбулентності і кавітації.

Метод ДІВЕ реалізується в декількох видах обладнання, найпоширенішим з яких є роторно-пульсаційній апарат (РПА), що зазвичай складається з розташованих в корпусі співвісних статора (-рів), та ротора (-рів) у формі обичайок з прорізаними в них наскрізними отворами прямокутної форми [1].

Прикладами ефективності методу ДІВЕ у вирішенні завдань інтенсифікації тепломасообміну в харчовій промисловості є: технологія приготування суслу спиртового виробництва [2]. Застосування РПА дозволило знизити загальні енерговитрати на 30%; скоротити тривалість процесу в 2; зменшити втрати зброджених речовин від 8...10% до 2...4%; збільшити вихід спирту з одиниці сировини на 1,5...3,0%. Застосування методу ДІВЕ пов'язано з інтенсифікацією процесу отримання інвертного цукрового сиропу, гомогенізацією крохмалевмісних сумішей з метою отримання харчових емульсій, із вдосконаленням процесу активації біологічних середовищ [3-5].

Проводились дослідження з отримання концентрованих суспензій плодоовочевої та цитрусової сировини шляхом обробки в РПА [6]. На базі РПА створено обладнання та розроблено енергозберігаючу технологію отримання майонезу, що дозволяє в 10 разів збільшити продуктивність лінії, знизити тривалість процесу в 10 разів, зменшити енерговитрати в 1,5...2 рази і скоротити в 2 рази виробничі площі [7]. У 2018 році на базі РПА виготовлено промислову аераційно-окислювальну установку, яка призначена для очищення води від заліза, марганцю, сірководню, карбон діоксиду, продуктивністю 20-40 м<sup>3</sup>/год. Перевагами цієї установки перед аналогами є зниження тривалості процесу водоочищення в 3...4 рази, зменшення енерговитрат та собівартості на 30...35%.

#### **Висновки:**

Метод дискретно – імпульсного введення енергії, як метод, що інтенсифікує процеси тепло- масопереносу в двох- або багатокomпонентних системах "газ-рідина", "рідина-тверде тіло" знайшов широке застосування в різних галузях промисловості, зокрема харчовій. Застосування метода ДІВЕ дозволяє знизити енергетичні витрати на проведення процесів перемішування, гомогенізації, диспергування, емульгування, нагрівання, знизити тривалість цих процесів, зменшити кількість обладнання.

#### **Перелік посилань:**

1. Накорчевский А.И., Басок Б.И., Рыжкова Т.С. Гидродинамика роторно-пульсационных аппаратов. Инженерно-физический журнал.2002. Т.75, №2.С. 58-68.

2. Ободович А.Н. Грабова Т.Л., Коба А.Р., Горячев О.А. Совершенствование технологии приготовления суслу из крахмалосодержащего сырья в спиртовом производстве с применением метода дискретно-импульсного ввода энергии. Промышленная теплотехника. 2007. Т. 29, № 4. С. 59-63.

3. Ободович А.Н., Хибина М.А., Боряк Л.А., Ободович А.А., Тесля А.И. Интенсификация производства глюкозно-фруктозных сиропов за счет механохимической деструкции. Промышленная теплотехника. 2006. Т. 28, № 3. С. 44-49.

4. Ободович А.Н. Исследование процессов гомогенизации крахмалосодержащих смесей в технологиях пищевой промышленности и общественного питания с применением метода дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ). Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2008. № 4/5 (35). С. 45-51.

5. Ободович А.Н., Чайка А.Н., Недбайло А.Н., Лымарь А.Ю. Дискретно-импульсный ввод энергии для интенсификации биотехнологических процессов в спиртовом и хлебопекарном производстве. Биотехнология. 2011. Т.4, № 2. С. 70-72.

6. Ободович А.Н. Разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии приготовления полуфабрикатов из плодоовощного и цитрусового сырья с применением метода дискретно-импульсного ввода энергии (ДИВЭ). Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2008. № 3/4 (33). С. 47 - 50.

7. Ободович А.Н., Давыденко Б.В., Недбайло А.Н. Энергосберегающая технология приготовления майонеза с применением метода дискретно-импульсного ввода энергии Промышленная теплотехника. 2009. Т.31, №6. С. 81-84.



UDC 665.733.3

### MODERNIZATION OF THE REACTOR-ALKYLATOR MIXER

Ph.D. Husarova O.<sup>1,2</sup>, Ph.D. Dakhnenko V.<sup>2</sup>, graduate student Chernysh I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

<sup>2</sup> Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

**ABSTRACT:** *On the basis of the analysis of foreign and domestic scientific and technical devices and the analysis of the results, the modernization of the alternating reactor-alkylator was carried out. The diagram of the mixer before and after modernization is given, graphic dependencies are constructed showing the result of modernization.*

**KEYWORDS:** ALKYL GASOLINE, ALKYLATION, REACTOR-ALKYLATOR, MIXER, MODERNIZATION, MODELING, SOLIDWORKS.

### МОДЕРНІЗАЦІЯ ЗМІШУВАЧА РЕАКТОРА-АЛКІЛАТОРА

ст. викладачка, к.т.н. Гусарова О.В.<sup>1,2</sup>, с.н.с., к.т.н., с. н. с. Дахненко В.Л.<sup>2</sup>,

магістр Черниш І.С.<sup>1</sup>

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

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

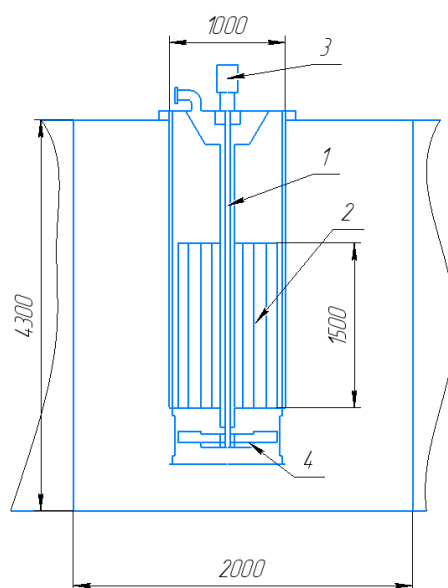
<sup>2</sup> Інститут технічної теплофізики Національної Академії Наук України

**АНОТАЦІЯ:** *На підставі аналізу зарубіжних і вітчизняних науково-технічних джерел та узагальнення результатів запропоновано модернізацію змішувача реактора-алкілатора. Наведено схему змішувача до та після модернізації, побудовано графічні залежності, що показують результат модернізації.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АЛКИЛ-БЕНЗИН, АЛКИЛУВАННЯ, РЕАКТОР-АЛКИЛАТОР, ЗМІШУВАЧ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ,

The purpose of this work is to check how effective the developed design of the modernized mixer is by conducting a simulation experiment and modeling the process in the SolidWorks environment.

The main part of the sulfuric acid alkylation of isobutane with olefins is the alkylator reactor (alkylation contactor). The main part of the reactor is the mixer, which is shown in Figure 1. It is made in the form of a propeller pump, which consists of a shaft 1 on which a stirrer 4 is placed, eight pipes 2, an electric motor 3 and a stirrer drive. In the oil industry, propeller mixers are used with inclined straight blades or blades shaped according to the profile of propeller blades (Figure 2).



1 - propeller pump; 2 - pipes; 3 – electric motor; 4 – mixer

Figure 1 - Scheme of the mixer

A review of various literature was conducted and on its basis it was proposed to modernize the reactor [1 - 4]. To intensify the mixing of the initial mixture and hydrochloric acid, it is possible to modernize the mixers of the

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
reactor-alkylator by replacing the mixer and straight pipes of the mixer with corrugated ones (Figures 2, 3).

In this device, we propose to replace the propeller stirrer with straight blades for a three-bladed propeller stirrer with blades shaped according to the profile of the propeller blades (Figure 2).

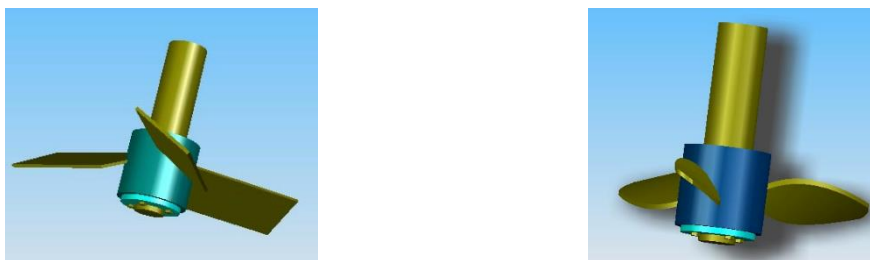
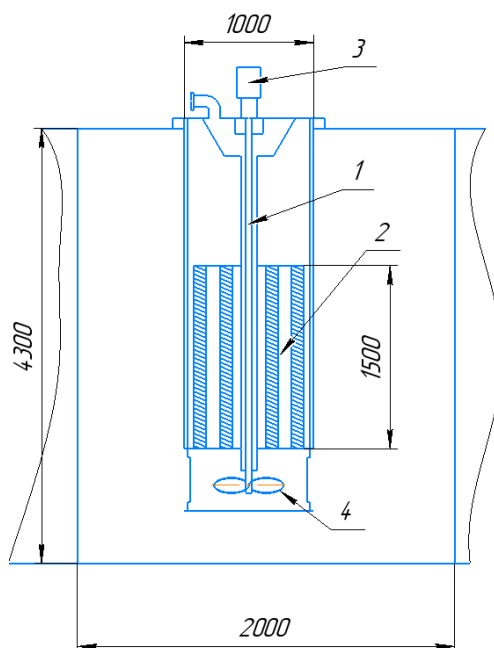


Figure 2 – Designs of stirrers



- 1 - propeller pump; 2 – modernized corrugated pipes;
- 3 – electric motor; 4 – propeller 3-blade mixer

Figure 3 - Scheme of the modernized mixer

A propeller mixer consists of a hub and blades, usually three, located at an angle of  $120^\circ$ . It can have a welded or one-piece construction. During operation, it creates mainly axial flows, which ensure a high intensity of mixing of the liquid medium. Of all types of mixers, the propeller mixer is the least energy-consuming. The disadvantage is a complex design and relatively high cost [5].

The results of the numerical modeling are shown in the graphs, Figures 4 and 5. Analyzing the graphic material, we see that as the volume velocity of sulfuric acid increases, its volume decreases (Figure 4). Also, it is clearly visible that the total volume of acid and hydrocarbons of the reactor section depends on the contact time of the mixture (Figure 5), the larger it is, the larger the volume of the reactor section.

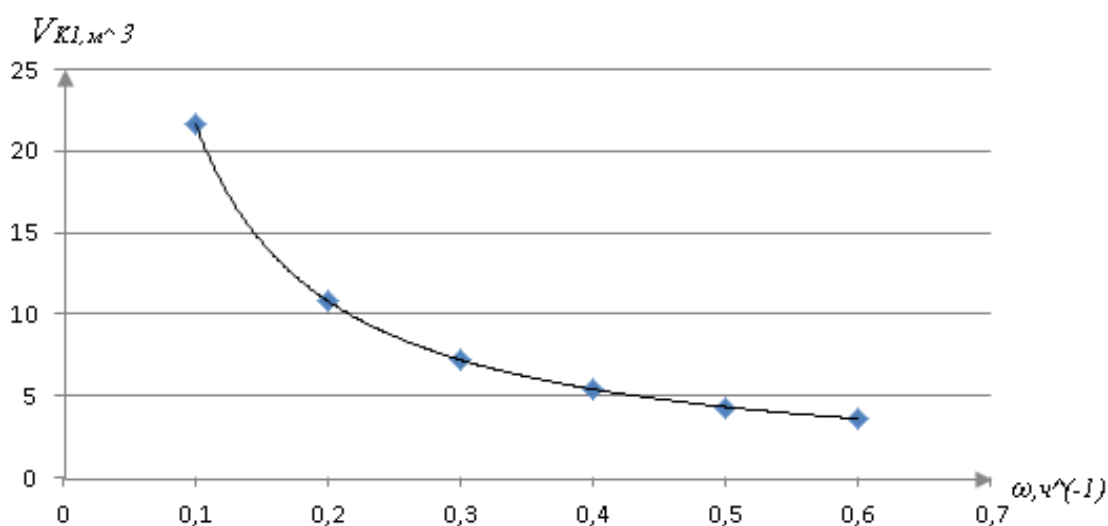


Figure 4 - Dependence of the volume of the catalyst on the volume velocity

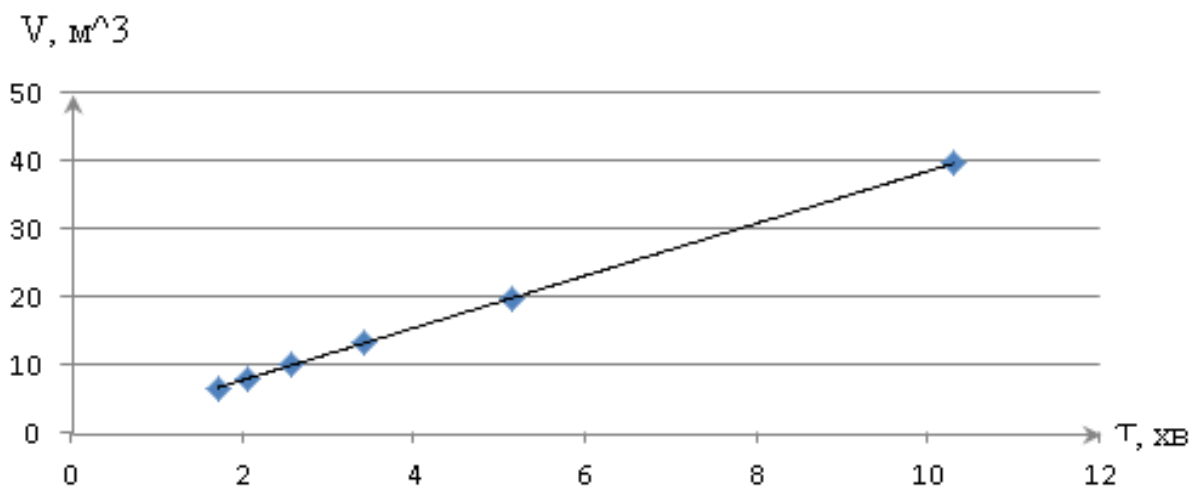


Figure 5 - Graph of the dependence of the total volume of acid and hydrocarbons of the reactor section on the contact time of the mixture

*Conclusions:* such design changes improve the hydrodynamics of the flow, create a constantly changing value of the Reynolds criterion and contribute to additional mixing of the mixture. From the graphs, we can see that the modernization allows to increase the volumetric speed of the catalyst and reduce its volume, increase the productivity of the reactor or reduce its overall dimensions. It also reduces the residence time of the components in the reactor sections and increases the efficiency of production of the target product.

### References:

1. Patent № 116474689 (CN), МПК B01J 19/18, B01J 4/00. Publication date 25.07.2023.
2. Patent № 218609386 (CN), МПК B01J 19/18, B01J 4/00. Publication date 14.03.2023.
3. Patent № 218359146 (CN), МПК B01J 8/02, B01J 8/04, C07C 37/14. Publication date 24.01.2023.
4. Kinetic Model of Olefins/Isobutane Alkylation Using Sulfuric Acid as Catalyst [Zhicheng Xin, Hongbo Jiang, Zhenyuan Zhang] // Electronic resource. Access mode: <https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/acsomega.1c06850>

5. Storozhenko, V. Ya. Volumetric type reactors with stirring devices (calculation and design) [Text]: academic. manual / V. Ya. Storozhenko, V. A. Smirnov. - Sumy: Sumy State University, 2011. - 283 p.

**UDC630**

**DEVELOPMENT OF A NEW ENERGY-TECHNOLOGICAL  
COMPLEX FOR DRYING VARIOUS SOLID DISPERSED MATERIALS**

Kremnov V., Timoshchenko A., Korbut N., Stetsuk V.

**Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of  
Science of Ukraine**

***ABSTRACT.** The paper is devoted to the creation of a unified complex for the production of generator gas and its use for the organization of the drying process of solid dispersed materials (both fuel chips and target products).*

***KEYWORDS:** WOOD FUEL CHIPS, BIOFERTILIZERS, GENERATOR GAS, SOLID DISPERSED MATERIALS, DRYER*

**РОЗРОБКА НОВОГО ЕНЕРГО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО  
КОМПЛЕКСУ СУШІННЯ РІЗНОМАНІТНИХ ТВЕРДИХ  
ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Кремньов В.О., Тимощенко А.В., Корбут Н.С., Стецюк В.Г.

**Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України**

***АНОТАЦІЯ.** Робота присвячена створенню уніфікованого комплексу одержання генераторного газу і його застосування для організації процесу сушіння твердих дисперсних матеріалів (як паливної тріски так і цільової продукції).*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДЕРЕВНА ПАЛИВНА ТРІСКА, БІОДОБРИВА, ГЕНЕРАТОРНИЙ ГАЗ, ТВЕРДІ ДИСПЕРСНІ МАТЕРІАЛИ, СУШАРКА*

**The purpose of the work.**

Create a unified complex with high factory readiness for obtaining

generator gas from pre-dried wood fuel chips. And its application in the organization of drying processes of both fuel chips and other solid dispersed materials.

**Results.** The development was carried out as a result of the joint activity of the participants of the ITT consortium (intensification of thermal technologies) and is intended for equipping the production of wood fuel chips, biofertilizers and other technologies for dewatering solid dispersed materials that allow direct contact. with generator gas combustion products [1].

When developing the complex, innovative technical solutions were applied regarding:

- production of generator gas from wood fuel, pre-dried chips, with an increase in the oxygen content of the oxide with the help of a membrane;
- method and device of wet cleaning of generator gas;
- utilization of the cooling heat of the working chamber of the gas generator;
- drying of solid dispersed materials in rotary-vortex dryers by means of transformation of the flow part to optimize the technological process (rotor speed, variable partitions, bypass windows, etc.);
- a system of automatic control of the combined operation of the gas generator and the dryer.

The technical and economic advantages of the complex include:

- high factory readiness;
- autonomy;
- compactness;
- energy efficiency.

### **Conclusions.**

The developed complex makes it possible to compose the application of the modular principle of energy-efficient enterprises of any required productivity on the basis of unified equipment with high factory readiness. In addition, the



### **References.**

1. Кремньов В.О., Тимощенко А.В., Беляєв Г.В., Беляєва І.П., Жуков К.Л., Корбут Н.С., Стецюк В.Г. 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. Розділ 2: колективна монографія. Полтава – Львів: НУПП імені Юрія Кондратюка, НУ «Львівська політехніка» — Дніпро: Середняк Т. К., 2022, С. 326-339. ISBN 978-617-8111-24-3.  
<https://nupp.edu.ua/page/opis-kolektivnoi-monografii.html>
2. 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.

## USE OF HYDRODYNAMIC CAVITATION TO INCREASE THE THERMOSTABILITY OF MILK

Ph.D. Tselen B.Ya.<sup>1</sup>, Dr. Sc. Ivanitsky G.K.<sup>1,2</sup>, Ph.D. Radchenko N.L.<sup>1</sup>,  
Ph.D. Nedbailo A.Ye.<sup>1</sup>, Shulyak V.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

<sup>2</sup> National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**ABSTRACT:** The quality of products in modern production can be ensured by influencing the components of the environment that can be processed in modern devices at the micro- and nanolevel. In milk processing technologies, in order to ensure certain parameters of the product, it is important to manage such parameters as the fractional composition of milk proteins, the fat phase, and the effect on other microstructures. One of the processes that provides influence on micro- and nanosystems is cavitation processes due to the initiation of thermal and dynamic effects discretely in space and instantaneously in time. This milk processing technology is being implemented in the thermohydrodynamic processing (THO) apparatus.

**Key words:** молоко, термостабільність, білки, гідродинамічна кавітація.

A theoretical study of cavitation effects in the installation's pumps proved that the values of thermophysical and dynamic parameters of hydrodynamic cavitation correspond to those that, according to literature, cause a significant impact on biological structures [1]. Regarding the impact of cavitation phenomena on milk proteins, two aspects can be distinguished: 1) direct impact of dynamic and thermal load on protein structures; 2) influence on the dispersion medium - water, which also determines the state of the colloidal system. This is confirmed by studies of the protein composition of milk proteins with TGO and in the control sample.

The results of the research are presented in Fig. 1. With each of the treatments, the changes have their own characteristics. Thus, with TGO, the fractions of milk proteins with a high molecular weight (more than 100 kDa) decrease from 17 to 14%. In control, changes are of the opposite nature. Therefore, under thermohydrodynamic influence, disaggregation of protein complexes (micelles) takes place in proteins, which, under certain conditions, affects changes in the heat resistance of milk.

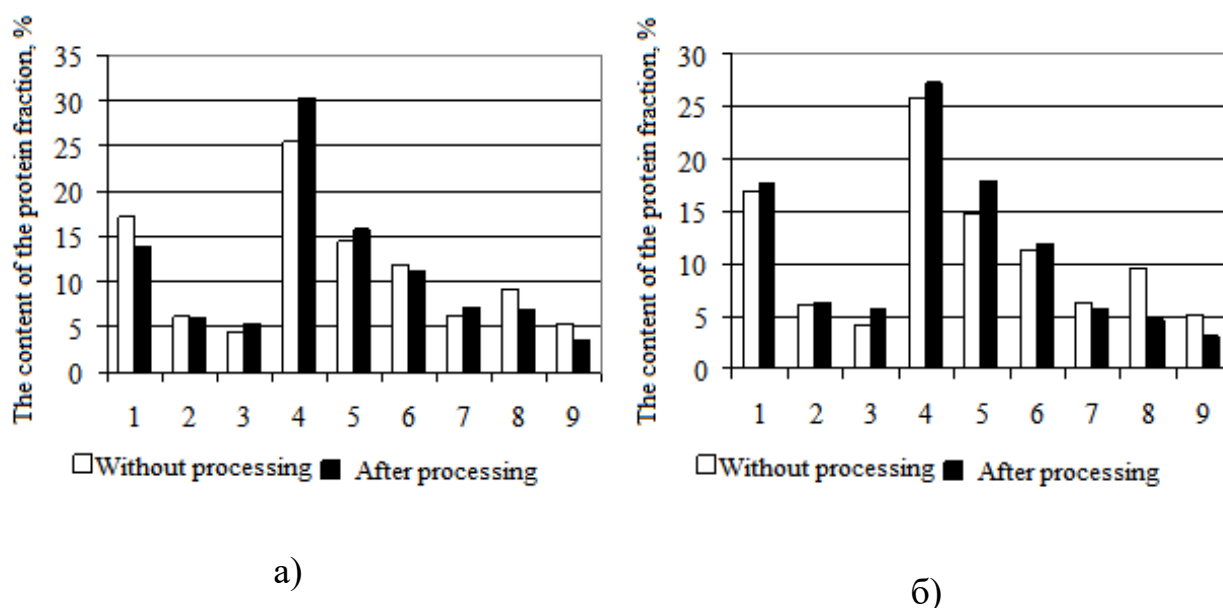


Fig. 1. Changes in the fractional composition of milk proteins before and after processing: a) THO; b) control 1 - 100 kDa and more, 2 - 77...72 kDa, 3 - 62...66 kDa, 4 - 31...53 kDa, 5-  $\alpha_s$ -casein,  $\beta$ -casein,  $\kappa$ -casein,  $\alpha$ -lactolbumin).

It should be noted that the decrease in the content of micelles with a high molecular weight occurs at the stages where cavitation mechanisms operate (Fig. 6a, stages 2, 4). The thermal effect in the pasteurization unit, on the contrary, contributes to the aggregation of protein molecules, which is typical for both control treatment and TGO.

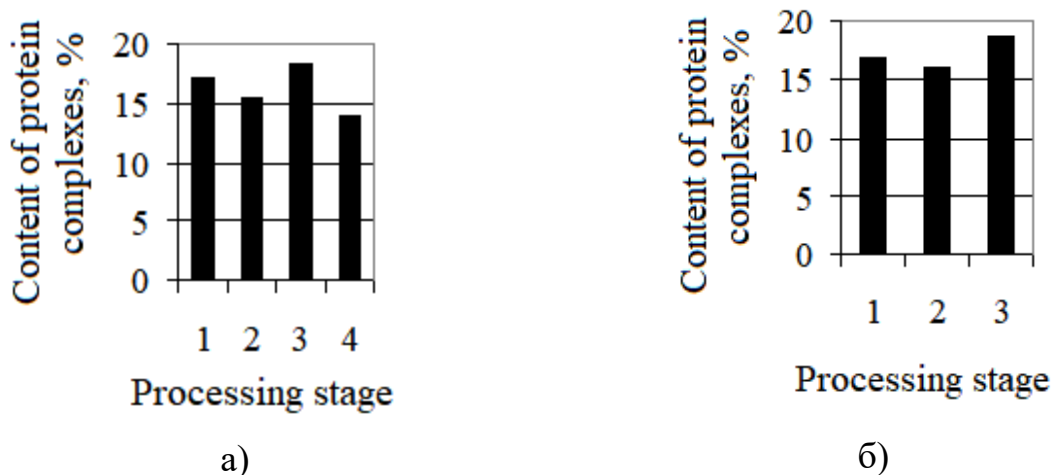


Fig. 2. Change of protein complexes with a molecular mass above 100 kDa at stages a) TGO: 1 – source milk; 2 – after condensation chambers; 3 – after pasteurization; 4 – at the exit from the equipment; б) control: 1 – original milk; 2 – after valve homogenization; 3 – after pasteurization.

Therefore, the conducted studies proved that cavitation effects have an influence on the fractional composition of milk proteins and determine the heat resistance indicator, which is one of the main signs of product quality.

## REFERENCE

Analytical study of cavitation in the working wheel of centrifugal pumps / G.K. Ivanytskyi, A.E. Negligently //Industrial Heating Engineering. — 2012. — Vol. 34, No. 2. — P. 40-47

**UDC 628**

**MODERNIZATION OF LUBRICANT MANUFACTURING FACILITY WITH DEVELOPMENT OF EVAPORATION COLUMN AND AIR COOLER**

Master's student Denys NIKULICHEV, Ph.D., Assoc. Andriy STEPANIUK

**National Technical University of Ukraine**

**"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

**ABSTRACT:**The technological scheme of obtaining lubricant is described. The advantages and disadvantages of the designs of the evaporation column and the air cooler are formulated.

**KEYWORDS:**PRODUCTIVITY, EVAPORATION 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.

Lubricant is a material that is brought (applied) to (on) the friction surface to reduce the force of friction and (or) wear, which in turn provides an increase in the load capacity of mechanisms[1].

According to the physical state in which lubricants are found, they are divided into solid, plastic, liquid and gaseous. Liquid (oils) and plastic (lubricants) lubricants are most often used for lubrication. Plastic lubricants or lubricants are petroleum or synthetic lubricants with the addition of multifunctional additives and a thickener, in the role of which soaps of higher grades of fatty acids, solid hydrocarbons (ceresins, paraffins), heat-resistant thickeners (silica gel and carbon black), inorganic thickeners (aerosil[en ], modified clays) etc. Automotive lubricant for wheel hub bearings[1].

Plastic lubricants are used in such cases[1]:

- for heavily loaded sliding bearings operating at low speeds in conditions of extreme friction with frequent reverses or in repeated short-term mode;
- when the lubricant, in addition to its main purpose, is used as a sealant to protect the surface from the ingress of pollutants from the environment;
- to create a protective oil film on the friction surface during long stops;
- in friction nodes, access to which is difficult or which can work for a long time without refilling with lubricant;
- if necessary, the simultaneous use of lubricant for preservation and lubrication of the mechanism.

The dripping temperature is the temperature of the first drop of a plastic oil product that is heated in the capsule of a special thermometer. Usually, plastic lubricants are used at temperatures 15-20 °C lower than the dripping temperature.

Examples of lubricants: lithol, solidol, petroleum jelly, etc.

Lubricating oils or liquid lubricants are mostly refined petroleum oils with special additives that allow to increase their service life by 2-4 times. Oils without additives are used for lubrication of lightly loaded high-speed machine assemblies. Recently, in connection with the increase in environmental requirements, in

particular for oil refining and petrochemical products, there is a global trend to manufacture plastic and liquid lubricants based on oils, primarily rapeseed, soybean, palm, genetically modified sunflower and some others.

The main characteristics that should be taken into account and which are common to all liquid lubricants are:

- viscosity;
- solidification temperature;
- flash point;
- acid number.

Viscosity is one of the most important characteristics of a lubricant, which largely determines the force of friction between moving surfaces on which the lubricant is applied. Since viscosity is inversely proportional to temperature (in the range from -30 to +150 °C it changes thousands of times), in order to stabilize the viscosity-temperature properties of lubricating oils, special viscosity additives are added to their composition, which increase relatively little the viscosity of the base oil at low temperatures, but significantly increase the viscosity at elevated temperatures. The viscosity value of the lubricant is always indicated for a specific temperature value, usually 40 °C.

The pour point is the temperature at which the petroleum product loses its mobility (the lowest temperature at which the oil spreads under the influence of gravity). The concept of solidification temperature is used to determine the pumpability of oil through pipelines and the ability to lubricate friction nodes operating at low temperatures. The solidification temperature should be 5...7 °C lower than the temperature at which the oil should be pumped.

The flash point is the minimum temperature at which, under the conditions of special tests of a petroleum product, steam is formed above its surface, capable of igniting from a fire without the occurrence of persistent burning [4]. The flash point must be taken into account when supplying oil to friction units operating at

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
elevated temperatures. The flash point is determined in an open (more often) or closed crucible (less often).

Acid value is the number of milligrams of potassium hydroxide (KOH) used to neutralize free acids contained in 1 g of petroleum product. As the oil ages, the acid number increases and it is often the main criterion for changing the oil in circulating lubrication systems.[1]

By purpose and area of use, lubricating oils are divided into [2]:

- motor;
- transmission;
- industrial;
- hydraulic

**Technological scheme.**When working according to the scheme with preliminary deasphalting, asphalt and extract are removed as by-products. The first scheme is more modern; its use allows to improve process indicators and to involve in processing tars with a higher content of asphalt resinous substances. Its description is given below.

The installation consists of the following sections: preliminary deasphalting, extraction, regeneration of solvents from raffinate, extract and asphalt solutions.

In the process of deasphalting and extraction, tar is mixed with propane and enters the deasphaltizer 1 — a horizontal mixer-settler. The asphalt solution from the deasphaltizer is discharged for regeneration. At some plants, deasphalting is carried out in two stages in sequentially connected deasphalting machines. A fresh portion of propane is added to the asphalt solution of the 1st grade before being fed to the 9th stage. To increase the completeness of the extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons and resins from the raffinate, recirculation of part of the raffinate solution for deasphalting can occur. In this case, the raffinate solution is supplied together with propane.



The deasphalt solution or a mixture of solutions of deasphalts of the 1st and 2nd stages is subjected to multi-stage selective extraction in a battery of five to seven horizontal mixer-settlers. The movement of the purified product is organized in such a way that the raffinate solution from the previous settling tank 8 flows into each mixer 2 by gravity, and the extract solution from the next stage is supplied by a pump. In the last step of the product being cleaned, the mixer-settler is fed fresh solvent - selecto, from this stage the raffinate solution is removed for regeneration. The extract solution is removed for regeneration from the first stage in the course of the cleaned deasphalt.

Regeneration of solvents from each solution - asphalt, raffinate and extract - is carried out in four stages (Fig. 1.1). On the first stage, in columns 3, 18, 24, propane is driven off, on the next stages, in columns 4, 7, 9, 20, 21, 22, 25, 26, 28 - selecto. The driven off phenol-cresol mixture, after condensation and cooling, is fed through the settling tank 11 to the drying column 13. From the bottom of the column 13, the dehydrated select is discharged into the dry solvent container, and from the top, an azeotropic mixture of select and water comes out. After condensation and cooling, the azeotropic mixture enters the settling tank 16, where it is stratified. The upper layer - water containing 6-9% solvent - is washed with propane, which extracts the selecto, and then is used to obtain water vapor. The bottom layer, consisting of 90% solvent and 10% water, serves as irrigation of column 13.

Technological mode. Below is the qualitative dependence of the indicators of the duosol-cleaning process on its technological parameters (a plus means an increase in the parameter with an increase in the indicator, a minus means a decrease!

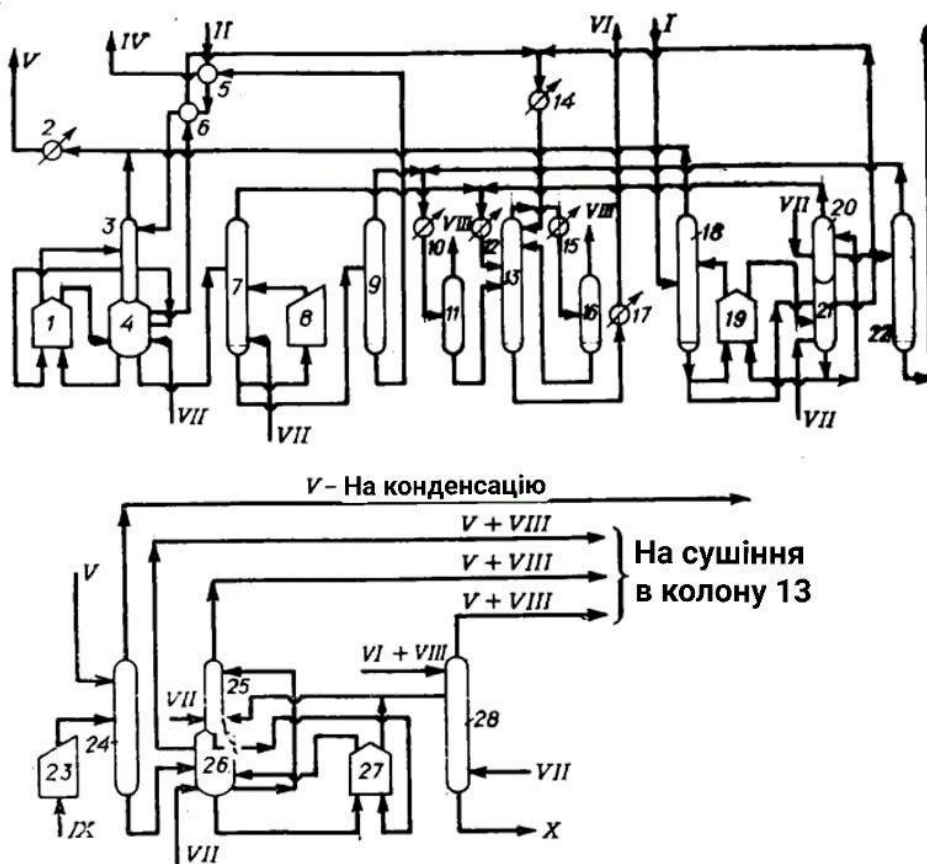


Fig. 1.1 Section of the regenerative duosol purification unit:

1, 8, 19, 23, 27 – ovens; 2, 5, 6, 10, 12, 14, 15, 17 – heat exchange devices; 3, 18, 24 – propane distillation columns; 4, 7, 9, 20, 21, 22, 25, 26, 28 – selecto drive-off columns; 11, 16 - sedimentation tanks selecto from water; 13 – selecto drying column; 13 – selecto drying column; [3]

I – raffinate solution; II – extract solution; III – raffinate; IV – extract; V – propane; VI – selecto; VII – water vapor; VIII – water for cleaning from selecto; IX – asphalt solution; X is asphalt.

#### References

1. Wikipedia – [Electronic source] – <https://uk.wikipedia.org/wiki>
2. Innovative technologies of deep processing of organic materials: – [Electronic source] – [https://ci.kpi.ua/METODA/Innovatsini\\_tekhnolohii\\_hlybokoi\\_pererobky\\_orhanichnykh\\_material-konspekt\\_lektsii.pdf](https://ci.kpi.ua/METODA/Innovatsini_tekhnolohii_hlybokoi_pererobky_orhanichnykh_material-konspekt_lektsii.pdf)

3. Directory of the oil refiner. Editor(s): Lastovkin G.A., Radchenko E.D., Rudyna M.G. Edition: Chemistry, Leningrad, 1986, 648 pages.

**THE MODERNIZATION OF POTASSIUM CHLORIDE PRODUCTION  
PLANT WITH DEVELOPMENT OF EVAPORATOR AND MEMBRANE  
APPARATUS**

Student Muzyka S.M., associate professor, Ph.D. Hulienko S.V.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРИДУ КАЛІЮ З  
РОЗРОБКОЮ ВИПАРНОГО АПАРАТА І МЕМБРАННОГО АПАРАТА**

студентка Музика С.М., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

**Національний технічний університет України**

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

**Анотація:** Розглянуто систему виробництва хлориду калію за допомогою випарного та мембранного апаратів. Запропоноване рішення модернізації устоновки. Також наведено технологічну схему та її опис.

**Ключові слова:** мембранний апарат, випарний апарат, хлорид калію.

**Abstract:** The flowsheet of the potassium chloride production with application of evaporator and membrane apparatus was considered. The decision about modernization was proposed. Also, the flowsheet and its description are represented.

**Ключові слова:** membrane apparatus, evaporator, potassium chloride

The potassium chloride is important chemical material, which is used in agriculture, industry and medicine [1]. Production of this component is important industrial branch, since the KCl deficit can lead to the serious consequences.

In the potassium chloride production, the various methods and apparatus are used for the separation and purification of this chemical product, among them the evaporator and the membrane apparatus take the important place. Both apparatuses are intended to the concentration of solutions, however, from the point of view of the technological rationality, it should be noted that the application of only evaporator require the large amount of energy for the effective operation. In contrast, the application of the membrane apparatus has limitation in operation with high concentrated solutions, despite the energy consumption is much lower. For the destination of the optimal conditions the complex approach should be applied, including the application of both apparatuses. Firstly, the maximal concentration is carried out in the membrane apparatus, then the final concentration is carried out in the evaporator [2-3].

If the potassium chloride would be absent, this can lead to the serious consequences. In the agriculture this can lead to the decreasing of yield the degradation of the food products quality. In industry this can lead to the pauses in productions of different goods, that can impact on the economics.

The general principal flowsheet is represented in figure 1.

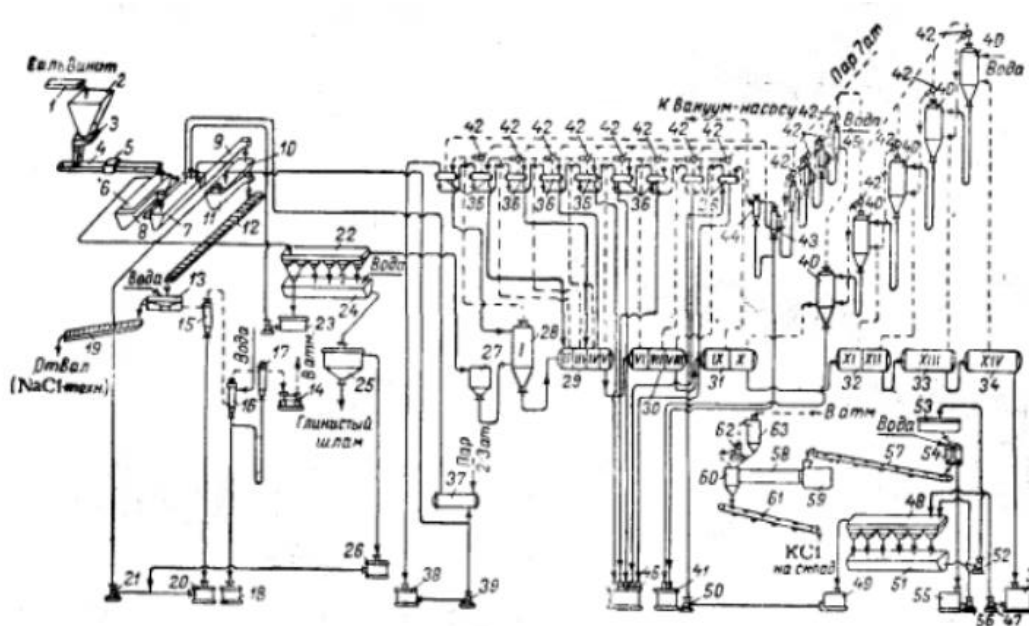


Figure 1 Flowsheet of the potassium chloride production plant

The raw material (silvinite) is crushed to the 0,25-55 and transported to the screw dissolvers, where is dissolved in the hot water. Th hot solution is filtrated on the plate filters for the sludge removal. The clarified solution is pumped to the membrane apparatus where the separation of the solution to the concentrated solution of the potassium chloride and the stock solution. The concentrated solution of potassium chloride is pumped to the evaporator where the partial evaporation for the saturation solution obtaining. The saturated solution of the potassium chloride is pumped to the crystallizer, where the potassium chloride is precipitated. Form the vacuum crystallizer the pulp of the potassium chloride is pumped in the six-cone decanter where the pulp is separated to the precipitate and the stock solution. The precipitate of potassium chloride is centrifugated for the water removal. The raw potassium chloride is dried in the rotary drums [4].

The separation of silvinite to the potassium and sodium chlorides is occurred by the different solubility of this materials in water. For the obtaining of the potassium chloride of high quality it is necessary to remove the sodium chloride from solution. This is achieved by the vacuum crystallization. The purification of potassium chloride from water is carried out by the centrifugation and drying. The starch or the polymer material is applied as a coagulant for the sludge removal from solution. The vacuum crystallizer consists of 14-stages, each of them has certain pressure. The raw potassium chloride can be granulated for the improvement its properties. The stock solution which includes the potassium chloride is recycled to the silvinite dissolution. The evaporator is the device, in which the potassium chloride is heated to the boiling temperature, during this the partial evaporation of water is carried out. The condensate is return to solution [4].

In this technological scheme, shown in figure 1, the evaporator and membrane apparatus are the most important units. The operation of the membrane apparatus and evaporator depends on the different factors including the pressure, hydrodynamical conditions apparatus design, the nature and concentration of solution etc., and they are carefully controlled for achievement of the optimal

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
conditions in the potassium chloride production. It should be noticed that productivity of whole plant depends on the operation of this apparatuses. Therefore, with aim to increase the productivity of the plant the modernization of evaporator and membrane apparatuses is necessary. This is the aim of current work.

**References:**

1. B. K. Singh and S. K. Jain (2016) Potassium Chloride: Production, Properties, and Applications. – 336 P.
2. A. K. Singh and S. K. Jain (2022) Potassium Chloride: Chemistry, Production, and Applications. – 408 P.
3. J. L. Anderson (2012) Chlorine Chemistry and Technology. – 664 P.
4. Позін М.Є., Технологія мінеральних солей (добрив, пестицидів, промислових солей, оксидів та кислот), ч.1, вид. 4-те, видавництво «Хімія», 1974. – 792 с.

УДК 664.8.047

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІНУ І ГІДРОДИНАМІКИ В  
РЕКУПЕРАТИВНОМУ ПОЛІМЕРНОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ  
ДЛЯ КОНВЕКТИВНОЇ СУШАРКИ**

Малащук Н.С., к. т. н. Дабіжа Н.О., д. т. н. Чалаєв Д.М.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

***АНОТАЦІЯ.** Створений рекуперативний полімерний теплообмінник для дослідження процесів теплообміну та гідродинаміки. Проведена серія експериментів на лабораторній установці. Розроблена методика опрацювання вимірюваних даних. Розрахована ефективність теплообмінника в залежності від швидкості руху теплоносіїв.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** РЕКУПЕРАТИВНИЙ ТЕПЛООБМІННИК, ТЕПЛООБМІН, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ТЕПЛОНОСІЙ.

**RESEARCH OF HEAT EXCHANGE AND HYDRODYNAMICS V  
RECOVERY POLYMER HEAT EXCHANGER FOR CONVECTION  
DRYER**

Malashchuk N., Ph. D. Dabizha N., Doc. of Sc. Chalaev D.

**Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine**

***ABSTRACT.** A recuperative polymer heat exchanger was created for the study of heat exchange processes and hydrodynamics. A series of experiments was carried out on a laboratory setup. A method of processing measured data has been developed. The calculated efficiency of the heat exchanger depends on the speed of movement of heat carriers.*

**KEYWORDS:** RECOVERY HEAT EXCHANGER, HEAT EXCHANGE, HEAT TRANSFER, EFFICIENCY, HEAT CARRIER.



**Мета.** Сучасною тенденцією створення промислових теплотехнологій є максимально повна утилізація теплоти відпрацьованих теплових потоків для подальшого її корисного використання. Це завдання ефективно вирішується включенням в технологічні лінії теплообмінників різноманітних конструкцій [1]. В умовах постійного зростання цін на метали, особливо високотеплопровідні, для утилізації теплоти невисокого потенціалу залучення альтернативних полімерних матеріалів для виготовлення поверхонь теплообміну теплообмінних апаратів типу «повітря-повітря» є актуальним.

**Результати.** Для виготовлення рекуперативного теплообмінника обрано полікарбонат з осередками перетином 4 мм і товщиною стінки 0,15 мм. Лист полікарбонату розпускався навпіл, утворюючи дві оребрені стінки розмірами 250x250 мм та висотою ребра 2 мм (рис. 1). Їх складали опорною стінкою до низу під кутом  $90^\circ$  відносно повздовжніх осей сот в пакет висотою 150 мм з перехресними каналами 4x2 мм. В результаті утворювались канали для входу і виходу холодного і теплого теплоносія.

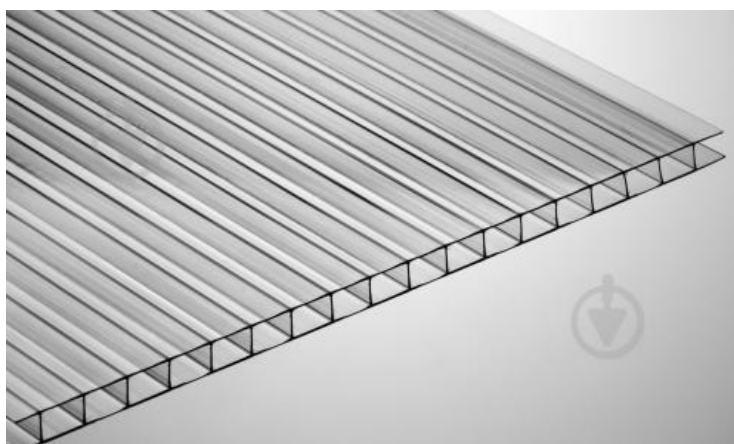


Рис. 1 – Вигляд сотового полікарбонатного листа

Для проведення досліджень процесів теплообміну і гідродинаміки в створеному полімерному теплообміннику в ІТТФ НАНУ створено лабораторну установку (рис. 2), де вимірювалися температури холодного і

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
гарячого теплоносія на вході і виході з каналів теплообмінника, а також тиски холодного теплоносія на вході в теплообмінник і гарячого теплоносія на виході з теплообмінника.

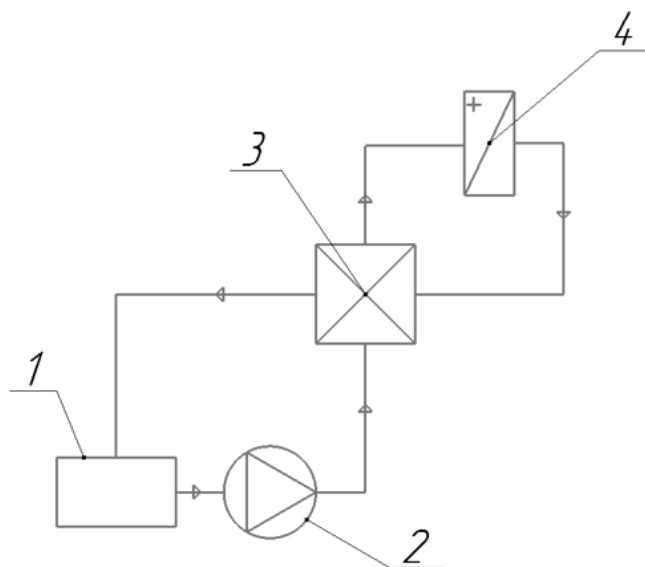


Рис. 2 – Принципова схема лабораторної установки

1 – приміщення; 2 – вентилятор витяжного повітря; 3 – перехрестно-проточний полімерний теплообмінник; 4 – електричний нагрівач повітря

Робочим елементом лабораторної установки є рекуперативний перехресно-проточний полімерний повітря-повітряний теплообмінник 3. Повітря з приміщення 1, в якому розташована установка, вентилятором 2 спрямовується в канали холодної частини теплообмінника. Після проходження холодної частини повітря потрапляє в герметичний канал, в якому розташований електричний нагрівач 4. Проходячи крізь нього, повітря нагрівається і направляється в перехресні канали гарячої частини теплообмінника. В теплообміннику відбувається теплопередача між холодним і гарячим повітрям, після чого охолоджене повітря викидається в приміщення 1. Зазначена схема забезпечує однакову витрату гарячого і холодного теплоносія.

Проведена серія експериментів на лабораторній установці. Експерименти проводились в діапазоні швидкостей теплоносіїв від 2,2 до

9 м/с. Розроблена методика опрацювання вимірюваних даних. Розраховані теплові потоки, коефіцієнти теплопередачі, втрати тиску та ефективність теплообмінника в залежності від швидкості руху теплоносіїв. Ефективність теплообмінника досягає 87 % при швидкості теплоносіїв 2,2 м/с та знижується майже до 60 % при зростанні швидкості до 9 м/с. Залежність ефективності теплообмінника від швидкості повітря наведена на рис. 3.

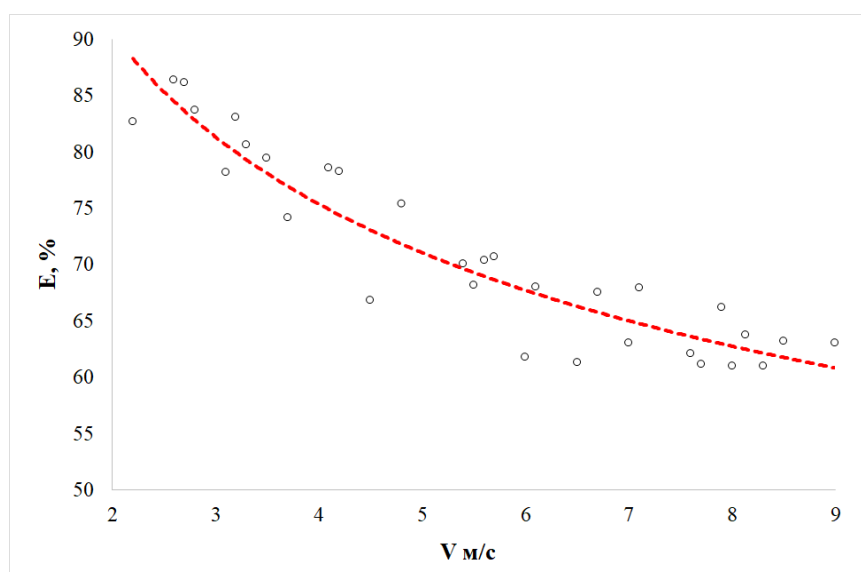


Рис. 3 – Залежність ефективності роботи теплообмінника від швидкості теплоносіїв

**Висновки.** При невисоких швидкостях теплоносіїв (2-3 м/с), що є характерними для конвективних сушарок, а також систем вентиляції повітря, ефективність полімерного перехресно-проточного теплообмінника досягає 87 %. Підвищення швидкості теплоносіїв знижує ефективність роботи теплообмінника за рахунок зростання потужності витяжного вентилятора. Так, при зростанні швидкості до 9 м/с, ефективність теплообмінника знижується майже до 60 % .

**Посилання:**

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

---

1. Каталог виробника вентиляційного обладнання Blauberg Group AG  
(Люксембург). Код доступу [https://zern-engineering.com/device\\_type/plate-cross-flow-heat-exchangers/](https://zern-engineering.com/device_type/plate-cross-flow-heat-exchangers/) (дата звернення: 15.04.2022)

UDC 665.6; 665.664

**MODERNIZATION OF THE TRANSFORMER OIL REGENERATION  
INSTALLATION WITH DEVELOPMENT APPARATUS WITH MIXER  
AND HEAT EXCHANGER**

Ph.D. Husarova O.<sup>1,2</sup>, Ph.D. Dakhnenko V.<sup>2</sup>, master Rybytvva R.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> NTUU «I. Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

<sup>2</sup> Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

**ABSTRACT:** *the paper examines the process of regeneration of transformer oil, which plays an important role in ensuring the reliability and performance of electrical transformers used in electric power systems. The advantages and disadvantages of the process are indicated. To improve the process, it is proposed to modernize the apparatus with a stirrer.*

**KEY WORDS:** *TRANSFORMER OIL, REGENERATION, MIXER APPARATUS, HEAT EXCHANGER, MODERNIZATION.*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ РЕГЕНЕРАЦІЇ  
ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ОЛИВИ З РОЗРОБКОЮ АПАРАТУ З  
МІШАЛКОЮ ТА ТЕПЛОБМІННИКА**

к.т.н. Гусарова О. В.<sup>1,2</sup>, к.т.н. Дахненко В.Л.<sup>2</sup>, магістр Рибитва Р. В.<sup>1</sup>

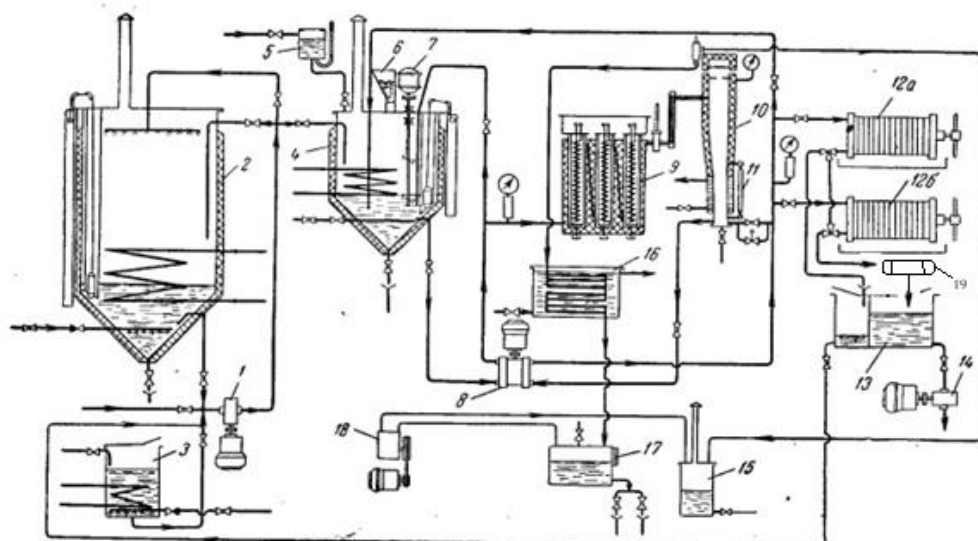
<sup>1</sup> НТУУ "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

<sup>2</sup> Інститут технічної теплофізики НАН України

**АНОТАЦІЯ:** *у роботі розглянуто процес регенерації трансформаторної оливи, який відіграє важливу роль у забезпеченні надійності та продуктивності електричних трансформаторів, використовуваних у електроенергетичних системах. Зазначено переваги та недоліки процесу. Для покращення процесу запропоновано модернізацію апарату з мішалкою.*

This research work is devoted to the regeneration process of transformer oil, which plays an important role in ensuring the reliability and performance of electrical transformers used in electric power systems. The regeneration process includes the following key stages (Figure 1).

First, the transformer oil is subjected to a heating process until 80 °C (353 K) with steam passing through a coil. This increases its temperature and helps prepare the oil for further processing [1].



1 – raw material pump; 2 – reactor; 3 – a tank for preparing the coagulant solution; 4 – stirrer; 5 – water tank, 6 – clay tank (bunker); 7 – mixer electric motor, 8 – roller pump, 9 – electric furnace; 10 – evaporator; 11 – refrigerator, 12a, b – press filters; 13, 17 – tanks; 14 – pump for the finished product, 15 – emergency tank; 16, 19 – heat exchangers; 18 - vacuum pump

**Figure 1 – Scheme of the regeneration installation  
of used transformer oils**

The oil is treated with bleaching clay to remove impurities. This process helps to remove solid particles and other impurities that can affect the quality of the oil. After coagulation, the oil is washed with water, which helps to remove the

remains of clay and other substances. Subsequently, after processing, it is sent to the evaporator, where the evaporation of fuel and water takes place. This process helps remove excess moisture and impurities.

After these steps are completed, the oil is filtered to remove residual particles. It is important to note that this technology allows to extend the service life of transformers and ensures their reliability in electric power systems.

The application of this technology is important for maintaining the optimal quality and performance of transformer oil, and therefore for ensuring uninterrupted operation of power systems.

Therefore, the main advantage of regeneration is the ability to remove dirt, moisture and other impurities from transformer oil, improving its quality and performance.

Regeneration allows you to extend the life of transformer oil, reducing the need for new oil and, accordingly, reducing the costs of purchasing and disposing of old oil, and also contributes to reducing the amount of waste and the need to remove old oil, which reduces the negative impact on the environment. Due to the increase in productivity and service life of transformers, regeneration can lead to a reduction in the costs of repair and replacement of equipment [2-4].

The disadvantage of transformer oil regeneration installations is the need for specialized equipment. Regeneration installations require large investments in specialized equipment, which can be expensive for businesses. Not all types of impurities can be removed during regeneration, sometimes additional treatment or cleaning of the oil is required. The quality of the original oil determines the regeneration results, and in the case of highly contaminated oil, the process may be less efficient. Regeneration installations require constant monitoring and maintenance to ensure their uninterrupted operation [4].

All these factors should be taken into account when choosing to install transformer oil regeneration and developing a strategy to preserve and optimize the process.

In contrast, the benefits of regeneration are extended equipment life, reduced oil costs and environmental impact. Thus, the regeneration of transformer oil remains an important technology for maintaining the quality and performance of transformers in modern power systems [1-4].

*The purpose of the work* is to modernize the transformer oil regeneration unit by improving the design of the apparatus with a stirrer.

#### References:

1. Shashkin P. I., Bry I. V. Regeneration of spent petroleum oils. Kind. the second - Chemistry, 1970. - 304 p., illustrations.
2. Chervinsky T. I. Regeneration of used motor oils in the presence of urea / Chervinsky T. I., Hryshiny O. B., Korchak B. O. // Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic" "Chemistry, technology of substances and their application" . – 2015. – No. 812.–S. 158–163.
3. Zhalkin D.S., Zhalkin S.G. Chemotology of motor oils: Lecture notes. - Kharkiv: UkrDUZT, 2018. - Part 1. - 53 p.
4. Chaika O. G. Eco-technology of the utilization of used oils: Diss... Cand. technical Sciences: 21.06.01. - National Lviv University. polytechnic". - L., 2007. - 137p.



**MODERNIZATION OF THE POTASSIUM CHLORIDE PRODUCTION  
PLANT BY THE SOLUTION AND CRYSTALLIZATION METHOD**

Student Puhach Y.R., associate professor, Ph.D. Hulienko S.V.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ З ВИРОБНИЦТВА ХЛОРИДУ КАЛІЮ  
МЕТОДОМ РОЗЧИНУ ТА КРИСТАЛІЗАЦІЇ**

Студент Пугач Я.Р. доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

**Національний технічний університет України**

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

**Анотація:**

Розглянуто процес виробництва хлориду калію методом розчину та кристалізації. Технологічна схема також буде розглянута та представлена

**Ключові слова:** Калій, Хлорид калію, кожухотрубний теплообмінник, Барабанна сушарка.

**Анотація:** Reviewed the process of production potassium chloride by test solution and cristalization, drum dryer

**Ключові слова:** Potassium, Potassium chloride, shell-and-tube heat exchanger,

Potassium Chloride (KCl) is an inorganic compound which consists of potassium and chlorine ions [1]. This is white crystals with high solubility in water. The potassium chloride is widely used in industry and agriculture. KCl is used in mane branches of industry such as chemical industry, glass industry, pulp

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
and paper industry, agriculture. The potassium chloride is the most urgent in agriculture.

It is used as a fertilizer for nutrition of such kinds of plant as potato, sugar cane, barely etc.

The methods of potassium chloride production.

There are two main methods of potassium chloride production [2]:

- The electrolyze: This method consists in that fact that the potassium salt solution is flown through the electrolytic chamber. Under the influence of electric current, the potassium and chlorine are separated from solution. This method is the most widely used.

- The evaporation: this method consists in that fact that the solution of the potassium salt is evaporated until the solid residue will be rest. This method is used in less extent then electrolyze, however, it can be used for the production of potassium chloride with low purity.

The improvement of potassium chloride using

There are several ways to improve the effectivity of potassium chloride using:

- The application of high-quality potassium chloride: by applying the high-quality potassium chloride it is possible to provide the required amount of potassium for the plants.

- The accurate dosing of potassium chloride: the accurate dosing of potassium, chloride allows to avoid the overdosing or lacking of the potassium for the plants.

- The application of the special forms of the potassium chloride: the special forms of the potassium chloride exist that are better absorbed by plants.

The flowsheet of potassium chloride production is shown in figure 1. The sylvinite crushed to the particles with dimensions of 0.25-5 mm from crusher is delivered to the bunkers from which by using of the belt conveyor reach to the screw dissolvers. For the compensation of the temperature drop the steam is

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
 pumped to the dissolvers. After passing through all dissolvers the concentrated lye includes about 245-265 g/l of KCl. After the purification of lye it flows to the tubular heat exchanger where is heated to the 113-115°C by steam. After that the steam is condensed in the mixing condensers which irrigated by water.

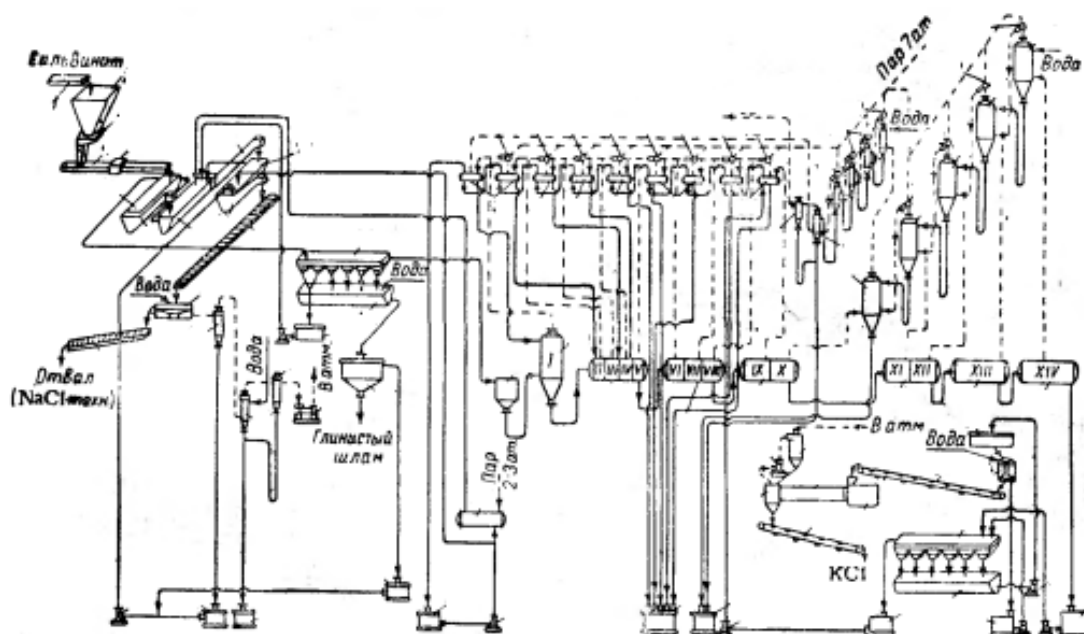


Figure 1. – The flowsheet of the potassium chloride production by the solution and crystallization method

Therefore, for the providing of better operation of this process the key factors include the dimensions of the feed sylvinitic particles and also tubular heat exchanger, which is heated the dissolving lye.

Hence the modernization of such apparatus is the key for the improvement of the productivity and also for the providing of the required quality of final product.

### References

1. Jain S., Saxena M. Potassium chloride: production, properties, and applications. CRC Press, 2021. 373 p.

2. Potassium chloride.

URL: [http://www.ipni.net/publication/4rmanual.nsf/0/95052AAC54D4557585257CE000725353/\\$FILE/4RMANUAL-Module%203.3-13.pdf](http://www.ipni.net/publication/4rmanual.nsf/0/95052AAC54D4557585257CE000725353/$FILE/4RMANUAL-Module%203.3-13.pdf) (date of access: 27.10.2023).

УДК 661.8

**MODERNIZATION OF THE AMMONIA SEPARATION UNIT OF THE  
SPENT AMMONIA WATER PROCESSING UNIT WITH THE  
DEVELOPMENT OF AN AMMONIA COLUMN AND CONDENSER**

Student Tryhubets B. O., Associate Professor, PhD Haidai S. S.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

***ABSTRACT:** The technological scheme for processing spent ammonia water was considered and described.*

***KEY WORDS:** AMMONIA, PROCESSING, SPEND AMMONIACAL WATER, AMMONIA COLUMN.*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ БЛОКУ ВИДІЛЕННЯ АМІАКУ УСТАНОВКИ  
ПЕРЕРОБКИ НАДСМОЛЬНОЇ АМІАЧНОЇ ВОДИ З РОЗРОБКОЮ  
АМІАЧНОЇ КОЛОНИ ТА КОНДЕНСАТОРА**

Студент Тригубець Б. О., доцент, к.т.н. Гайдай С. С.

**Національний технічний університет України**

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

***АНОТАЦІЯ:** Розглянуто та зроблено опис технологічної схеми для переробки надсмольної аміачної води*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АМІАК, ПЕРЕРОБКА, НАДСМОЛЬНА АМІАЧНА ВОДА, АМІАЧНА КОЛОНА.*

Ammonia is a key industrial chemical with a wide range of applications, including fertilizer production, explosives manufacturing, plastics production, and

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
pharmaceutical preparations. Ammonia production also generates a significant amount of waste, including spent ammonia water.

Spent ammonia water is a byproduct of ammonia production. It contains ammonia, nitrogen compounds, hydrogen sulfide, and other impurities. Spent ammonia water is a potential environmental hazard due to its high ammonia content. It can also be a wasteful disposal of valuable resources.

In modern industrial processes for processing ammonia solutions, efficient separation of ammonia and purification of water from contaminants are critical tasks. Recovery of ammonia from spent ammonia water is an important process for reducing environmental impact and recovering valuable resources. The development and modernization of spent ammonia water processing technologies are key to improving process efficiency and compliance with environmental standards.

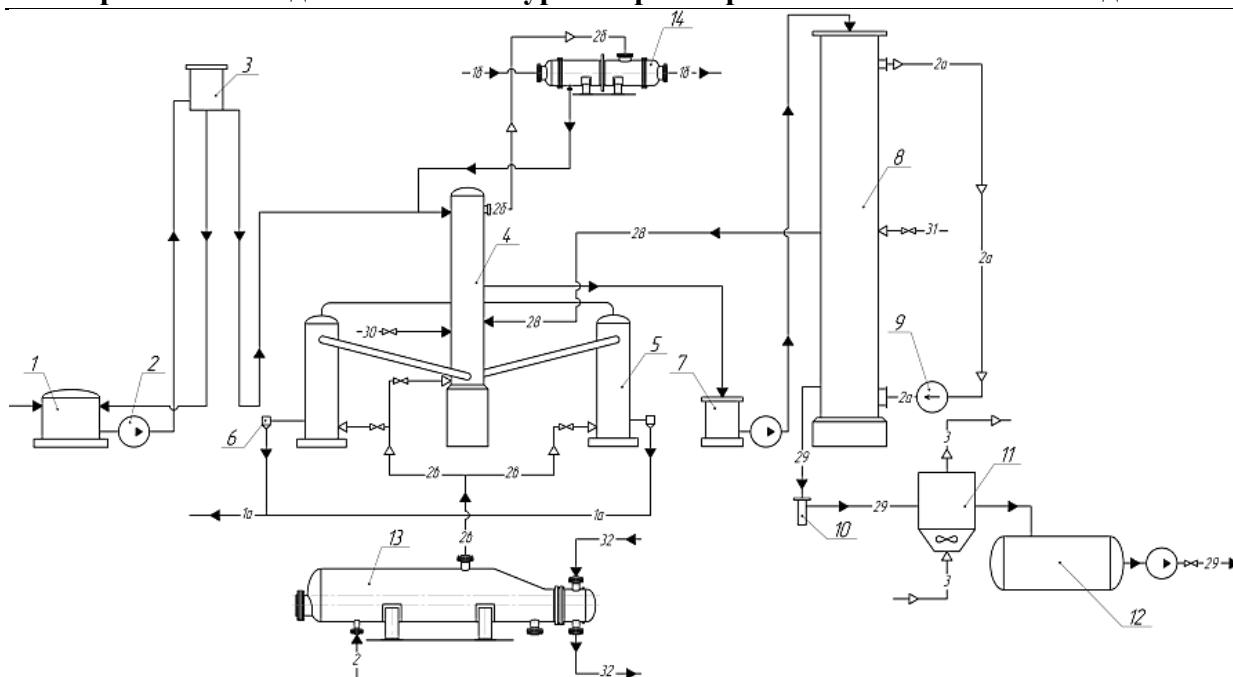
The process flow diagram for the treatment of spent ammonia water is shown on Figure 1. The diagram also provides for the extraction of phenols from it, which occurs in a scrubber.

Spent ammonia water, which collects in the condensate tank 1, is pumped by a centrifugal pump 2 into the pressure tank 3. From there, it flows into the ammonia-lime column 4 with two nozzles 5.

In the ammonia-lime column 4, the water is distilled with steam to separate volatile ammonia compounds.

The column is a continuous process in which ammonia is removed from spent water.

This process takes place in two stages. Volatile ammonia, which is ammonia in the form of salts that break down when heated, is released by steam. Bound ammonia, which does not break down when heated alone, is first treated with lime milk.



1 – tank, 2 – centrifugal pump, 3 – pressure tank, 4 – ammonia-lime column, 5 – hole, 6 – drain valve, 7 – intermediate tank, 8 – scrubber, 9 – fan, 10 – water seal, 11 – air cooler, 12 – phenolate tank, 13 – steam generator, 14 – condenser

Figure 1.1 - spent ammonia water treatment line

Spent ammonia water from the column flows through a pipe to the intermediate collector 6. From there, it is pumped by a centrifugal pump 7 to the scrubber 8, where phenols are removed.

In the scrubber, phenols are removed with steam. Spent ammonia water spontaneously flows back through the pipe to the lower mixing section of the column 4. Here, it is treated with lime milk to neutralize ammonia salt compounds.

Under the action of lime milk and steam, most of the ammonia salts in the mixing section decompose, releasing free ammonia. The ammonia rises into the column 4 with steam.

The spent ammonia water with the remaining unreacted ammonia salts flows to one of the operating nozzles 5. In the nozzle, almost complete removal of ammonia from bound salts occurs.

Wastewater from the bottom of the nozzle 5 flows to settling tanks for lime slag.

Ammonia in wastewater is typically around 0.5-1.0 grams per liter.

If ammonia consumption in wastewater from the nozzle increases, it means that the plates, caps, and overflows are clogged with calcium salts. In this case, another nozzle is put into operation, and the previously operating one is shut down for cleaning.

Spent ammonia water that is withdrawn from the column 4 for dephenolization contains up to 100 milligrams per liter of phenols. The spent ammonia water that returns from the scrubber contains about 5 milligrams per liter of phenols.

Phenols are blown off from spent ammonia water flowing down the packing of the upper part of the scrubber by steam that circulates through the scrubber due to the fan 9.

This work investigates the modernization of an ammonia recovery unit for the processing of spent ammonia water. The proposed modernization includes the development of a new ammonia column and condenser. The new ammonia column is designed to improve the efficiency of ammonia recovery. The new condenser is designed to reduce energy consumption.

## **References**

1. Lazarev V. A. Chemical technology. M.: Chemistry, 2016.
2. Mikhaylovsky V. P. Technology of production of nitrogen fertilizers. M.: Chemistry, 2015.
3. Gurin V. V., Kozhemyakin V. I., Snigurov I. I. Technology of processing spent ammonia water. Journal "Chemical industry", 2017, no. 1, pp. 45-49.

УДК 661.844

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРИДУ БАРІЮ З РОЗРОБКОЮ ВИПАРНОГО ТА МЕМБРАННОГО АПАРАТІВ**

Нестерук О. М., канд. техн. наук, доцент Гулієнко С.В.

**Національний технічний університет України**

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

*Анотація:* у роботі коротко розглянуто виробництво хлориду барію. Наведено технологічну схему процесу та зазначено переваги та недоліки установки. Для покращення якості отриманого продукту запропоновано модернізацію випарного та мембранного апаратів.

*Ключові слова:* ХЛОРИД БАРІЮ, ВИРОБНИЦТВО, ВИПАРНИЙ АПАРАТ, МЕМБРАННИЙ АПАРАТ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

**THE MODERNIZATION OF THE BARIUM CHLORIDE MANUFACTURING PLANT WITH DEVELOPMENT OF EVAPORATOR AND MEMBRANE APPARATUS**

Nesterruk O.M., Ph.D. associate professor Huliienko S.V.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

*Abstract:* In this work the manufacturing of barium chloride was briefly considered. The process flowsheet is represented and the advantages and drawbacks of plant are mentioned. For the improvement of the product quality the modernization of the evaporator and membrane apparatus is ptoposed.

*Keywords:* BARIUM CHLORIDE, MANUFACTURING, EVAPORATOR, MEMBRANE APPARATUS, MODERNIZATION

Хлорид барію - це білий кристалічний порошок або кристали, який легко розчиняється у воді. Це барієва сіль, яка має ряд застосувань у хімічній промисловості та інших галузях. Робота присвячена модернізації установки



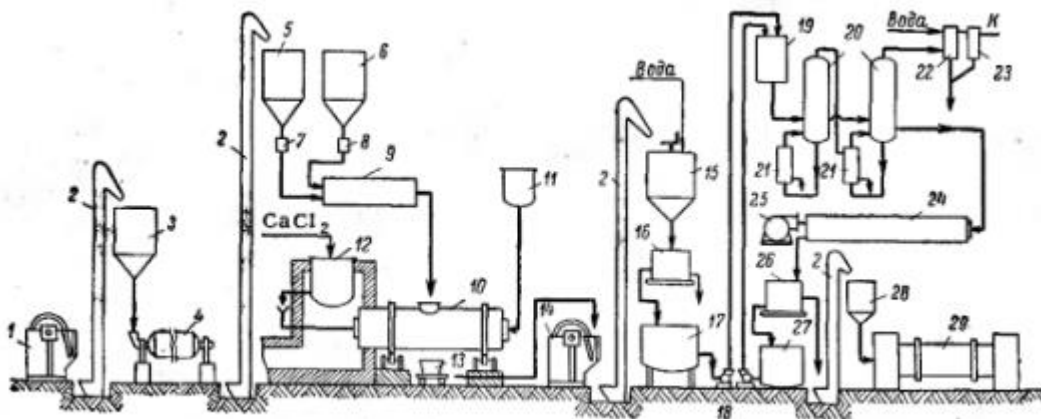
**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
виробництва хлориду барію. Тому вдосконалення даної установки є актуальним завданням [1–4].

Схема технологічного процесу виробництва хлориду барію зображена на рисунку 1 [3].

Існує декілька методів виготовлення хлориду барію, але найпоширенішими в промисловості є ті, що використовують солянокислоту та хлоркальцій. Інші методи, такі як хлорнатрієвий, хлорамонієвий, хлормагнієвий, хлорний, і так далі, можуть застосовуватися або бути ефективними в певних умовах, але не користуються широким поширенням в промисловості [2, 4].

Взаємодія між  $\text{BaSO}_4$  та  $\text{CaCl}_2$ , що відбувається за участю вугілля в рамках хлоркальцієвого методу отримання  $\text{BaCl}_2$ , відомого як метод Дюфло, представляє собою складний процес. Цей процес включає прокалювання реакційної суміші в барабанних печах, які працюють періодично та мають короткі обертові цикли. Мазут служить паливом та подається в піч за допомогою форсункового механізму [4].

Під час завантаження бариту (розміром 0,5-5 мм) та вугілля в піч, люк відчиняється. Кількість вугілля становить 13-15% від ваги бариту. Після цього люк закривається, і розчин хлориду кальцію (з концентрацією 800-900 г/л  $\text{CaCl}_2$ ) подається в піч через резервуар, який нагрівається від газів, що виходять з печі. Важливо уникати кристалізації розчину хлористого кальцію, нагріваючи резервуар. Кількість завантаженого хлориду кальцію становить 48-49% від ваги бариту. Розчин хлористого кальцію отримують випаровуванням рідини содового виробництва (зміст 100 г/л  $\text{CaCl}_2$ ) в вакуум-випарних апаратах [4].



1 – щокова дробарка для бариту; 2 – елеватор; 3 – бункер для подрібненого бариту; 4 – трубчатий млин для бариту; 5 – бункер для меленого бариту; 6- бункер для коксу; 7 – автоматичні ваги для бариту; 8 – автоматичні ваги для коксу; 9 – змішувач; 10 – обертова піч (тамбур); 11 – резервуар для газів; 12 – котел для розчину хлористого кальцію; 13 – вагонетка с тигелем; 14 – щокова дробарка для сплаву; 15 – вилуговувач сплаву; 16 – центрифуга для відділення шламу; 17 – резервуар-відстійник для розчину хлористого барію; 18 – відцентрові насоси; 19 – резервуар для розчину хлоридного барію, який надходить на випарку; 20 – вакуум-випарна батарея; 21 – грійоча камера; 22 – барометричний конденсатор; 23 – краплеуловлювач; 24 – кристалізатор хлоридного барію; 25 – вентилятор для подачі охолодженого повітря в кристалізатор; 26 – центрифуга для відділення кристалів хлоридного барію; 27 – збірник лугу; 28 – бункер для хлориду барію; 29 – сушарка.

Рисунок 1 - Схема технологічного процесу виробництва хлориду барію

Протягом 1,5-2 годин завантаження завершується, і настав час переходити до наступного етапу. Температуру піднімають до 1000-1100 °С, що призводить до усадки маси та надає їй однорідність. Температура газів,

виходячи з системи, коливається від 200 до 800 °С, з середньою значенням 300-400 °С. Кожна операція плавлення зазвичай займає 4-5 годин, але цей час може змінюватися в залежності від різних факторів, таких як кількість матеріалу, який завантажується, якість вихідних сировин та ступінь помолу цього сировини [4].

Після завершення процесу плавлення обертання печі зупиняють, відчиняють люк і розплавлену масу переливають в чавунний резервуар або пересувні тиглі, де вона застигає протягом 1,5-3 годин. Зібраний плав має склад, що включає 55-60% маси  $\text{BaCl}_2$ , 4-12% маси  $\text{CaCl}_2$ , приблизно 7% маси  $\text{CaS}$ , приблизно 3% маси  $\text{BaSO}_4$ , близько 0,5% маси  $\text{BaS}$  та 20-25% маси інших домішок, таких як непрореагований кокс,  $\text{BaCO}_3$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{SiO}_2$  та інші [4].

Вихід хлориду барію в плаву становить приблизно 90% від теоретичного, враховуючи завантажений барит. Після застигання плав розбивають на шматки, дроблять на фракції менше 3 см і направляють на вилуговування [4].

Вилуговування розплавленої маси проводять гарячою водою (60-80 °С). Після вилуговування розчин відокремлюють від осаду на центрифугах. Осад промивають водою і викидають у відвал. Розчин, який містить 300-350 г/л  $\text{BaCl}_2$ , відстоюється від каламуту і направляється на випаровування та кристалізацію хлористого барію [4].

Недоліком методу хлоркальцію є велика витратність енергії, але цю проблему можна вирішити, встановивши систему зворотного осмосу перед випарним апаратом. Це дозволяє скоротити використання пари в випарному апараті, оскільки зворотний осмос вимагає менше енергії.

Мета роботи - модернізації установки виробництва хлориду барію з розробкою випарного та мембранного апаратів.

По конструкції важливу роль відіграє випарний апарат, який використовується для концентрації водних розчинів.

**Перелік посилань:**

- [https://uk.wikipedia.org/wiki/Хлорид\\_барію](https://uk.wikipedia.org/wiki/Хлорид_барію)
- <https://www.systopt.com.ua/article-gde-prymenyayut-hloryd-baryya>
- Спеціальне обладнання та процеси органічної хімії: Підручник / Шапоров В.П., Пляцук Л.Д., Моїсеєв В.Ф., Пітак І.В., Манойло Є.В., Васильєв М.І., Кузнєцов П.В./– Харків, 2013.– 272 с.
- Технологія мінеральних солей(добрив, пестицидів, примислових солей, окислів і кислот), ч. 1 , вид. 4-те, випр.Л., вида-во «Хімія» 1973.

## EFFECT OF ALKALINE CONCENTRATION DURING DELIGNIFICATION OF PLANT RAW FEEDSTOCK USING ALTERING PULSES OF PRESSURE

Oleksandr Obodovych, Dr. Sci. (Engin.), Prof., Vitalii Sydorenko, PhD (Engin.)

**Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine**

**Abstract:** As a result of the work, the effect of alkali concentration on the yield of lignin during the processing of plant feedstock alternating pressure pulses is determined.

**Анотація:** В результаті роботи визначено вплив концентрації лугу на вихід лігніну при обробці рослинної сировини знакозмінними імпульсами тиску.

**Keywords:** pretreatment, delignification, alkali, altering pulses of pressure

**Ключові слова:** попередня підготовка, делігніфікація, луг, знакозмінні імпульси тиску

The production of second generation bioethanol is a complex process and consist several steps including biomass pretreatment, saccharification of celluloses followed by microbial fermentation and product recovery [1]. The main disadvantage of this production is the high cost of bioethanol, which is primarily related to the peculiarities of the technology of cellulose processing into fermentable sugars.

The main purpose of pretreatment of lignocellulosic raw materials for hydrolysis in the second-generation bioethanol production technology is to disrupt the heterogeneous matrix, increase surface area and porosity of the cellulosic material, and unlock carbohydrates from their lignin association, thereby enhancing enzymatic digestibility [2].

**The aim of the work** was to compare the effect of altering pulses of pressure and autoclaving on the extraction of lignin during the pretreatment of wheat straw for enzymatic hydrolysis in the second-generation ethanol technology.

### **Materials and methods**

Wheat straw was used as raw material in the work. The raw materials were firstly crushed on a chopper, and then on a pin mill. The alkali suspension of wheat straw was processed separately in an autoclave and in a rotor-pulsation apparatus.

Determination of acid-insoluble and acid-soluble lignin took place in accordance with the standard "Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass" of the "National Renewable Energy Laboratory of the U.S. Department of Energy" after extraction of water- and alcohol-soluble substances in biomass..

### **Results**

In most published works on the pretreatment of lignocellulosic biomass for hydrolysis, the main factors influencing the extraction of lignin are the temperature of the process, its duration, and alkali concentration.

In particular, the effect of these three parameters on the delignification of corn stover was determined in [3].

The results of the statistical analysis given in the work indicate that the concentration of sodium hydroxide had the most significant effect, which indicates the highest sensitivity of the lignin content to the concentration of alkali.

As a result of the presented work, the dependence of the lignin content in the samples after pretreatment on the alkali concentration in the range from 0.5 to 4% by mass was obtained. Other conditions remained unchanged namely; the process temperature was 90 and 121 °C for autoclaving and 90 °C for processing. The process duration was 60 minutes.

It was determined that an increase in the alkali concentration in a certain range leads to an increase in the yield of lignin, which is consistent with the works of other authors. The effect is based on the fact that the alkali splits hydrolyzable bonds in lignin and glycosidic bonds of polysaccharides, which causes a decrease in the degree of polymerization and crystallinity, swelling of fibers, as well as a violation of the lignin structure [4].

In addition, alkaline saponification of acetyl and uronic ether bonds also improves the enzymatic availability of polysaccharides [5]. It was determined that increasing the alkali concentration from 0.5 to 4% by mass reduces the lignin content in the sample to 24.5% of the initial content for autoclaving at 90°C, at 121°C the amount of lignin content decreases to 17.5%. Processing by altering pulses of pressure at a temperature of 90 °C reduces the lignin content to 18.5%.

### **Conclusion**

It was determined that the addition of a complex of physical processing effects, namely, pressure pulses with changing signs, high turbulence, high shear stresses in the intercylinder gap, and local temperature jumps accelerates the release of lignin compared to autoclaving for the entire defined range of alkali concentrations.

### **Перелік посилань:**

1. Hemansi et al. Second Generation Bioethanol Production: The State of Art. In: Srivastava, N., Srivastava, M., Mishra, P., Upadhyay, S., Ramteke, P., Gupta, V. (Eds) Sustainable Approaches for Biofuels Production Technologies. Biofuel and Biorefinery Technologies, vol 7. Springer, Cham., 2019. pp. 121–146. doi:10.1007/978-3-319-94797-6\_8
2. Toquero Cristina, Bolado, Silvia Effect of four pretreatments on enzymatic hydrolysis and ethanol fermentation of wheat straw. Influence of inhibitors and washing. *Bioresource technology*. 2014. vol.157. pp. 68–76. doi: 10.1016/j.biortech.2014.01.090

3. Chen Y., Stevens M.A., Zhu Y. et al. Understanding of alkaline pretreatment parameters for corn stover enzymatic saccharification. *Biotechnology for Biofuels and Bioproducts*. 2013. vol. 6. pp. 1–10. doi: 10.1186/1754-6834-6-8
4. Hsu T.A. *Pretreatment of Biomass*. In Handbook on bioethanol, production and utilization: Pretreatment of biomass. Edited by Wyman C.E. Washington DC. Taylor and Francis, 1996. pp. 179–212.
5. Zhang YH, Lynd LR. Toward an aggregated understanding of enzymatic hydrolysis of cellulose: noncomplexed cellulase systems. *Biotechnology and Bioengineering*. 2004. vol. 88. pp. 797–824. doi:10.1002/bit.20282.



УДК 666.9.04:66.011

## **ВИКОРИСТАННЯ КАЛЬЦІЄВИХ СОРБЕНТІВ ПРИ ОЧИЩЕННІ АГЛОМЕРАЦІЙНИХ ГАЗІВ.**

Жайворонок В.А., Собченко В.В., Собченко Г.О.

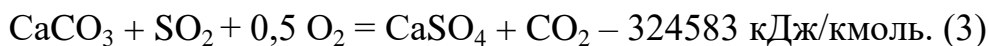
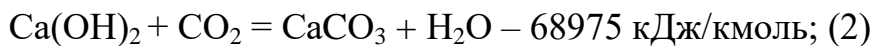
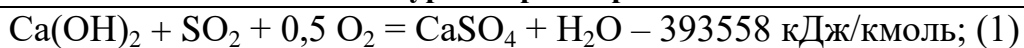
*Інститут газу НАН України, м. Київ, Україна*

Основними споживачами кам'яного вугілля країни є енергетичний комплекс та металургія. Частка використання вугілля в тепловій енергетиці сягає 97 % [1], що призводить до значних викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище. Серед металургійних комбінатів та гірничо-збагачувальних підприємств основним джерелом шкідливих викидів у навколишнє середовище є агломераційне виробництво: діоксиду сірки — 0,7–0,9 на 1 т агломерату [2]. Тому велике значення має проблема зменшення шкідливих газових викидів з відхідними газами агломераційного виробництва.

Агломерація — це високотемпературний термічний процес згрудкування дрібнозернистих залізнорудних матеріалів, з поєднанням різних палив: твердого, газового й рідкого як джерела зовнішнього нагрівання. У результаті неповного згоряння вуглецю твердого палива в шарі шихти утворюється 0,2–3 г/м<sup>3</sup> оксидів сірки [3], з яких найбільшу загрозу довкіллю становить сірчаний ангідрид SO<sub>2</sub>.

Промислові технології очищення відхідних газів від діоксиду сірки є сухі на напівсухі [4–6]. У якості сорбентів зазвичай застосовують речовини, що мають пористу структуру та велику питому поверхню. Одним із найпоширеніших сорбентів є карбонат кальцію CaCO<sub>3</sub>, гідроксид кальцію Ca(OH)<sub>2</sub>, оксид кальцію CaO.

При використанні Ca(OH)<sub>2</sub> в адсорбері протікають три основні реакції:



У випадку використання CaO



На основі термодинамічних розрахунків можна зробити якісні попередні розрахунки оцінки роботи адсорбера, що дають можливість внести принципове корегування при проведенні технологічного процесу з можливими подальшими уточненнями у міру отримання даних щодо кінетики наведених вище реакцій.

Теоретично необхідні витрати адсорбентів для поглинання SO<sub>2</sub> згідно стехіометричних співвідношень (реакції 1, 4) становлять, відповідно, 1,156 кг Ca(OH)<sub>2</sub> та 0,875 кг CaO на 1 кг SO<sub>2</sub>, тобто на весь об'єм агломераційних газів необхідно 597,5 кг Ca(OH)<sub>2</sub>/год та 452 кг CaO/год. На даному етапі, не можемо провести числові розрахунки зв'язування SO<sub>2</sub> відповідними адсорбентами, але розрахувавши енергії Гіббса та побудувавши діаграми Еллінгема [7] для вищевказаних реакцій, можна визначити ймовірність і відносну перевагу протікання тої чи іншої реакції (рис.1).

Із діаграм Еллінгема видно, що реакція (1) може протікати інтенсивніше, ніж реакція (3), але враховуючи, що концентрація діоксиду вуглецю на два порядки вища, ніж діоксиду сірки, природно, що значна частина Ca(OH)<sub>2</sub> прореагує із CO<sub>2</sub> з утворенням CaCO<sub>3</sub> (реакція (3)). Звідси впливає, що технологічний режим по вловлюванню діоксиду сірки має бути розрахований з врахуванням реакції (4).

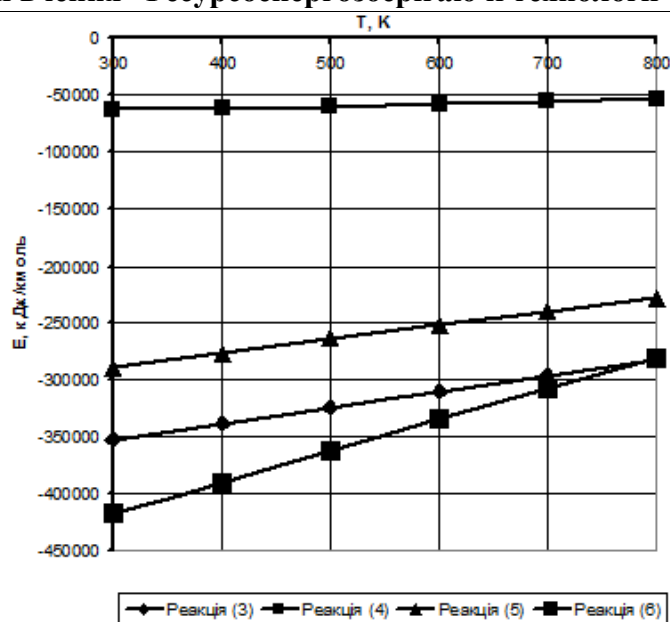


Рис. 1. Діаграми Еллінгема для реакцій (1)–(4).

Відповідно до результатів розрахунку енергії Гіббса та попередніх досліджень [8], найбільш перспективним виглядає використання CaO для ефективного зв'язування діоксиду сірки. Одночасно треба зважати на те, що процес отримання CaO є досить енерговитратним, і тому доцільним буде використати певні заходи щодо економного використання цього ресурсу. [9]

## References

1. Volchyn I.A., Dunaievskaya N.I., Naponych L.S. Perspektivy vprovadzhennia chystykh vuhilnykh tekhnolohii v enerhetyku Ukrainy. Kyiv : HNOZIS, 2013. 308 p.
2. Shurkhal V.A., Elyseev A.Y., Vylkul Yu.H. Ahlomeratsyonnyi protsess: raschety. Kyiv : Naukova dumka, 1999. 259 p.
3. Cherneha D.F., Bohushevskiy V.S., Hotvianskiy Yu.Ya. Osnovy metalurhinoho vyrobnytstva metaliv i splaviv. Kyiv : Vyscha shkola, 2006. 503 p.
4. Integrated pollution prevention and control. Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. European Commission.

5. Cordoba P. Status of flue gas desulphurization (FGD) systems from coal-fired power plants: Overview of the physic-chemical control processes of wet limestone FGDs. *Fuel*. 2015. No. 144. pp. 274–286.

6. Schnelle, Karl B. Air pollution control technology handbook. Boca Raton, Florida: CRC Press LLC, 2001. 543 p.

7. Remsdén E.N. Nachala sovremennoi khymyy. Leningrad : Khymiya, 1989. 784 p.

8. Kolesnyk V.V., Orlyk V.M., Zhaivoronok V.A. Termodynamichna otsinka vykorystannia karbonatnykh sorbentiv v sukhykh metodakh desulfuryzatsii dymovykh haziv. *Enerhotekhnolohyy i resursoberezhennya*. 2018. No. 4. pp. 29–34.

9. Kolesnyk V.V. Ochyshchennia ahlomeratsiinykh haziv vid dioksydu sirky / V.V. Kolesnyk, V.M. Orlyk, V.A. Zhaivoronok, V.V. Sobchenko, H.O. Sobchenko // *Enerhotekhnolohii ta resursozberezhennia*. – 2022. – № 1. – S. 51 – 61.

DOI: <https://doi.org/10.33070/etars.1.2022.05>

## PROBLEMS OF THE FEED PRODUCTION INDUSTRY IN THE CONDITIONS OF WAR AND WAYS TO OVERCOME THEM

c.t.s., leading researche Tselen B . Ya., c.t.s., senior researcher Nedbailo A. Ye.,  
c.t.s., senior researcher N. L. Radchenko

**Institute of engineering thermophysics of the national academy of science of  
Ukraine**

**АНОТАЦІЯ:** Авторами проаналізовано ситуацію, що склалась у сфері виробництва кормів в умовах війни та можливі шляхи її вирішення. Розглянуто перспективність впровадження міні ліній на основі екструзійного обладнання для виробництва пастоподібних кормових сумішей та запропоновано шлях підвищення ефективності його роботи за рахунок використання теплоти екструзії для знезараження компонентів при їх змішуванні. Застосування даного способу дозволить збільшити термін придатності пастоподібних сумішей до 90 діб, знизити енерговитрати до 20% порівняно з традиційними аналогами зберігаючи, при цьому, можливість виробництва розсипних кормів.

**ABSTRACT:** The work analyzes the situation that developed in the field of fodder production during the war and possible ways to solve it. The authors considered the prospects of introducing mini lines based on extrusion equipment for the production of paste-like feed mixtures and proposed a way to increase the efficiency of its work by using the heat of extrusion to disinfect the components during their mixing. The use of the proposed method will increase the shelf life of such mixtures up to 90 days and reduce energy consumption by up to 20% compared to traditional analogues by eliminating the stage of pasteurization of the final product.

**Ключові слова:** екструдер, екструдат, кормові суміші

**Key words:** extruder, extrudate, feed mixtures

One of the consequences of the Russian invasion of Ukraine is the destruction of the agricultural sector. In particular, the feed production sector suffered significant losses and damages. This due to a reduction in sown areas, disruption of logistics routes for the sale of finished products, a shortage of energy resources and, at the same time, a shortage of human resources. Due to the current complexity of the situation, the domestic sphere of feed production needs to reorient farms to meet domestic needs and create its own closed production cycle, starting from the use of own raw materials and ending with the finished product. One of the possible solutions may be the introduction of small lines for the production of feed (mini lines), which will fully meet the own feed needs of small and medium-sized farms and relieve them of dependence on imports. These needs are fully met by extrusion technologies. Their use in small and medium-sized farms will allow you to quickly organize the process of fodder production due to the ease of operation of the equipment, since one extruder allows you to combine the processes of grinding, mixing and heat treatment of grain components at the same time. In addition, the equipment takes up small production areas, does not require highly qualified employees and allows you to receive an almost finished product at the exit. Based on all the advantages of extrusion equipment, the staff of the institute is working to improve the efficiency of extruders in the production of multicomponent paste-like feed mixtures.

Based on the results of the studies already carried out, the authors proposed one of the ways to increase the efficiency of work by using the heat released with the extrudate at the exit from the extruder for mixing with other liquid components and thereby inhibition of the development of harmful microflora in a paste-like product.

The use of the proposed method will increase the shelf life of such pasty mixtures up to 90 days and reduce energy consumption by up to 20% compared to traditional analogues by eliminating the pasteurization stage of the final product. In addition, continue to receive loose feed on this equipment.

**УДК 66.061:621.693.3**

**THE RESEARCHES OF THE INFLUENCE OF MECHANISMS OF  
THE METHOD OF DPEI ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES  
OF AQUEOUS EXTRACTANT FOR COMBINED EXTRACTION  
PROCESSES**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher Georgiy Ivanitsky,

Ph.D., senior researcher Liubov Hozhenko,

Ph.D., Senior Research Officer, Leading Researcher Bogdan Tselen,

Ph.D., Senior Research Officer, senior researcher Natalia Radchenko

**Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine**

***Abstract.** The paper presents a study of the intensification of the process of extraction of biologically active substances (BAS) from plant material. The use of the combined extraction method under the influence of the method of discrete-pulse energy input (DPEI) on the physical and chemical properties of the extractant depending on the type of raw material is substantiated. It is established that the selected and modeled design of the combined hydrodynamic equipment provides for the enhancement of cavitation effects in a pulsation-type cavitation reactor.*

***Key words:** extraction, the method of DPEI, cavitation, pulsation-type cavitation reactor.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МЕХАНІЗМІВ ДІВЕ НА  
ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДНОГО ЕКСТРАГЕНТУ ДЛЯ  
КОМБІНОВАНОГО ЕКСТРАГУВАННЯ**

пр.н.с. д.т.н. Іваницький Г. К., с.н.с., к.т.н. Гоженко Л. П.,

пр.н.с., к.т.н. Целень Б. Я., с.н.с., к.т.н. Радченко Н. Л.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

***Анотація.** Представлено дослідження інтенсифікації процесу екстракції біологічно активних речовин (БАР) з рослинної сировини. Обґрунтовано використання комбінованого способу екстракції при впливі методу дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) на фізико-хімічні властивості екстрагенту залежно від виду сировини. Встановлено, що вибрана і змодельована конструкція комбінованого гідродинамічного обладнання забезпечує посилення кавітаційних ефектів у кавітаційному реакторі пульсаційного типу.*

***Ключові слова:** екстракція, метод ДІВЕ, кавітація, кавітаційний реактор пульсаційного типу.*

The main objectives of the extraction process are resource and energy saving during the extraction of bioactive substances to obtain high-quality products for the pharmaceutical, food, and chemical industries.

The solution to the problems of studying the extraction process is achieved by increasing the energy efficiency of equipment and increasing the yield of target components. In Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, based on practical implementations of the application of the DIE method for the extraction process, research and development of equipment is carried out depending on the properties of raw materials and targeted bioactive substances. Particular attention is paid to the study of the influence of the DIE mechanisms on the physical and chemical properties of the extractant.

The obtained results of studies of the physical and chemical properties of the extractant during batch extraction showed the kinetics of the process of extracting target components from plant material depending on the form of grinding. Numerical calculations were performed for further studies of continuous extraction, which allowed us to select and model the combined hydrodynamic equipment. The design of the selected equipment provides for the extraction process with enhanced effects of cavitation mechanisms compared to the pulsation



type apparatus at the same defined technological parameters. Due to the defined geometry of the Venturi effect and the working chamber, powerful dynamic effects are generated that increase the cavitation effect on the processed medium. The fluid flow in the combined hydrodynamic equipment more intensively reaches periodically varying speeds, which leads to periodic pressure changes and the emergence of more powerful cavitation effects, which in turn intensifies the convective transfer of targeted biologically active substances to the micro and nanoscale.

On the basis of mathematical modeling of hydrodynamic processes in a cavitation reactor, the technological parameters and modes of extraction of targeted bioactive substances were optimized. The parameters of cavitation cluster initiation were determined, and the effect of pressure pulses on the physicochemical properties of the extract in the combined hydrodynamic equipment was experimentally studied.

It has been established that the increase in the intensity of heat and mass transfer in the developed combined hydrodynamic equipment is due to the occurrence of an unsteady hydrodynamic state at sharp changes in volume. Due to this, high-frequency oscillations occur in the system, which differ from those caused by changes in the volume of the fluid. Moreover, these oscillations are not absorbed by a continuous medium, but dissipate on the interfacial surface, causing a long-term increase in heat and mass transfer.

The expediency of using combined hydrodynamic equipment with the use of the DIE method to obtain thermolabile targeted bioactive substances is substantiated. As a result of the experimental studies, it was found that the duration of the extraction process decreases and the yield of high-quality surfactants increases without additional heating costs.

УДК 66.047

### **NITRIC ACID PLANT**

Student Lykhozhon P. M., docent, Ph.D. Haidai S.S.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

*ANNOTATION: The technological scheme of nitrogen and oxygen production from air is considered and described.*

**KEY WORDS:** OXYGEN, NITROGEN, PURIFICATION, SEPARATION, AIR.

### **АЗОТНО-КИСНЕВА УСТАНОВКА**

Студент Лихожон П. М., доцент, к.т.н. Гайдай С. С.

**Національний технічний університет України**

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

*АНОТАЦІЯ: Розглянуто та описано технологічну схему отримання азоту та кисню з повітря.*

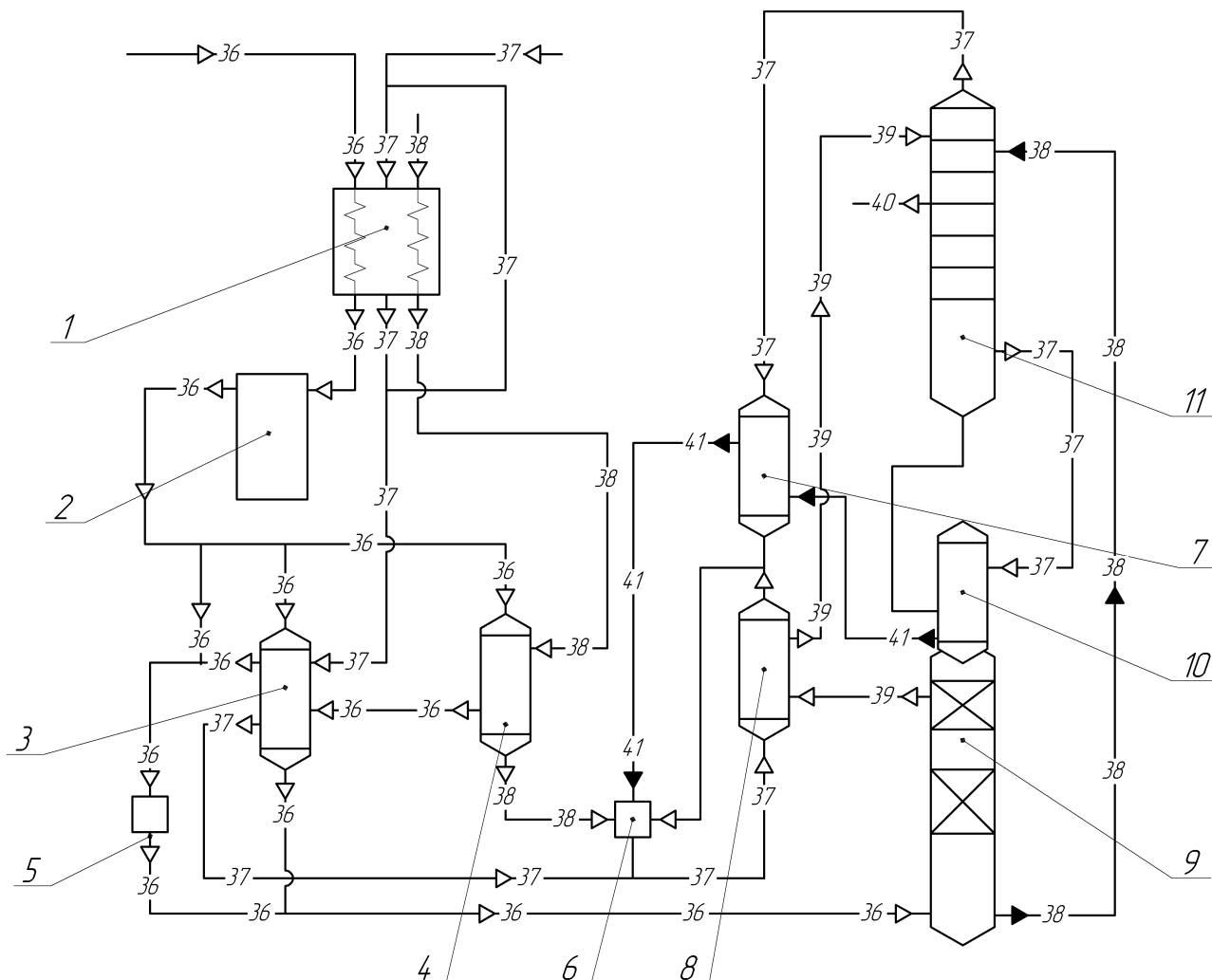
**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КИСЕНЬ, АЗОТ, ОЧИЩЕННЯ, РОЗДІЛЕННЯ, ПОВІТРЯ.

Air separation plants are designed to produce gaseous and liquid oxygen and nitrogen, as well as inert gases from atmospheric air by deep cooling in a high-pressure cycle with or without a detander according to a double or single rectification scheme (depending on the type of plant).

Complex air separation with inert gas extraction leads to a significant reduction in energy costs for oxygen and nitrogen production, and, accordingly, to

a reduction in their production costs. The annual increase in the production of air separation products is 20-40% and exceeds the growth of other industrial gases.

The technological scheme of the nitrogen-oxygen plant is shown in Figure 1.



1 – liquefier; 2 – a unit for cleaning carbon dioxide, moisture and hydrocarbons;

3 – nitrogen heat exchanger; 4 – oxygen-fractional heat exchanger;

5 – piston detander; 6 – liquid oxygen pump; 7 – subcooler;

8 – N2C shirt; 9 – lower column; 10 – evaporator condenser;

11 – upper column

Рисунок 1 – Flow chart of the nitrogen-oxygen plant

After dust removal, the air is compressed in a compressor and enters the liquefier 1, where it is cooled with nitrogen and oxygen to a temperature of 281 K. The cooled air is sent to a moisture separator, where droplet moisture is removed.

After the moisture separator, the air enters the purification unit 2, where it is cleaned of carbon dioxide, moisture and hydrocarbons.

Purified and dried air at a temperature of 283 K enters the heat exchangers of the separation unit. The unit has two heat exchangers: nitrogen 3 and oxygen-fractional 4. The majority of the air is cooled in the nitrogen heat exchanger by the production nitrogen. A part of the air from the middle of this heat exchanger is sent to the piston detander 5, where it is expanded to 0.6 MPa.

To stabilize the air temperature at the inlet to the purification unit, an air bypass line is introduced past the top of the nitrogen heat exchanger into the air flow to the detander 5.

The plant can use a low air intake temperature for the detander 5 because the expansion is performed in a cylinder that is not lubricated with oil.

The air cooled in the oxygen-fractional heat exchanger 4 by oxygen and fraction is combined with the air stream passing through the lower part of the nitrogen heat exchanger 3, the entire throttling stream is cooled to a lower temperature and throttled into the cube of the lower column 9.

The separation apparatus is conventional, double rectification. In the lower column 9, the air is preliminarily separated into an oxygen-enriched liquid and a high-purity nitrogen phlegm.

In the upper column 11, the air is finally separated.

The nitrogen phlegm is supercooled by the exhaust nitrogen gas when it is fed to the upper column. The argon fraction is removed from the middle of the upper column while simultaneously obtaining oxygen and high-purity nitrogen.

In this mode of operation, liquid oxygen from the condenser-evaporator 10 enters the liquid oxygen pump 6 through the subcooler 7, where it is compressed to 10-16 MPa and enters the filling ramp through the heat exchanger.

To stabilize the separation apparatus mode, a "upstream" pressure regulator is installed at the outlet of the heat exchanger, which maintains the pressure after the pump at least 10 MPa. This makes the liquid oxygen extraction from the upper column almost constant.

Gaseous nitrogen from the upper column 11 enters the nitrogen heat exchanger 3 through the liquid oxygen supercooler and nitrogen phlegm 7.

Part of the nitrogen after the liquid oxygen supercooler passes through the LOX jacket and then joins the main nitrogen stream before the heat exchanger.

From the heat exchanger, nitrogen is sent to the liquefier and then to the gas holder.

The argon fraction from the upper column is sent to the oxygen-fraction heat exchanger and then used to regenerate the adsorbers of the purification unit.

#### **REFERENCES:**

1. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. Examples from the course of processes and apparatus of chemical technology. Textbook. - L.: Khimiya. - 1987. - 576 p.
2. Processes and apparatus for chemical technology. Study guide. Part 2. Mass transfer processes and devices: Khimiya. - 1995. - 368 p.

**УДК 66.047**

**ANALYSIS OF THE NITRIC ACID CONCENTRATION SETUP WITH  
THE DESIGN OF A BOILER AND VACUUM EVAPORATOR**

Student Gurin E.S., associate professor, Ph.D. Novokhat O.A.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**АНАЛІЗ УСТАНОВКИ КОНЦЕНТРУВАННЯ АЗОТНОЇ КИСЛОТИ  
З РОЗРОБКОЮ КИП'ЯТИЛЬНИКА ТА ВАКУУМ-ВИПАРНИКА**

студента Гурин Є.С., доц., к.т.н. Новохат О. А.

**Національний технічний університет України**

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

**Анотація:**

Наведено опис технологічної концентрування азотної кислоти. Вказано напрями модернізації установки.

**Ключові слова:** АЗОТНА КИСЛОТА, НІТРАТ МАГНІЮ, КОНЦЕНТРУВАННЯ, КИП'ЯТИЛЬНИК, ВАКУУМ-ВИПАРНИК.

**Анотація:** A description of the technological concentration of nitric acid is given. The directions for modernization of the installation are indicated.

**Ключові слова:** NITRIC ACID, MAGNESIUM NITRATE, BOILER, CONCENTRATION, VACUUM EVAPORATOR.

**The purpose** of this work is to improve the technological process of nitric acid production. The main task is to optimize and improve the efficiency of the concentration plant. To achieve this goal, the work includes the development of a new or improvement of the existing boiler and vacuum evaporator.

A reboiler is used to separate nitric acid from other solution components during the concentration process. Its development should be aimed at increasing the efficiency of this stage, ensuring more effective removal of dissolved substances.

The vacuum evaporator is responsible for the evaporation of the solution, and the development of this element should be aimed at reducing energy consumption and optimizing the evaporation process.

The main emphasis of the work is to ensure the high quality of produced nitric acid, as well as to increase the level of production safety. The introduction of new technologies and innovations should contribute to these goals, helping to increase the competitiveness of nitric acid production on the market. The work includes engineering research, development and technical optimization to significantly improve production processes in the field of chemical technology.

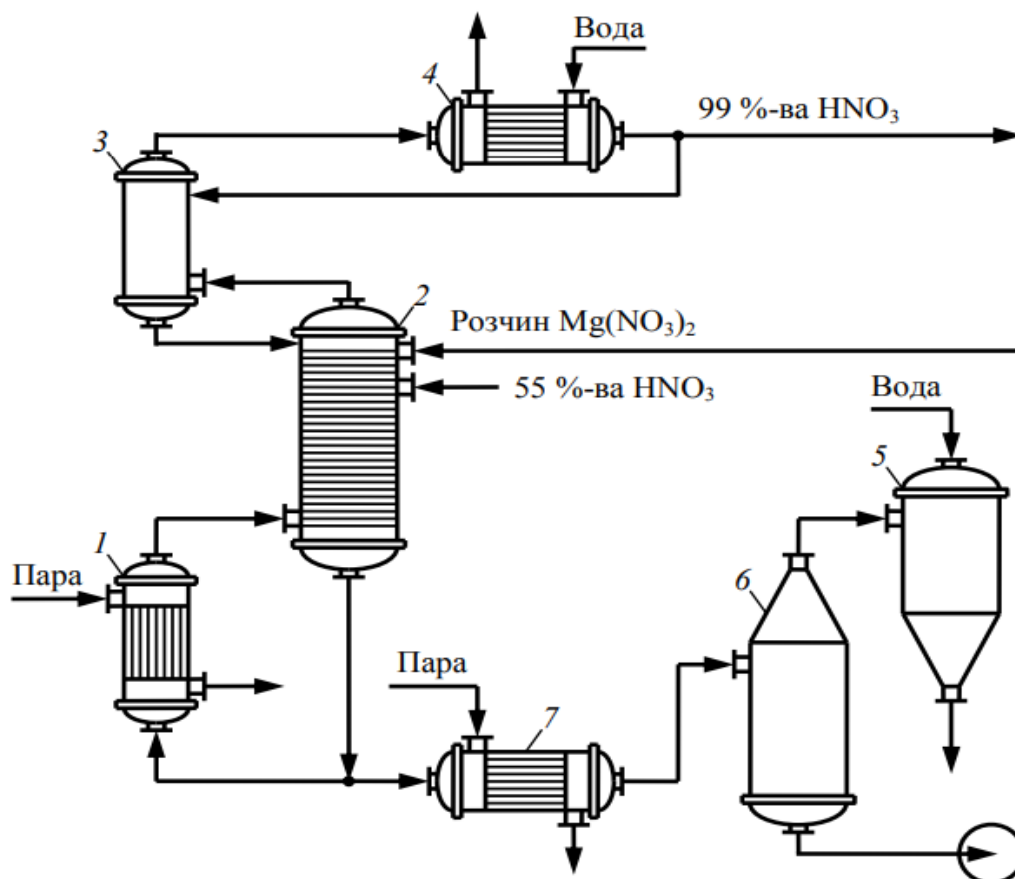
The concentration of nitric acid is an important stage in its production and ensures the efficient and economically beneficial use of this chemical product in various fields of industry and science.

### **Concentration of dilute nitric acid using magnesium nitrate**

The nitric acid concentration installation consists of evaporating and distillation columns, a concentrated nitric acid condenser, and a magnesium nitrate solution concentrator (Fig. 1).

Diluted nitric acid enters the evaporation column 2 of the plate type. A 72% solution of magnesium nitrate, heated to 373 K in a boiler 8, is fed here - one plate above the introduction of nitric acid. In the lower part of the evaporation column with the help of boiler 1, the temperature of the solution is maintained in the range of 430–450 K. The vapors leaving the evaporation column contain about 87%  $\text{HNO}_3$  and 13% water and enter the distillation column 3. Magnesium nitrate solution containing about 55%  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ , through the boiler 7 enters the vacuum evaporator 6 for concentration to a content of 72%  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ . The water vapor released from the solution in the vacuum evaporator 6 enters the barometric

condenser 5. In the distillation column 3, the 87%  $\text{HNO}_3$  solution is concentrated to 99%  $\text{HNO}_3$ . Its vapors at a temperature of 360 K enter the condenser 4, so part of the condensate in the phlegm is returned to the distillation column 3, and the rest of the concentrated acid is transferred to the warehouse. The 75%  $\text{HNO}_3$  solution formed in the distillation column flows to the evaporation column 2.



1, 7 – boilers; 2 – evaporation column; 3 – distillation column; 4 – condenser; 5 – barometric condenser; 6 – vacuum evaporator

Figure 1 – Technological scheme of the installation for the concentration of nitric acid using magnesium nitrate

As a result of the analysis of the technological scheme, it is proposed to modernize the nitric acid concentration unit by improving the vacuum evaporator and boiler.

In the case of the vacuum evaporator, the emphasis is on development and improvement aimed at optimizing the evaporation process of the nitric acid



**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
solution. This may include the introduction of new materials and technologies to reduce energy consumption and increase productivity.

In the case of the reboiler, the improvement is aimed at improving the separation of nitric acid from other components during concentration. This may include the development of new designs and optimization of operating parameters to ensure effective solute removal.

The general purpose of these technical modernizations is to improve production productivity, reduce raw material and energy costs, and improve the quality of produced nitric acid. As a result of successful modernization, it is expected to increase the competitiveness of production on the market of chemical products.

## **References**

3. Lukiniuk M.V. "Automation of typical technological processes" 2008, Kyiv NTUU "KPI" - 81 p.
4. Lukiniuk M.V. "Technological measurements and devices. Technological measurements and devices: Education. manual for course designing." -K., 2002. -257 p.

**АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ РОЗРАХУНКУ ТРАНСПОРТНИХ  
КОНСТРУКЦІЙ ЗА УМОВ НАДЗВИЧАЙНИХ СІТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИМ СТАНДАРТОМ ТА ЄВРОКОДОМ**

к.т.н., доцент Рубльов А.В

Національний транспортний університет

Сьогодні для України стала нагальною проблема адаптації чинних норм проектування до норм проектування Європейської спільноти. При проектуванні, будівництві та експлуатації мостів і доріг вже давно виникла потреба у проведенні порівняльних аналізів проектів нових транспортних споруд, щодо забезпечення розрахункових параметрів споруди відповідності вимог Європейських норм. Процес навантаження прогонових будов рухомим навантаженням за нормами Євросоюзу та чинними нормами ДБН має як схожість так і суттєві розбіжності. Оцінювання напружено деформованого стану конструкції від моделей рухомих навантажень автодорожніх мостів України та країн Західної Європи є однією з важливіших завдань для спільної роботи в галузі мостобудування.

Європейські норми Єврокродів були частково адаптовані та видозмінені під українські реалії після 2014 року. Зокрема усі Єврокоди в Україні реалізовані як національні стандарти, але з урахуванням національних пропозицій. Процес розвитку методів розрахунку за нелінійною деформаційною моделлю поведінки бетону в мостових конструкціях, є особливо актуальним у галузі транспортного будівництва. З метою використання математичного апарату, на підставі діючих в Україні ДБНів та Єврокродів розглянуто методики з розрахунку залежності «напруження-деформації» у мостових спорудах. Використання алгоритму за екстремальним критерієм, що пов'язано з більшою кількістю проміжних

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
інтерполяційних розрахунків, що також не зовсім зручно у польових умовах, хоча є найбільш точним рішенням у порівнянні з базовим. Використання алгоритму за деформаційно-силовою моделлю характеризується громіздкістю розрахунків, дає не зовсім інтерпретабельні проміжні параметри розрахунку. Деформаційний метод розрахунку базується на використанні реальних діаграм деформування бетону і арматури, передбачає різноманітність формування алгоритмів безпосередньої його реалізації. Використання моделей підвищеної коректності для опису поведінки матеріалів і конструкцій під навантаженням відкриває широкі можливості для аналізу особливостей деформування і вибору раціональних параметрів елементів і систем, які розглядалися і використовуються у Єврокодах.

Проведено порівняльні розрахунки з визначення напруженодеформованого стану прогонових будови від дії рухомих навантажень за чинними нормативними документами України та відповідними нормами Європейської спільноти дають можливість у вирішенні складних задач сьогодення мостової галузі. Аналіз числових значень силових факторів від дії різних моделей тимчасового навантаження дає можливість інформативного підходу з питань проектування мостових об'єктів.

#### Перелік посилань

1. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 205 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. / Е.С. Вентцель. – 10-е изд. – М.: «Академия», 2005. – 576 с.
3. Pichugin S.F. Reliability of Steel Tubular Trusses / S.F. Pichugin, Y.A. Kharchenko // Steel Structures and Bridges 2000: Proc. of 19th Czech and Slovak International Conference – Strebske Pleso, High Tatras, Slovak Republic, 2000. – P. 57 – 62.

**ПЕРСПЕКТИВИ НАКОПИЧЕННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ  
ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ МОБІЛЬНИМИ ТЕПЛОВИМИ  
АКУМУЛЯТОРАМИ**

к.т.н., с.н.с. Демченко В.Г., к.т.н., с.н.с. Коник А.В., Фалько В.Ю.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

Метою роботи є дослідження економічної та технологічної доцільності накопичення та транспортування теплової енергії за допомогою мобільного теплового акумулятора МТА-0,5МВт [1].

Світове промислове виробництво споживає приблизно одну третину паливних ресурсів та виробляє до 50 % не утилізованої відпрацьованої теплоти. Використання відпрацьованого тепла різних видів діяльності є однією з провідних енергозберігаючих технологій, які призводять до зменшення теплових викидів, викидів CO<sub>2</sub> і мінімізації використання викопного палива [2].

Накопичення та транспортування теплоти за допомогою мобільного теплового акумулятора (МТА) розв'язує проблему топологічної невідповідності між джерелом теплоти та її споживачем розташованого на відстані при недоцільності прокладання трубопроводів для транспортування теплоносія.

Розробка технологій МТА набуває масштабного застосування у країнах з розвиненими економіками. Прогнозується, що до 2030 року кількість накопичувачів теплової енергії збільшиться втричі. Однак обсяг досліджень і реалізації проектів в даній галузі свідчить про не значне поширення таких технологій транспортування теплоти. Ретельний аналіз дозволяє визначити сфери використання, які потребують подальшого розвитку, особливо ті, що мають найбільший потенціал для конкретного споживача або джерела теплової енергії. Для транспортування високотемпературної теплової енергії в основному застосовуються оборотні

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
хімічні каталітичні реакції або керамічні матеріали. Для низькотемпературної теплової енергії, яка широко розповсюджена у вигляді відпрацьованого тепла, на цей час існує в основному п'ять перспективних напрямків, це: хімічні оборотні реакції, накопичення та транспортування теплової енергії фазових переходів, сплави, що поглинають водень та адсорбція [3,4]. В Інституті технічної теплофізики НАН України розроблено дослідний зразок МТА-0,5МВт з застосуванням матеріалів з фазовим переходом в діапазоні температур 35...95°C. Технічні характеристики МТА-0,5МВт наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Технічні характеристики дослідного зразка МТА-0,5МВт

№ пп	Технічні параметри, характеристики (показники)	Значення
1	Теплова потужність МТА, МВт	не менше 0,5
2	Теплопродуктивність, кВт·год	1200
3	Режим роботи МТА	Циклічний
4	Розрахунковий середній час використання за один цикл заряджання / розряджання, год	7,5
5	Тиск в баках та трубопроводах акумуляційної секції, Р, МПа	0,07
6	Продуктивність теплоносія контуру нагрів/охолодження м <sup>3</sup> /год	до 2,5
7	Температура теплоакумулювального матеріалу, °С	50.....90
8	Температура теплоносія контуру нагріву, °С	60...120
9	Об'єм теплоносія в теплоакумуляційній ємності, м <sup>3</sup>	до 1,5
10	Загальний обсяг теплоакумуляційного матеріалу, м <sup>3</sup>	12,0
11	Теплоізоляція (поліуретан), мм	100
12	Габаритні розміри, не більше: Довжина, мм Ширина, мм Висота, мм	6300 3000 2300
13	Споряджена маса, кг	17500
14	Кліматичне виконання і категорія розміщення	УХЛ17
15	Споживана електрична потужність, кВт	3,0
16	Коефіцієнт готовності	0,98

17	Коефіцієнт ефективності теплового зберігання, %	85
----	---	----

Вартість теплопостачання за допомогою МТА безпосередньо пов'язана з транспортними, експлуатаційними та операційними витратами. Проведений аналіз показує, що використання тепла від МТА є більш вигідним, ніж вартість виробництва тепла з використанням:

- пелет до 25 км
- природного газу до 40 км
- покупного тепла від центральних котелень до 50 км.

Теплова енергія, отримана за рахунок використання СДО транспортується за допомогою мобільних акумуляторів, кількість яких залежить від призначення та технічних характеристик транспортного засобу. Враховуючи динаміку зростання цін на пелети та природний газ, найбільш доцільним об'ємом теплового акумулятора є 10,0 куб. м РСМ

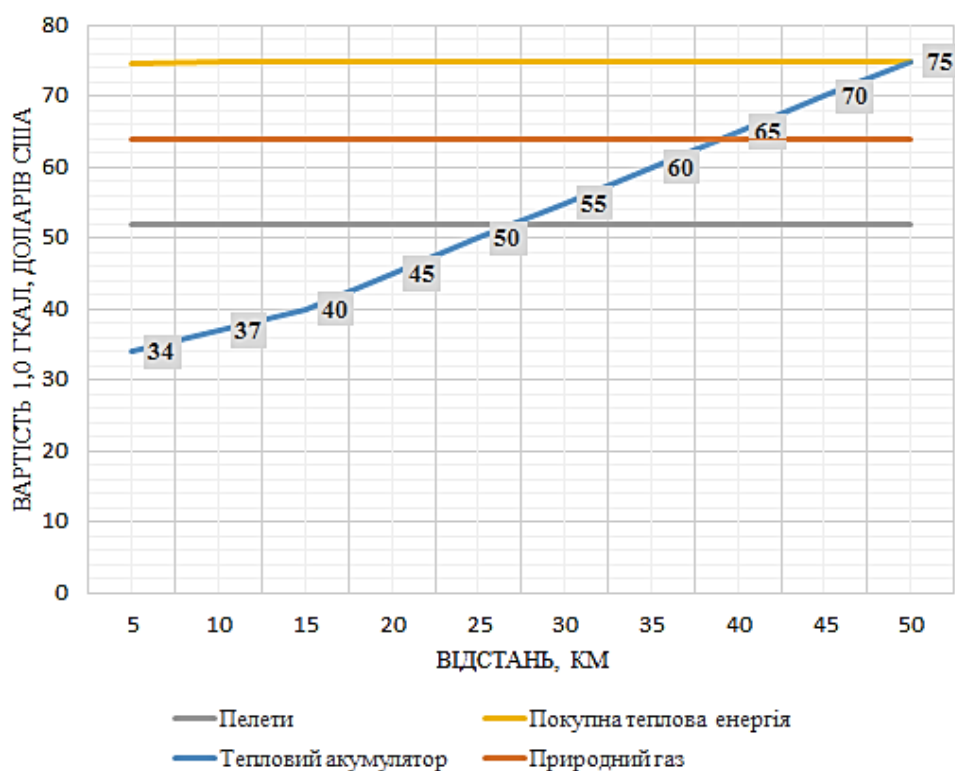


Рисунок 1 – Відстань транспортування 1,0 МВт теплоти доставленої МТА у порівнянні з вартістю генерації на різних видах палива

Економічне та екологічне дослідження МТА показало, що вартість енергії (грн/МВт) пропорційна відстані транспортування. На сьогодні в Україні вартість теплової енергії коливається від 1382 до 1521 грн/Гкал, то ж за оціночними розрахунками використання МТА ємністю до 1,2 МВт-год теплової енергії є доцільним при відстані від 2 до 50 км між джерелом і кінцевим споживачем.

При транспортуванні відпрацьованої теплової енергії на вказану відстань, використання МТА дає значний економічний ефект за рахунок зменшення витрат палива і знижує викиди вуглецю до 90% у порівнянні зі звичайними системами опалення. Таким чином, утилізація та транспортування теплоти за допомогою МТА стає економічно привабливим і вельми надійним альтернативним способом теплопостачання.

#### **Перелік посилань**

1. Demchenko V.G., Konyk A.V. Mobile thermal energy storage (M-TES) JNTES, Poland, pp.91-96 Doi: 10.53412/jntes-2022-3-2
2. Shaopeng Guo, Jun Zhao, Alexandre Bertrand, Jinyue Y / Mobilized thermal energy storage for clean heating in carbon neutrality era: A perspective on policies in China Energy and Buildings Volume 277, 15 December 2022, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112537>
3. Jong, A.J., Vliet, L., Hoegaerts, C., Roelands, M., Cuypers R. Thermochemical Heat Storage – from Reaction Storage Density to System Storage Density. Energy Procedia, 91. 2016, pp. 128–37. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.187>.
4. Zalba, B., Marín, J.M., Cabeza, L.F., Mehling, H. Review on thermal energy storage with phase change: Materials, heat transfer analysis and applications (Review) Applied Thermal Engineering, 23, 2003, pp. 251–283 [https://doi.org/10.1016/S1359-4311\(02\)00192-8](https://doi.org/10.1016/S1359-4311(02)00192-8).

**МОНІТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРИ В СИСТЕМІ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

**ДОСЛІДНОГО ЗРАЗКА МОБІЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО**

**АКУМУЛЯТОРА МТА-0,5МВт**

к.т.н., пр.н.с Коник А.В.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

Мобільні теплові акумулятори використовуються як пілотні проекти для вирішення не типових проблем теплозабезпечення різноманітних об'єктів у країнах з розвинутою економікою. Основним джерелом теплоти для заряджання мобільних теплових акумуляторів (Mobile thermal energy storage, MTE-S) є скидна теплота підприємств та відновлювальних джерел енергії розташованих неподалік від споживача [1,2]. Конструктивні особливості, механізм акумуляції і технологічні параметри MTE-S визначаються в залежності від температури джерела і режимів експлуатації обладнання. Так в MTE-S переважно застосовуються два механізми акумуляції – термо-хімічний метод та метод латентного зберігання енергії [3,4]. Обидва методи дозволяють при незначних об'ємах «робочих тіл» отримати значний акумуляційний ефект, мають свої недоліки і переваги, але основним робочим параметром обладнання є робочий діапазон температур.

В конструкції дослідного зразка мобільного теплового акумулятора МТА-0,5МВт [5,6] створеного лабораторією «Процесів та технологій та теплозабезпечення», застосовано механізм латентного збереження енергії, тому основним параметром контролю і моніторингу є температура. В дослідному зразку передбачено вимірювання температури в режимі реального часу при штатній роботі обладнання і, окремо, при проведенні експериментальних досліджень та проведенні пуско-налагоджувальних робіт. На технологічній лінії МТА-0,5МВт, представлено місце розташування напівпровідникових датчиків температури по висоті акумуляційних ємностей і трубопроводі у секції акумуляції і секції ІТП,



рисунок 1. При нормальній роботі обладнання вимірювання здійснюються за допомогою приладу багатофункційного лічильника SKYLAR INT 8 оснащеного витратоміром та лічильником тепла MTX 1A10.Df.2LO-YD4. Багатофункційний лічильник SKYLAR INT 8 призначений для вимірювання спожитої кількості теплоти в системах опалення/кондиціонування, об'ємної витрати теплоносія, температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах і різниці цих температур, теплової потужності, часу напрацювання поточного часу, дати та службової інформації [7].

При проведенні експериментальних досліджень та пусконаладжувальних робіт додатково застосовується прилад TRITON 6004TC - це мікропроцесорний пристрій для реєстрації та перетворення сигналів, отриманих за допомогою термопар або інших датчиків. В дослідному зразку МТА-0,5МВт було використано напівпровідникові датчики. Мікропроцесорний пристрій TRITON 6004TC з комутаційним модулем TRITON C37 та датчиками температури АТФА.687265.016 використовується для моніторингу віддалених об'єктів, наукового експерименту, контролю параметрів технологічних процесів тощо [8].

У випадку штатної роботи дослідного зразка МТА-0,5МВт паралельно багатофункційному лічильнику SKYLAR INT 8 проводить вимірювання багатофункціональний GSM-контролер «ОКО-PRO-X» [9]. GSM-контролер «ОКО-PRO-X» загалом, застосовується для дистанційного контролю та керування, контролю доступу, контролю температури та інше. Історія збереження подій в хмарному (cloud) сервісі з буфером в контролері до 16 подій, моніторинг через конфігуратор за допомогою комп'ютера, чи пристрою на базі Android.



Такий паралельний моніторинг технологічних показників та температури зокрема, дозволяють отримувати повний об'єм інформації стосовно температурних режимів та теплопродуктивності. В результаті відбувається підвищення надійності роботи обладнання та автоматизація керування МТА - 0,5МВт. Забезпечення своєчасного аналізу аварійних ситуацій та прискорення реакції обслуговуючого персоналу впливають на зниження аварійності та вартості витрат на обслуговування, зменшення часу відновлення обладнання після відмов та аварій.

### **Перелік посилань**

5. Shaopeng Guo, Jun Zhao, Alexandre Bertrand, Jinyue Y / Mobilized thermal energy storage for clean heating in carbon neutrality era: A perspective on policies in China Energy and Buildings Volume 277, 15 December 2022, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112537>
6. Mobile latent heat storage unit, efficient use of waste heat. Fraunhofer Umsicht, 2, 2013,.
7. Jong, A.J., Vliet, L., Hoegaerts, C., Roelands, M., Cuypers R. Thermochemical Heat Storage – from Reaction Storage Density to System Storage Density. Energy Procedia, 91. 2016, pp. 128–37. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.06.187>.
8. Zalba, B., Marín, J.M., Cabeza, L.F., Mehling, H. Review on thermal energy storage with phase change: Materials, heat transfer analysis and applications (Review) Applied Thermal Engineering, 23, 2003, pp. 251–283 [https://doi.org/10.1016/S1359-4311\(02\)00192-8](https://doi.org/10.1016/S1359-4311(02)00192-8).
9. Demchenko V.G., Konyk A.V. Mobile thermal energy storage (M-TES) JNTES, Poland, pp.91-96 Doi: 10.53412/jntes-2022-3-2
10. Demchenko, V.G., Gron, S.S., Pogorulova, N.D. (2019). Constructor rozrahunok mobile heat accumulator. Thermophysics and Thermal Power Engineering, 41 (4), 35-43 <https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2019.5>.

11. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<https://antap.kiev.ua/goods/nemetskiy-vychislitel-tepla-scylar-int-8/>
12. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<https://terex.kiev.ua/index.php/izmeriteli-temperatury-napryazheniya/termopara-triton-6004tc.html>
13. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://xn--j1ahb.xn--j1amh/ohrannaya-signalizaciya/gsm-dozvonshchiki/oko-pro-x/>

**СЕКЦІЯ 2**

**«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»**

УДК 504.53.062

## **ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАФТОПРОДУКТАМИ, ВПЛИВ НАФТОПРОДУКТІВ НА ҐРУНТОВИЙ ПОКРИВ**

к. т. н., доцент Трембус І. В., магістр Гаврильченко Б.І.

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

*Анотація* – в роботі розглянуто проблематику забруднення ґрунтів нафтопродуктами, проаналізовано згубні впливи нафтопродуктів на властивості ґрунту та його складники, розглянуто небезпечні рівні забруднення ґрунту в Європі та в Україні.

*Ключові слова* – ґрунт, нафтопродукти, забруднення.

Зниження характеристик якості ґрунтів безпосередньо залежить від попадання у ґрунт різноманітних забруднюючих речовин. Наявність нафтопродуктів у ґрунтах спричиняє порушення екологічної рівноваги у ґрунтовій системі, зміни морфологічних та фізико-хімічних характеристик ґрунтових горизонтів, у співвідношенні між окремими фракціями органічної речовини ґрунту [1]. Тому актуальним є питання вивчення особливостей забруднення та впливу нафтопродуктів на ґрунти. Завдання полягає в тому, щоб окреслити зміни процесів, які відбуваються в ґрунтах в наслідок забруднення нафтопродуктами.

Забруднення нафтою і нафтопродуктами впливає на весь комплекс морфологічних, фізичних, фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту, що визначають її родючість і екологічні функції. Ступінь цих змін залежить від клімату, ландшафту і рельєфу місцевості, типу і вихідного стану ґрунту, а також від складу, властивостей, кількості і тривалості впливу поллютанта. Крім того, нафта є комплексним забруднювачем, ефект від якого

визначається кількістю, складом і властивостями її як органічних, так і неорганічних складових (важкі метали і їх солі, сполуки ртуті, сірки, урану та ін.).

Попадаючи в геологічне середовище у рідкому стані, нафтопродукти мігрують як рідина, що не змішується з водою. Якщо надходження нафтопродукту не перевищує утримуючу здатність ґрунту, він залишається в зоні аерації і подальша його міграція можлива шляхом розчинення в інфільтраційній воді. Якщо надходження нафтопродукту перевищує утримуючу здатність ґрунту, він досягає ґрунтового водоносного горизонту, формуючи на водній поверхні лінзу. Окремі вуглеводні здатні звітрюватись, формуючи газову оболонку над лінзою і надалі з інфільтрацією потрапляти в ґрунтові води, інші розчиняються в підземних водах і переноситись водним потоком[2].

На забруднених нафтою територіях формується специфічний мікроклімат, зумовлений мікрорельєфом, складом субстрату, порушеним водним та зміненим температурним режимами, з'являється специфічний запах. Також відбувається зміна кольору нафтозабруднених ґрунтів, для яких переважають чорні, сіро-коричневі відтінки в верхній частині профілю і темно-бурі, коричнево-бурі, буро-охристі – в нижній.

Кількість водорозчинних солей збільшується пропорційно забрудненню ґрунту нафтою. Нафтові виливи з високим вмістом важких фракцій вуглеводнів утворюють на поверхні щільну, в'язку бітумінозну кірку. Склеювання структурних частинок ґрунту призводить до значного зростання в'язкості і щільності ґрунтової маси, що погіршує його повітряно-водний режим. Такі ґрунти, втрачають здатність вбирати і затримувати вологу, в них створюються анаеробні умови, змінюється окисно-відновний потенціал. Також порушується вуглецево-азотний баланс: різко зростає співвідношення між вуглецем і азотом за рахунок вуглецю нафти, знижується нітрифікаційна здатність, зменшується вміст нітратного азоту, вільного

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
фосфору, обмінного калію а також основ кальцію і магнію. Це погіршує азотний режим ґрунту і порушує кореневе живлення рослин. У високих концентраціях нафта чинить сильну токсичну дію на всю ґрунтову біоту.

Вертикальне просування нафти вздовж ґрунтового профілю створює хроматографічний ефект диференціації складу нафти. У верхньому, гумусовому горизонті сорбуються високомолекулярні компоненти, які містять багато смолисто-асфальтенових речовин та циклічних сполук; в нижні горизонти проникають, в основному, низькомолекулярні сполуки, яким притаманні сполуки з більшою розчинністю у воді. Шкідливий екологічний вплив смолисто-асфальтенових компонентів нафти на ґрунтові екосистеми полягає у значному порушенні фізичних, морфологічних і агрохімічних властивостей ґрунту: механічне витіснення нафтою повітря, посилення діяльності анаеробних мікроорганізмів, зміна водного балансу у системі ґрунт-рослина. При цьому важкі компоненти (смоли, асфальтени) важко розкладаються ґрунтовою мікрофлорою і обумовлюють стійкі гідрофобні властивості забрудненого ґрунту.

Небезпечним вважається рівень забруднення ґрунту, який перевищує межу потенціалу самоочищення. У Європі прийнято вважати верхнім безпечним рівнем вмісту нафтопродуктів в ґрунті 1–3 г/кг, початком нанесення екологічної шкоди – 20 г/кг і вище.

В Україні ГДК нафти і продуктів її переробки в ґрунті не визначена, є лише посилання на орієнтовно допустиму концентрацію (ОДК) 0,2 мг/кг. У інших джерелах визначена ГДК для ґрунту – 4 г/кг, яка широко використовується для аналізу забрудненості ґрунтів нафтопродуктами. Орієнтування на цей показник не може гарантувати отримання об'єктивних оцінок, особливо зважаючи на те, що кларк вмісту нафтових вуглеводнів у ґрунті в європейських країнах коливається в межах 0,01-0,5 г/кг, а у великих містах України досить звичні показники 1-3 г/кг. На



**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
територіях, прилеглих до підприємств переробки, видобування та зберігання нафтопродуктів, фон досягає 6 г/кг[3, 4].

**Висновки.** На сьогодні проблематика забруднення ґрунтів нафтопродуктами досить гостра, як в світі так і на території нашої країни, проблем додає ще й недосконала законодавча база в сфері поводження з забрудненням ґрунтів нафтопродуктами. Тому потрібне подальше вивчення особливостей забруднення та способів і методів вирішення даної проблеми, створювання інноваційних технологій, модернізація моніторингу стану ґрунтів.

#### **Перелік посилань:**

1. Pysarenko, P. V., Bezsonova, V. O. Potential for the utilization of biofuel plant of the second generation of *Miscanthus giganteus* for phytoremediation of oil-contaminated lands // *Agrology*. 2020. – № 3(3). – p. 127–132.
2. Біологічні методи охорони навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами / В. П. Шапорев, О. В. Шестопалов, О. О. Мамедова, Г. Ю. Бахарєва, Б. Б. Кобилянський, О. П. Пушкова. – Харків, НТУ «ХП», 2015, 216 с.
3. Шестопалов, О. В.; Бахарєва, Г. Ю.; Мамедова, О. О.; Твердохлебова, Н. Є.; Єршов, Д. І.; Міхеєнко (Ященко), Л. О.; Соболю, Ю. О.; Євтушенко, Н. С.; Васьковець, Л. А.; Чиркіна, М. А. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посібник. Харків: НТУ "ХП", 2015, 116 с.
4. Методика визначення розмірів шкоди, обумовленого забрудненням і засміченням земельних ресурсів в результаті порушення природоохоронного законодавства. Міністерство охорони навколишнього середовища та ядерної безпеки України. - Київ. - 1998.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КАРТОНУ НА КАРТОНОРІБНИХ МАШИНАХ

магістрант Бахман С.О., аспірантка Якименко О. С., професор Барбаш В.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Проаналізовано новітнє обладнання кращих світових виробників, яке призначено для формування, пресування та проклеювання картону на картоноробних машинах (КРМ). Наведено приклади обладнання КРМ та його властивості та переваги. Встановлено, що застосування даного обладнання дозволяє суттєво збільшити продуктивність КРМ, підвищити якість кінцевої продукції та знизити її собівартість, зокрема картону для плоских шарів гофрокартону.

**Ключові слова:** зневоднення, сухість, картон, проклеювання.

The latest equipment of the best world manufacturers, which is designed for forming, pressing and gluing cardboard on cardboard machines (CMM), was analyzed. Examples of CMM equipment and its properties and advantages are given. It was established that the use of this equipment allows to significantly increase the productivity of the CMM, improve the quality of the final product and reduce its cost, in particular, of cardboard for flat layers of corrugated cardboard.

**Key words:** dehydration, dryness, cardboard, gluing.

В наш час у зв'язку з постійним підвищенням цін на енергоносії та прагненнямудовольнити зростаючі потреби в картонно-паперовій продукції спостерігається стійка тенденція до збільшення швидкості картоноробних та папероробних машин [1]. Все це призводить до появи на ринку нових видів більш продуктивного обладнання – формуючих пристроїв, пресових вузлів, клеїльних пресів – із кращими експлуатаційними характеристиками. Так, наприклад, *формуючий пристрій DuoFormer D II* (рис. 1) має повністю

Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" керамічний ударний башмак із прорізами, що забезпечує найкраще поєднання зневоднюючої здатності та міцності картону [2]. Гібридний формуючий формер DuoFormer D II з розширеним діапазоном швидкостей має виробничу швидкість 1200 м/хв, що

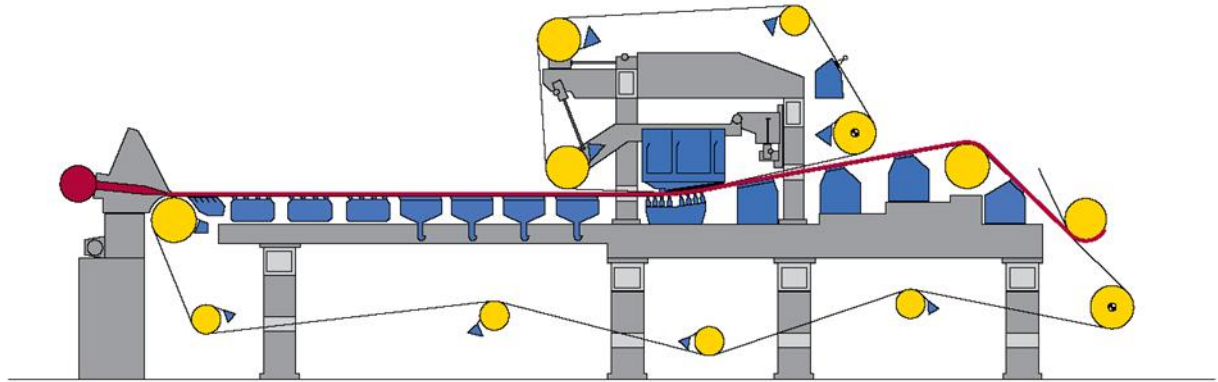


Рисунок 1 – Гібридний формуючий формер DuoFormer D II з розширеним діапазоном швидкостей

збільшує продуктивність КРМ у порівнянні з традиційним обладнанням. У поєднанні з камерою високого всмоктування HiVac компанії Voith замість звичайного вакуумного валика, DuoFormer забезпечує максимальний вміст сухої речовини за мінімальних витрат на технічне обслуговування порівняно зі стандартними рішеннями. Завдяки своїй компактній конструкції і високій продуктивності зневоднення волокнистої маси, формуючий пристрій DuoFormer рекомендується застосовувати як для нового підприємства, так і для реконструкції існуючих технологічних потоків виробництва картону.

У процесі досягнення сухості картону традиційні комбіновані трьохвальні преса з низьким ступенем прижиму валів уже не в змозі виконувати сучасні вимоги до якості паперу та досягнення сухості більше 50 %. Тому в пресовій частині рекомендується використовувати технологію *черевичного пресу Single NipcoFlex* для кращого зневоднення картонного полотна (рис. 2). Картонне полотно надходить у секцію преса Single NipcoFlex із вмістом сухої речовини від 15% до 22% і виходить із секції із вмістом сухої речовини від 40 до 55% [3]. Вирішальною технологічною

Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"  
перевагою черевичного преса є його високий імпульс притискання до картонного полотна. Поєднання тривалого часу перебування картону в затиску та оптимальних градієнтах тиску забезпечує максимальну продуктивність за високої якості. Конфігурація преса визначає такі властивості поверхні, як гладкість,



Рис. 1 - Черевичний прес Single NipcoFlex

двосторонність та гарантує мінімізацію питомих енерговитрат на виробництво

картону, зокрема картону для плоских шарів гофрокартону.

Для проклеювання або нанесення покриття на сучасних швидкохідних КРМ застосовуються різні види клеїльних пресів, зокрема *клеїльний прес SpeedSizer AT* (рис. 3) [4].

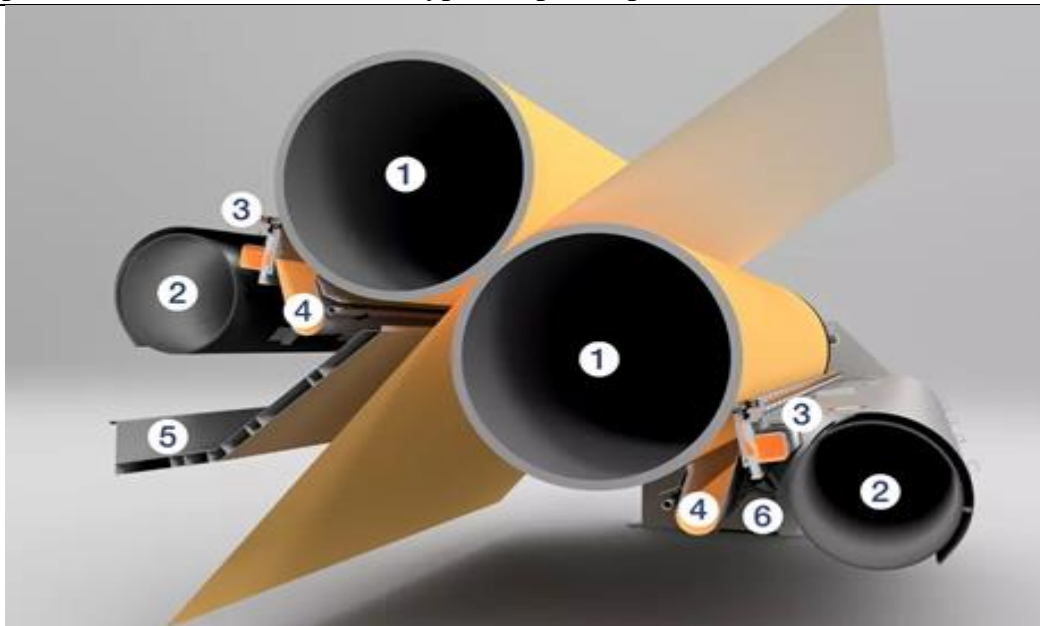


Рис. 2 - Схема клеїльного преса SpeedSizer AT: 1 – валик аплікатора; 2 – балка аплікатора; 3 – аплікатор; 4 – піддон повернення; 5 – піддон накопичувача; 6 – рама КРМ

Надійне застосування проклеюючих речовин у виробництві картону забезпечують інтелектуальна конструкція аплікатора з опорною балкою з вуглецевого волокна, високе навантаження на лінію за рахунок гідравлічного приводу, валки з низькою деформацією та твердими покриттями, профільовані дозуючі стрижні з ручною корекцією профілю. Запатентована конструкція SpeedSizer AT ідеально поєднує в собі опорну балку із вуглецевого волокна та насадку-аплікатор із нержавіючої сталі. Дуже низький коефіцієнт теплового розширення вуглецевих волокон забезпечує кращу термічну та механічну стабільність як основу для чудових профілів картону в поперечному напрямку. SpeedSizer AT забезпечує найкращу працездатність для тривалих стабільних виробничих циклів та особливо високий рівень зручності для користувача.

Таким чином, застосування рекомендованого обладнання - формуючого формера DuoFormer D II з розширеним діапазоном швидкостей, черевичного пресу Single NipcoFlex і клеїльного преса SpeedSizer AT - дозволить суттєво збільшити продуктивність КРМ, підвищити якість кінцевої

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
продукції, зокрема картону для плоских шарів гофрокартону, та знизити його собівартість.

**Перелік посилань:**

1. Joshua Martin and Mandy Haggith. The state of the global paper industry. Environmental Paper Network. 2018 - 90 p.
2. <https://voith.com/corp-en/papermaking/forming-concepts.html?123693%5B%5D=0>
3. <https://voith.com/corp-en/papermaking/press-concepts.html?131795%5B%5D=0>
4. New PM-3 increases TNPL's production capacity. Twogether. Voith Paper, 2011, vol. 32, p.18-20.

## **ПРОКЛЕЮВАННЯ ПАПЕРУ В НЕЙТРАЛЬНОМУ ТА ЛУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

**магістр Шикунів Н., к.т.н., доцент Черьопкіна Р.І.**

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

**АНОТОЦІЯ.** Показано застосування проклеювання паперу в нейтральному та лужному середовищі для підвищення терміну зберігання паперу. Обґрунтовано використання поверхневого проклеювання із використанням плівкового клеїльного преса.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПРОКЛЕЮВАННЯ, НЕЙТРАЛЬНЕ ТА ЛУЖНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, НАПОВНЕННЯ, ЛУЖНИЙ РЕЗЕРВ, ПАПІР

Технологія отримання паперу та картону в нейтральному та лужному середовищах знаходить все більше застосування у всьому світі. Нині близько 70 % паперу, який не містить деревної маси, виготовляють проклеюванням у нейтральному або слаболужному середовищі на відміну від кислого.

Основним недоліком отримання паперу в кислому середовищі зниження первинної міцності паперу, а також різке зменшення його довговічності. Дослідженнями показано, що папір, який використовується для друку книг, виготовлений за низьких значень рН, втрачає свої властивості протягом усього лише 25 – 30 років.

Переважаючими факторами переходу до від кислого до нейтрального методу проклеювання є можливість використання карбонату кальцію в якості наповнювача, потреба у нових видах паперу та картону з особливими показниками якості, екологічні питання.

Треба відмітити, що проклеювання в умовах нейтрального та лужного середовища забезпечує більш високий ступінь гідрофобності та високу

міцність паперу, знижує корозію обладнання, підвищує утримання наповнювача і дозволяє підвищити зольність паперу без погіршення відповідних показників її міцності.

Підвищення міцності виготовленого в лужному середовищі паперу, дозволяє збільшити кількість листяної целюлози у багатьох видах паперу і картону замість хвойної, яка значно дорожча.

У технології отримання паперу крім проклеювання проводять наповнення маси, наприклад, для паперу для друку, цигаркового і ін.. Застосування мінеральних наповнювачів у папері дозволяє покращити друкарські властивості, підвищує білість, непрозорість, знижує вартість. Однак наповнювачі негативно впливають на проклеювання, механічні показники, тому їх призначення та кількість повинні бути обгрунтовані.

Вплив наповнювача на проклеювання обумовлюється його природою, витратою та розміром частинок. Вважається, що карбонат кальцію в меншій мірі ускладнює проклеювання, ніж, наприклад, каолін, можливо, за рахунок своєї буферної дії на значення рН целюлозної маси. Це важливо для паперу призначеного для тривалого зберігання оскільки відмінними властивостями його можна вважати лужне проклеювання та лужний резерв 3 – 5 % (за карбонатом кальцію), що регламентується стандартом [1].

Відповідно до стандарту, папір повинен мати резервну лужність не менше 0,4 моля кислоти/1кг та рН водної витяжки, що дорівнює 7,5 – 10,0.

Під терміном «лужний резерв» розуміють, що до складу паперу входить один із компонентів, наприклад, карбонат кальцію, що нейтралізує кислоту, яка може утворитися в результаті тривалого зберігання паперу. Це відбувається під впливом окиснювачів та вологи з часом і деструкції піддаються фракції вуглеводів, які входять до складу паперу, що призводить до підвищення кислотності паперу.

У теорії «лужне проклеювання» та «нейтральне проклеювання» принципових відмінностей не мають, і з урахуванням сформованої практики



обидва терміни використовуються, якщо діапазон рН становить 6,8 – 9,0. Подібно до традиційного проклеювання нейтральне поділяють на проклеювання в масі, поверхнєве і комбіноване. З використанням технології нейтрального проклеювання можна виготовляти більшість видів паперу, але особливе значення воно має для високосортних видів паперу.

Поверхнєве проклеювання передбачає покриття паперу зв'язуючою речовиною з метою підвищення його зімкнутості та міцності поверхні, покращення друкарських властивостей. Поверхнєвому проклеюванню піддається папір, який попередньо проклеєний у масі. У даному випадку паперове полотно стає більш гідрофобним і проходить без руйнування через водні розчини клейової ванни або клеїльного преса. За допомогою поверхнєвого проклеювання можна значно знизити деформацію паперу, надати йому міцності і вологоміцності, підвищити показники водо- та жиронепроникності. Поверхнєве проклеювання паперу забезпечує значну економію целюлозних волокон за рахунок можливого збільшення вмісту наповнювача в композиції паперової маси, за одночасного зменшення пилімістості паперу та економію зв'язуючих речовин.

Для поверхнєвого проклеювання нині широко використовуються різні види крохмалю, полівініловий спирт, латекси, однак, найбільш міцне проклеювання досягається під час використання димерів алкілкетенів. Димери алкілкетенів застосовуються у вигляді дисперсії для проклеювання паперу та картону у нейтральному та слаболужному середовищах, переважно у випадку використання як наповнювача карбонату кальцію.

Для проклеювання використовують клеїльні преси, які встановлюють у тій частині машини, де сухість полотна досягає 85 – 94%.

У клеїльних пресах можна наносити покриття масою від 1 до 10 г/м<sup>2</sup> за швидкості машини до 800 м/хв. Після проклеювання вологість полотна підвищується, тому після клеїльного преса встановлюються додаткові сушильні циліндри, кількість яких залежить від кількості клею, що

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"** наноситься, і швидкості машини. Перші один-два циліндри працюють за нижчої температури. часто перед циліндрами, що досушують, встановлюють безконтактні інфрачервоні сушильні пристрої.

Фірма «Parcel» випускає клеїльний прес, призначений для поверхневого проклеювання, нанесення тонкого шару спеціальних покриттів. Зовнішній вигляд та технічна характеристика клеїльного преса фірми "Parcel" наведені на рис. та в табл. [2].



Рисунок – Клеїльний прес фірми PARCEL

Таблиця – Технічна характеристика клеїльного преса фірми PARCEL

Параметр	Значення
Розрахункова швидкість	до 1000 м/хв
Виконання клеїльного преса	горизонтальне з похилою центральною сполучною лінією
Конфігурація	два вали
Діаметр валу преса	855 – 1350 мм
Робоча ширина	до 5000 мм
Висота осі закріпленого валу	1700 – 1950 мм
Лінійний тиск	Макс. 80 кН/м
Заправляння паперу	Двохканатне, спільно з сушильною частиною
Проклеювання	Макс. 4,5 г/м на кожній стороні з сухістю 8 - 15% абс.сух.сировини

Застосування плівкових пресів замість клеїльних суттєво знижує обривність полотна і можна використовувати папір меншої міцності. Крім того, підвищений вміст твердих речовин зберігає енергію, необхідну на сушіння, відкриває можливості для збільшення робочої швидкості, дозволяє використовувати більш дешеві напівфабрикати.

#### Література

1. ISO 9706-2000 «Інформація та документація. Папір для документів. Вимоги до довговічності».

2. Paper Machine Size Presses | Scan Machineries  
<https://www.scanmachineries.com/ru/paper-technology/coating/size-press/>

УДК 628.349

## INCREASE IN THE SORPTION CAPACITY OF THE HYDROCARBON MATERIAL

PhD student Hondovska A. S., master Mykhailenko N. V.,  
associate professor Trembus I. V.

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

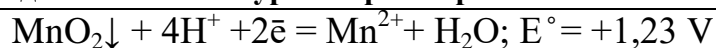
**Abstract.** This study investigated the deposition process of  $MnO_2$  on activated carbon surfaces, examining the effect of initial permanganate concentration and treatment duration.

**Key words:** activated carbon, permanganate, deposition,  $MnO_2$

The problem of polluted water is one of the most pressing issues in the modern world today. Despite technology advancements, the percentage of polluted water is not decreasing, but rather continues to rise. As a result, modern water treatment methods require the use of "green" materials for water treatment (carbon, bentonite, zeolite, clinoptilolite, palygorskite), which have a high adsorption and ion exchange capacity for pollutants of both organic and inorganic origin [1]. The purification of polluted water with such materials involves a mixture of processes, including physical and chemical sorption, ion exchange, and precipitation [1].

To improve the adsorption properties of these materials for compounds present in polluted waters, they are subjected to mechanical, thermal or chemical treatment. This process not only enhances their adsorption capacity but also eliminates impurities that hinder substance absorption. It also improves the physical and chemical properties of the materials [2].

A promising technique for treating polluted water is solid-phase oxidation using  $MnO_2$ . Manganese dioxide is an efficient oxidant [3-4]:



Therefore, the objective of this research was to examine the technique of  $\text{MnO}_2$  deposition on activated carbon.

The activated coconut carbon used in the study has the following characteristics: the pore area of 1 gram of coconut carbon is 1000-1200  $\text{m}^2$ , the granule size is 0,9 to 1,5 mm.

To modify the coal, 2,5 g. of coal was taken, placed in 500  $\text{cm}^3$  beakers and poured with a  $\text{KMnO}_4$  solution of different concentrations from 0,015 to 0,035  $\text{mg-eq/dm}^3$  at neutral pH and  $18 \pm 2^\circ\text{C}$ . The duration of the process varied from 15 to 135 min with constant stirring.

The residual concentration of the  $\text{KMnO}_4$  solution was determined by titration with sodium oxalate solution, and the mass of adsorbed  $\text{MnO}_2$  was calculated (Fig. 1). The modified coal was rinsed with distilled water until achieving a neutral pH and then dried in an oven at  $60^\circ\text{C}$ .

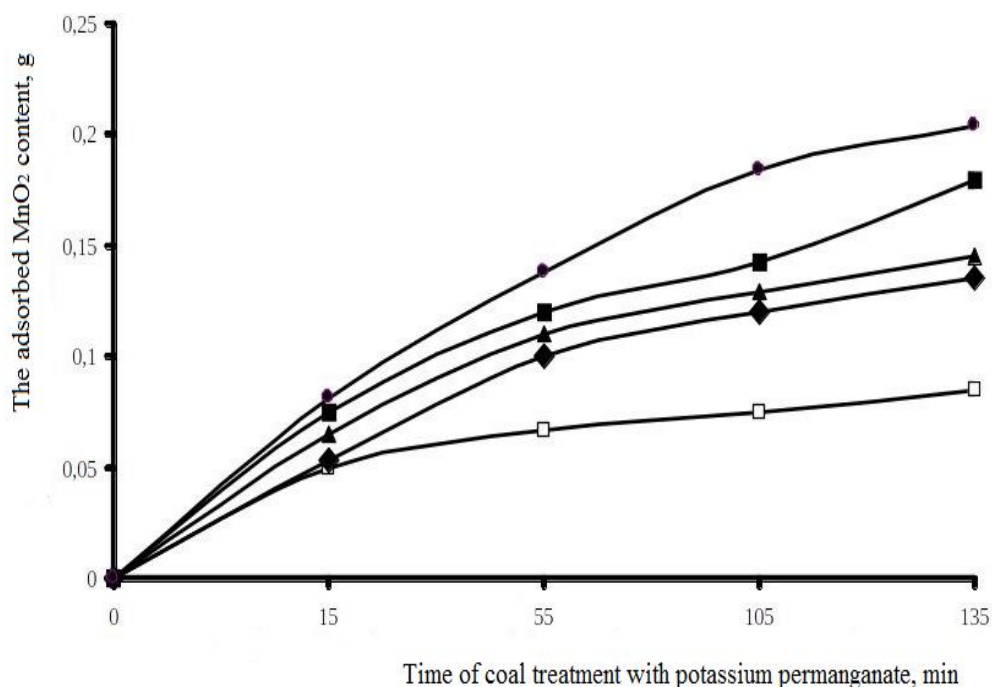


Figure 1 – Dependence of the content of adsorbed  $\text{MnO}_2$  in coal pores on the duration of its treatment with  $\text{KMnO}_4$  at different concentrations: □ - 0.015; ◆ - 0.02; ▲ - 0.025; ■ - 0.03; ● - 0.035  $\text{mg-eq/dm}^3$ .

Increasing the duration of contact between the carbon sorbent and permanganate results in a greater amount of  $MnO_2$  deposited in the coal pores. Based on the aforementioned relationships, it can be deduced that the degree of  $MnO_2$  deposition on activated carbon ranges from 13 to 30 %, dependent on the duration of the modification and the initial concentration of the  $KMnO_4$  solution.

### **References:**

1. Pandova I, Rimar M, Panda A, Valicek J, Kusnerova M, Harnicarova M. A Study of Using Natural Sorbent to Reduce Iron Cations from Aqueous Solutions // Int J Environ Res Public Health. 2020. – May 23. – no 17 (10) – p. 3686.
2. Khokhotva O.P., Butchenko L.I. Doslidzhennia protsesiv sorbtsiinoho vyluchennia fenolu kompozytsiinym sorbentom F300- $MnO_2$  // Visnyk NTUU «KPI». Serii «Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiiakh». – 2022. – №1 (11). – p. 64-68.
3. Rudenko V.H., Ivanenko I.M., Kosohina I.V., Burmak A.P. Novyi efektyvnyi vuhletsevyi adsorbent dlia znezalznennia vody // Khimichni tekhnolohii ta inzheneriia. – 2021. – №1. – p. 144-154.
4. Horonovskyi, Y. T. Kratkyi spravochnyk po khymii // "Naukova dumka". – Kyiv. – 1987. – 833 p.

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ  
МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КАРТОНУ ДЛЯ  
ПЛОСКИХ ШАРІВ ГОФРОКАРТОНУ**

магістрант Бахман С.О., професор Барбаш В.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Проведено аналіз наявного на ринку новітнього обладнання, призначеного для розволокнення, очищення та сортування макулатурної маси для виготовлення картону для плоских шарів гофрокартону. Рекомендоване обладнання дозволяє суттєво покращити якість картону, збільшити продуктивність потоку, знизити енерговитрати та зменшити кількість обладнання, що традиційно використовується в технологічному потоці підготовки макулатурної маси.

**Ключові слова:** макулатура, розволокнення, очисник, сортування.

An analysis of the newest equipment available on the market, designed for defibering, cleaning and sorting waste paper mass for the production of cardboard for flat layers of corrugated cardboard, was carried out. The recommended equipment allows you to significantly improve the quality of the cardboard, increase the productivity of the flow, reduce energy costs and reduce the amount of equipment traditionally used in the technological flow of waste paper mass preparation.

**Key words:** waste paper, fiber separation, cleaner, sorting.

Однією з вирішальних умов успішного розвитку підприємств целюлозно-паперової промисловості є забезпеченість їх сировинними ресурсами необхідної якості. У зв'язку з дефіцитом первинної волокнистої сировини, перед вітчизняними підприємствами галузі виникає проблема

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
ефективного використання вторинної волокнистої сировини – макулатури [1]. Технологія переробки макулатури із високим вмістом сторонніх включень найбільш ефективно забезпечує безперервне розволокнення з подальшою дефлокуляцією макулатурної маси. Для розволокнення коричневої несортованої макулатури, яка часто використовується для виготовлення картону для плоских шарів гофрокартону, пропонується в технологічній схемі підготовки макулатурної маси застосовувати вузол розволокнення **TwinPulp I** фірми Voith (рис. 1).

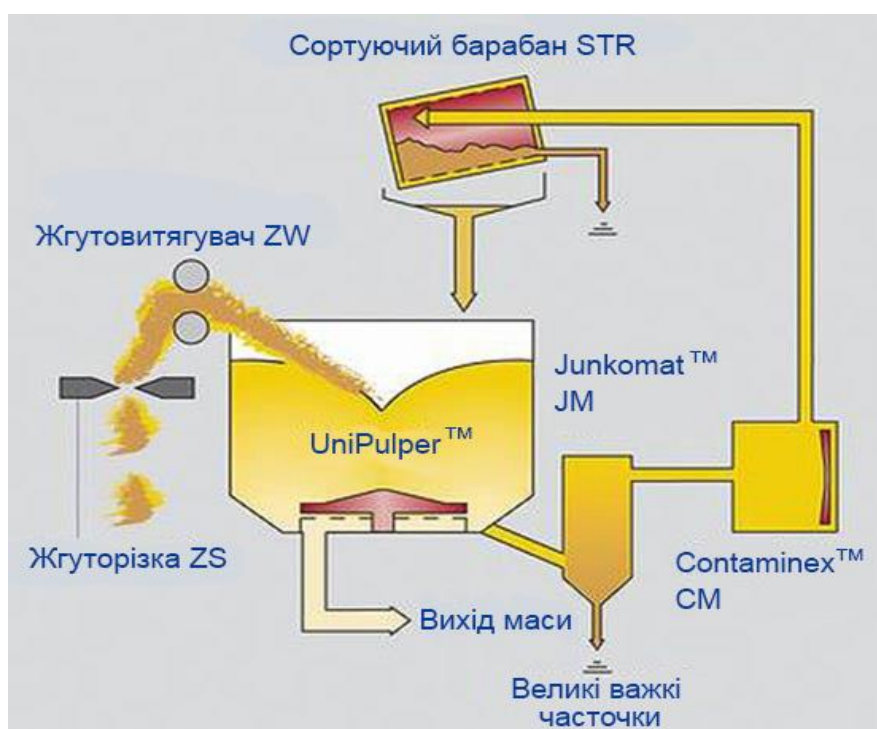


Рис. 1. Вузол розволокнення макулатури типу TwinPulp I

Вузол складається з гідророзбивача типу UniPulper TM, апарату для відділення важких домішок Junkomat TM,

дефлокулятора типу ContaminexTM CM, барабанного сортування типу STR, джгутувитягувача типу ZW і джгуторізки типу ZS. Продуктивність даного вузла становить від 200 до 1300 т/ добу, за концентрації маси 4,5% [2]. Перевагами даного вузла розволокнення макулатури є: підвищена



**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
продуктивність гідророзбивача за рахунок зниження тривалості операції при видаленні нерозволокнутих фрагментів та великих домішок; кількість відходів трохи більше 3%; використання дефлокулятора типу Contaminex™ CM дозволяє виключити із технологічної схеми насос для транспортування відходів розволокнення.

Для грубого сортування і видалення важких частинок із макулатурного волокна рекомендується встановлювати сортувалку **ModuScreen CR** фірми ANDRITZ (рис. 2). Конструкція сортувалки поєднує в собі переваги очищувача HD і звичайного грубого просіювання в одному пристрої. Її використання дозволяє встановити менше одиниць капітального обладнання, менше резервуарів та насосів, менше трубопроводів, а також менше клапанів та контрольно-вимірювальних приладів.

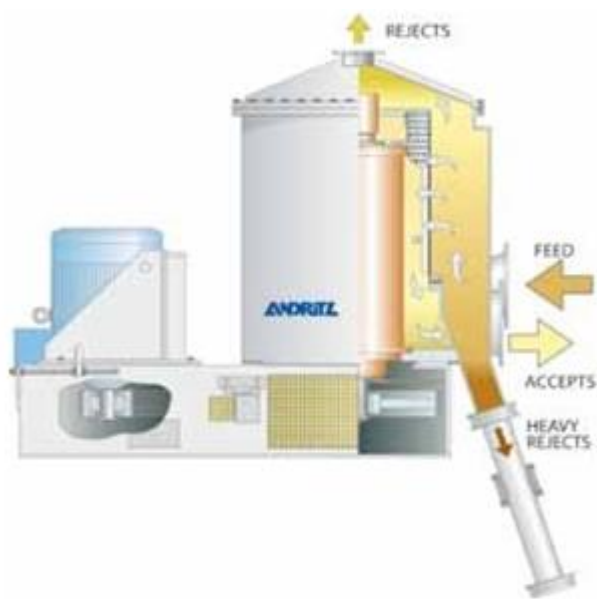


Рис. 2 - Сортувалка Modu Screen CR

**Особливості**  
конструкції сортувалки ModuScreen CR: циліндр екрана, що обертається, періодичне видалення забруднень. Її перевагами є низькі витрати на технічне обслуговування, низьке енергоспоживання, висока ефективність, видалення великих домішок, безперервна автоматична робота з простим керуванням процесом, ефективний поділ волокна та відходів, що забезпечує мінімальні втрати волокна.

До сімейства гідроциклонних очисників низької концентрації фірми ANDRITZ відноситься **PrimeClean TO** [3] (рис. 3), який рекомендується для



Рис. 3 - Очисник PrimeClean TO

макулатурного потоку з концентрацією маси до 3%. Він поєднує в одному агрегаті два ступені очищення (два в одному). Завдяки інноваційній конструкції камери відбраковування очисник PrimeClean TO ідеально підходить для видалення піску та дрібних частинок із відповідного потоку сировини та ліній з переробки вторинного волокна за більш високої консистенції сировини. Здібність обробляти сировину більш високої концентрації дозволяє очиснику PrimeClean TO працювати з

меншою кількістю води в масі. Значне зниження об'ємної витрати помітно на перших двох ступенях очисної установки. Це призводить до значного зниження енергоспоживання під час перекачування, при цьому ефективність сепарації залишається на найвищому рівні у порівнянні із звичайною очисною установкою LC. Конуси очищувача PrimeClean TO виготовлені із спеціального полімерного матеріалу OX, розробленого фірмою ANDRITZ для роботи в установках, що працюють за високих температурах та/або в умовах підвищеного зношування. Матеріал OX є стійким до хімічних речовин, тому внутрішня поверхня конуса залишається дуже чистою. Як опція, нижній очисний конус і камера

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

відбраковування можуть бути виготовлені з керамічних матеріалів для подальшого збільшення терміну служби продукту [4]. Асиметричні деталі очищувача PrimeClean TO (тобто деталі для лівої та правої сторін блоку очищувачів) виготовляються у різних кольорах, щоб уникнути випадкової плутанини при складанні або виконанні робіт з технічного обслуговування.

### **Перелік посилань:**

1. Барбаш В.А. Технології перероблення недеревної рослинної сировини у целюлозовмісну продукцію : монографія / В. А. Барбаш. Київ : Каравела, 2022. – 360 с.

2. <https://voith.com/corp-en/papermaking/pulping.html?119740%5B%5D=4&119740%5B%5D=11>

<https://voith.com/corp-en/papermaking/pulping.html?119740%5B%5D=4&119740%5B%5D=11>

3. <https://www.andritz.com/products-en/pulp-and-paper/paper-production/stock-preparation/moduscreen-coarse-screening>.

4. <https://www.andritz.com/products-en/group/pulp-and-paper/paper-production/stock-preparation/primeclean-to>.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГІДРОРОЗБИВАЧА

к.т.н., доц. Мовчанюк О. М., магістрант Мельніченко А.І.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Ефективність роботи обладнання у потоках приготування макулатурної маси зазвичай залежить від того, як довго робочі органи зможуть протистояти постійному стиранню під впливом різних забруднень. Зміна геометрії призводить не лише до зниження продуктивності та погіршення якості маси, але й до збільшення енергоспоживання та втрат волокна. Особливо це стосується роторів у системах розпускання макулатурної маси та сортування відходів. Саме тому компанія Voith створила спеціалізовані центри з ремонту та обслуговування роторів та сит машин для приготування маси [1].

За допомогою особливої технології зварювання на робочу поверхню ротора (будь-якого виробника) наносять матеріал, що забезпечує стійкість до стирання та корозії. Шар цього матеріалу можна відновити без видалення попереднього шару. Ротори з такою поверхнею відрізняються високою стійкістю до виникнення тріщин, що можуть бути спричинені надмірним динамічним навантаженням. Крім того, лопаті ротора оснащуються високоміцними і зносостійкими кромками, які подовжують їх термін служби [1]. Все це є особливо актуальним для макулатури типу Тетра Пак [2].

**Метою** роботи є підвищення терміну служби робочих органів гідророзбивача та енергоефективності процесу розпускання макулатури типу Тетра Пак.

Геометрія ротора впливає на питоме енергоспоживання системи приготування маси і, як наслідок, на собівартість готової продукції.

Відновлення початкової геометрії допомагає підтримувати оптимальний баланс між експлуатаційними витратами та технологічною ефективністю [1].

Потенціал енергозбереження можна проілюструвати таким прикладом. Припустимо, що система розпускання щорічно виробляє 100 тис. тон вторинного волокна з допустимим вмістом нерозпущених фрагментів (пелюсток) 20% та розрахунковим споживанням електроенергії 17 кВт·год/т. Коли ротор надто зношений, для досягнення того самого вмісту пелюсток йому потрібно споживати 20 кВт·год/т (рис. 1) [1], тобто на 18 % більше.

За вартості електроенергії 0,15 євро/кВт·год ремонт ротора та відновлення його початкової геометрії дозволяє заощадити 45 000 євро. Це пояснюється тим, що зношений ротор або ж відремонтований ротор, який не відповідає специфікації виробника оригінального обладнання, має змінену геометрію і споживає більше енергії за однакового вмісту пелюсток [1].

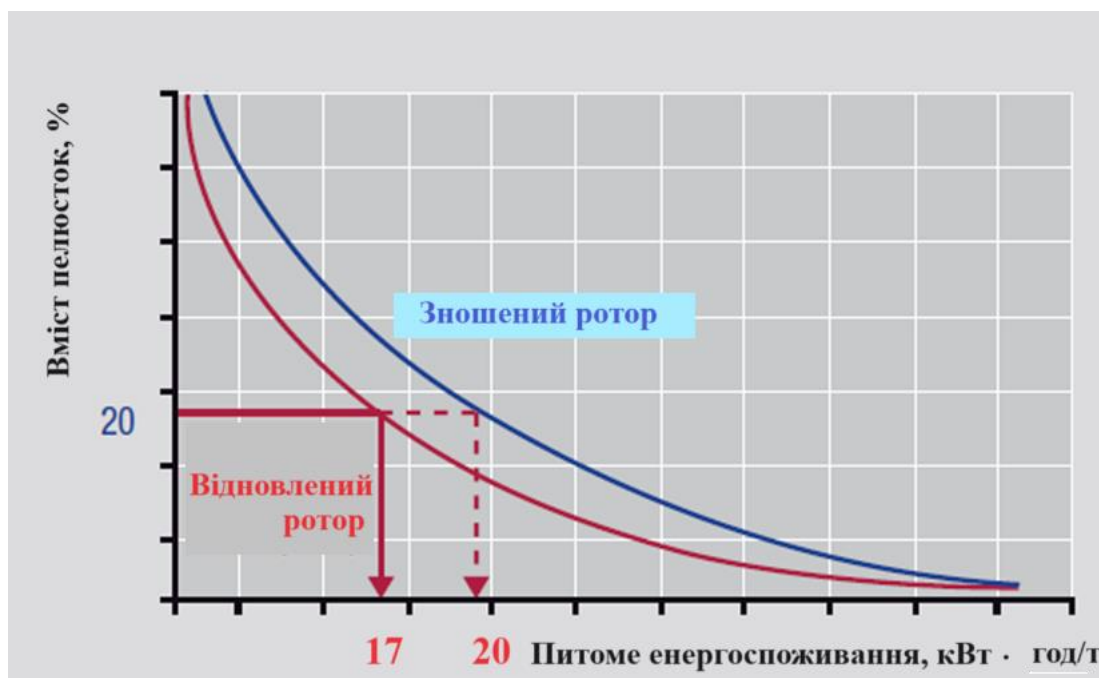


Рис. 1. Питома енергія споживання відновленого і зношеного ротора

На рис. 2 [1] продемонстровано результат регулярного відновлення ротора на нідерландській паперовій фабриці. Необхідно відзначити, що компанія Voith застосовує технологію відновлення роторів з 1991 р. Деякі ротори піддавалися відновленню понад 30 разів, зберігаючи при цьому свою початкову геометрію.

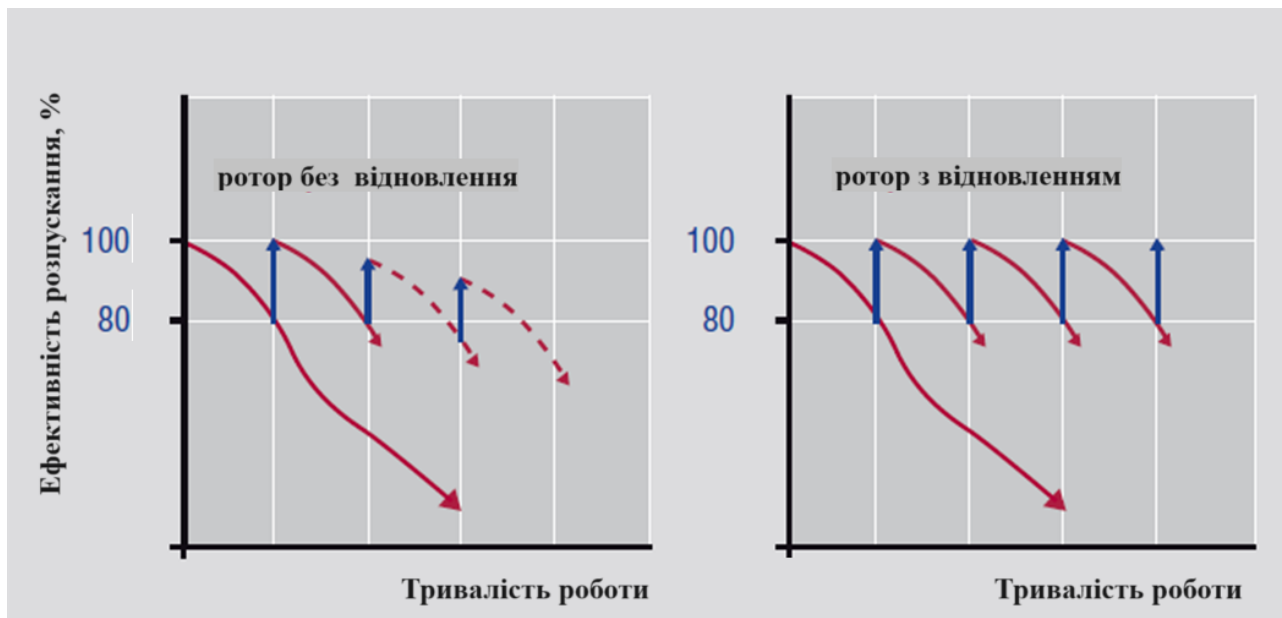


Рис. 2. Результат регулярного відновлення ротора

Таким чином, в результаті використання технології відновлювання робочої поверхні ротора гідророзбивача, що пропонує компанія *Voith*, забезпечується стійкість до стирання, корозії, виникнення тріщин від надмірних динамічних навантажень, а також підвищується ефективність розпускання і знижується споживання електроенергії на цей процес.

#### **Перелік посилань:**

1. Tichler G. Worldwide service for long-lasting stock preparation // *Voith Paper. Twogether.* — 2009. — № 28. P. 68—69.
2. Movchaniuk O., Melnichenko A. Increasing the efficiency of dissolving waste paper from aseptic packaging in fluting production // *Topical aspects of modern*

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
scientific research. Proceedings of the 2nd International scientific and practical conference. CPN Publishing Group. Tokyo, Japan. 26-28 October 2023.  
P. 261—267.

**УДК 676.25+620.3**

## **ЗАСТОСУВАННЯ НАНОЦЕЛЮЛОЗИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПАПЕРУ-ОСНОВИ ДЛЯ ШПАЛЕР**

аспірантка Якименко О. С., магістрант Березовський Г.Г, к.т.н. Яценко О.В.,  
професор Барбаш В. А.

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

Досліджено вплив наноцелюлози із волокон конопель на показники якості паперу-основи для шпалер. Встановлено, що нанесення на поверхню паперу наноцелюлози з витратою більше 3% від маси паперу призводить до суттєвого покращення таких ключових показників якості паперу-основи, як непрозорість, лінійна деформація і повітропроникність, а також до зниження його собівартості за рахунок зменшення частки дороговартісних синтетичних волокон і маси паперу-основи.

**Ключові слова:** папір-основа для шпалер, наноцелюлоза, непрозорість, лінійна деформація, повітропроникність, білість

The effect of nanocellulose from hemp fibers on the quality indicators of the base paper for wallpaper was studied. It was established that the application of nanocellulose on the paper surface with a consumption of more than 3% of the paper mass leads to a significant improvement of such key indicators of the quality of the base paper as opacity, linear deformation and air permeability, as well as to a decrease in its cost price due to a decrease in the share of expensive synthetic fibers and masses of base paper.

**Keywords:** base paper for wallpaper, nanocellulose, opacity, linear deformation, air permeability, whiteness

Одним із поширених технічних видів паперу є папір-основа для вінілових шпалер, світове виробництво якого сягає сотень тисяч тон в рік [1],



а питання удосконалення технології його виготовлення лишається актуальним для підприємств галузі. Для забезпечення необхідних значень показників якості у технології виготовлення паперу-основа для вінілових шпалер застосовується велика номенклатура сировини, матеріалів та хімікатів [2]. До переліку найбільш важливих показників якості паперу-основи шпалер відносяться непрозорість, лінійна деформація, білість. Непрозорість паперу-основи актуальна для світлих (білих) тонких шпалер, які можуть легко просвічуватись і відтворювати колір стіни, на яку вони наклеюються, що недопустимо. Встановлено, що з практичної точки зору цілком прийнятним може бути рівень непрозорості 72% [2]. Досягнення такого рівня непрозорості для паперу 55-60 г/м<sup>2</sup> є складною технологічною задачею. Показник лінійної деформації паперу-основи для шпалер показує на скільки буде зміщуватися малюнок на шпалерах при їх намочуванні. Значення цього показника регламентовано в технічній документації [2] на рівні не більше 0,1%.

Попередні результати показали, що використання наноцелюлози (НЦ) із недеревної рослинної сировини, зокрема із волокон конопель, покращує значення показників паперу і картону [3]. Тому в роботі досліджено вплив НЦ на показники якості паперу-основи для шпалер, для чого використовували зразки паперу-основи для шпалер масою 57 г/м<sup>2</sup>, на які наносили розчин наноцелюлози із волокон конопель, отриманою гідролізом органосольвентної целюлози за методикою, описаною в статті [3], з витратами від 1% до 5% від їх маси. На рис. 1 показано залежність непрозорості та білості зразків паперу від витрат наноцелюлози.

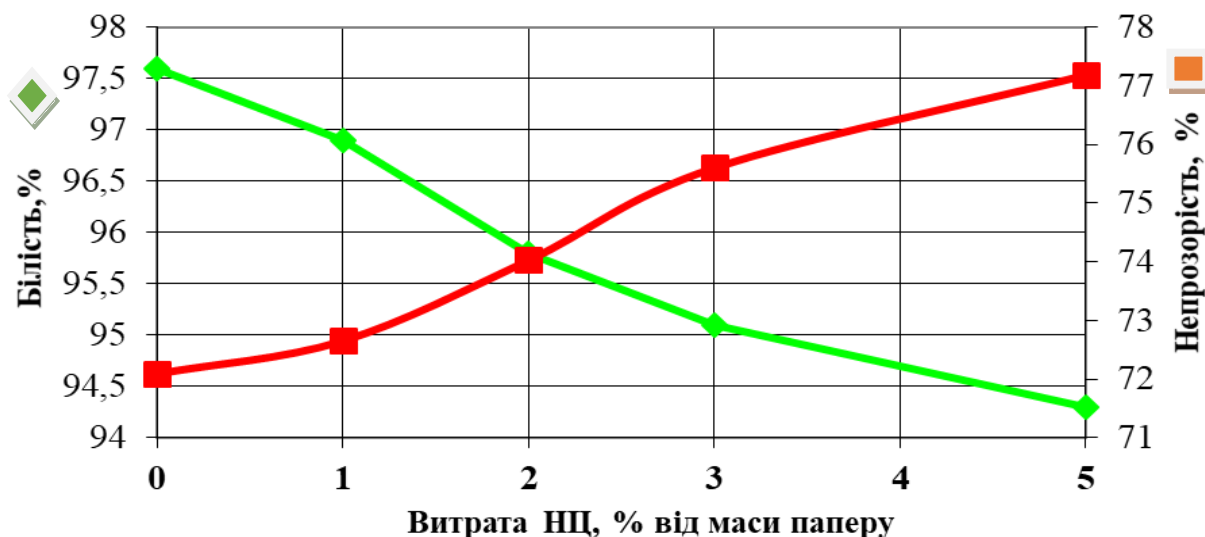


Рис. 1 - Залежність білості та непрозорості паперу-основи від витрат НЦ

Як видно з рис. 1, початкове значення непрозорості зразка паперу-основи знаходиться на гранично допустимому рівні (72%), але навіть невеликі витрати НЦ (1–2%) на поверхню паперу призводить до помітного зростання непрозорості, а обробка 5%-ним розчином збільшує непрозорість на 5%, або на 7% від абсолютного мінімального значення. Таке зростання цього показника свідчить про можливість зниження маси паперу, оскільки інші показники якості не зазнають суттєвих змін чи є не критичними. З даних, наведених на рис. 1 також видно зниження білості паперу із збільшенням витрати НЦ на його поверхню, але залишається в межах нормативних вимог (більше 93%).

На рис. 2 показано залежність лінійної деформації в машинному (MD) та поперечному (CD) напрямках зразків паперу-основи для шпалер від витрат НЦ.

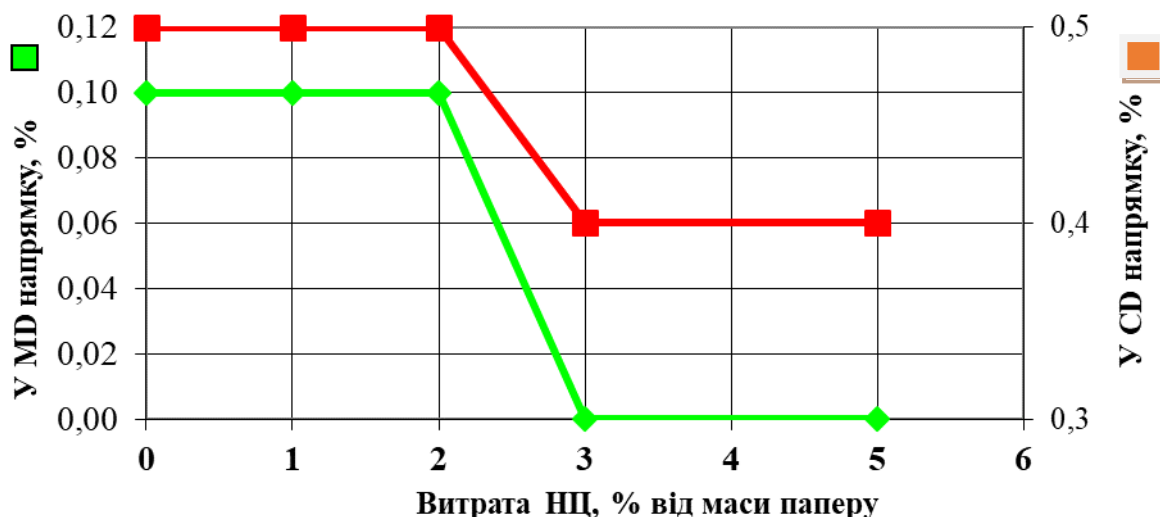


Рис. 2 - Залежність лінійної деформації паперу у від витрати НЦ

Як видно з рис. 2, обробка поверхні зразків паперу розчином НЦ починаючи з витрати 3% від маси паперу помітно зменшує його лінійну деформацію як в машинному, так і в поперечному напрямках у порівнянні з їх значеннями, регламентованими нормативною документацією – не більше 0,1% і 0,5%, відповідно.

В результаті проведених досліджень також встановлено позитивний вплив поверхневої обробки поверхні паперу-основи для шпалер розчином наноцелюлози на показник *повітропроникності* (рис. 3). Як видно з наведених на рис. 3 даних, за витрати 5% НЦ на поверхню паперу-основи для шпалер збільшує повітропроникність майже в півтора рази у порівнянні із зразками паперу без поверхневого нанесення НЦ. Цей показник не є регламентованим але за рахунок вмісту в композиції паперу-основи до 15% синтетичних волокон, повітропроникність матеріалу знаходиться на рівні тканини.

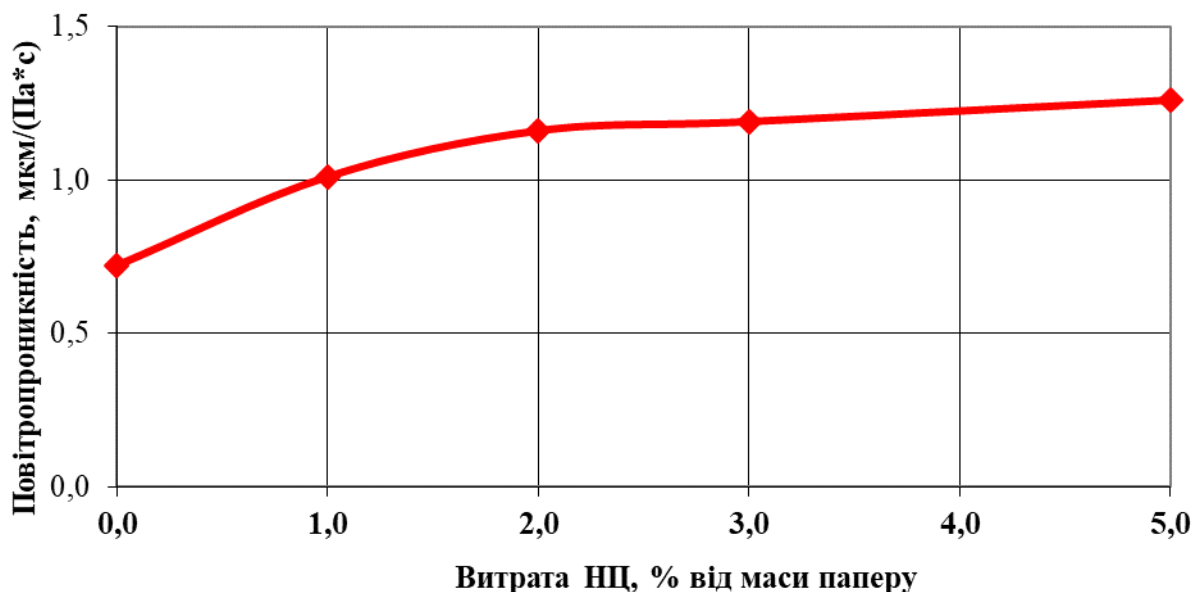


Рис. 3 - Залежність повітропроникності зразків паперу від витрати НЦ

Збільшення значення показника повітропроникності паперу-основи для шпалер є позитивним, оскільки це дозволяє знизити вміст синтетичного волокна, одного із самих дорогих компонентів композиції.

Таким чином, можна стверджувати, що використання розчинів наноцелюлози з витратою більше 3% від маси паперу-основи для шпалер призводить до суттєвого покращення таких ключових показників його якості, як: непрозорість, лінійна деформація і повітропроникність, а також сприяє зниженню його собівартості за рахунок зменшення частки дороговартісних синтетичних волокон і маси паперу.

#### Перелік посилань:

1. Інтернет ресурс: Ринок шпалер <https://construction-market.korfor.com.ua/rynok-shpaler/>
2. ТУ У 21.1-00278735-061:2009 Папір для шпалер
3. Barbash V.A., Yashchenko O.V., Yakymenko O.S. et al. Preparation of hemp nanocellulose and its use to improve the properties of paper for food

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
packaging. Cellulose 29, 8305–8317 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10570-022-04773-6>.

**UDC 676.088**

**FRESH WATER IN THE PRODUCTION PROCESSES OF PAPER PRODUCTS AND THE PRINCIPLES OF REDUCING THE NORMS OF ITS CONSUMPTION**

Bachelor Bilous Vladlena., technical sciences candidate,  
senior scientist, assistant professor Ploskonos V.G.

**National Technical University of Ukraine**

**"The Igor Sykorsky Polytechnical Institute of Kyev"**

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

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

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

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

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

**Summary.** The purpose of this research work is to determine the principles of reducing fresh water consumption depending on the type of products manufactured at the cardboard and paper mill.

As is known from literary sources [1], the main trend in the industry in general and the pulp and paper industry in particular is to reduce the specific consumption of fresh water per unit of marketable products. This approach makes it possible to reduce emissions with waste water and reduce the loss of valuable components for the production system.

The reduction of specific water consumption is mainly due to the intensification of the turnover of water supply. This way is recognized as the most progressive, as it contributes not only to the reduction of the volume of wastewater entering treatment facilities, but also to the saving of raw materials and energy spent on wastewater treatment. Intensification of the reversibility of water supply and the creation of closed systems of water use has become the most widespread at enterprises that use waste paper as secondary semi-finished products, due to the fact that at these enterprises, the requirements for the quality of water used in the production cycle are higher than the requirements in the process of discharging purified water into reservoirs.

Under the condition of creating closed systems of water use, the first and necessary condition is the normal functioning of production, which ensures the production of finished products of a given quality. It is much more difficult to operate such production systems than those operating in conditions without restrictions on fresh water consumption.

The criteria for evaluating water management are the following indicators: specific consumption of fresh water; specific consumption of reagents, electricity and heat for wastewater treatment; the absolute amount of waste generated in the process of wastewater treatment; technical and economic assessment of the adopted system of water use, taking into account wastewater treatment.

The purpose of this work is to determine the principles of reducing fresh water consumption depending on the type of products manufactured at the cardboard and paper mill.

As is known from literary sources [1], the main trend in the industry in general and the pulp and paper industry in particular is to reduce the specific consumption of fresh water per unit of marketable products. This approach makes it possible to reduce emissions with waste water and reduce the loss of valuable components for the production system.

The reduction of specific water consumption is mainly due to the intensification of water supply turnover. This way is recognized as the most progressive, as it contributes not only to the reduction of the volume of wastewater entering treatment facilities, but also to the saving of raw materials and energy spent on wastewater treatment. Intensification of the reversibility of water supply and the creation of closed systems of water use has become the most widespread at enterprises that use waste paper as secondary semi-finished products, due to the fact that at these enterprises, the requirements for the quality of water used in the production cycle are higher than the requirements in the process of discharging purified water into reservoirs.



Under the condition of creating closed systems of water use, the first and necessary condition is the normal functioning of production, which ensures the production of finished products of a given quality. It is much more difficult to operate such production systems than those operating in conditions without restrictions on fresh water consumption.

The criteria for evaluating water management are the following indicators: specific consumption of fresh water; specific consumption of reagents, electricity and heat for wastewater treatment; the absolute amount of waste generated in the process of wastewater treatment; technical and economic assessment of the adopted system of water use, taking into account wastewater treatment.

In accordance with consolidated norms of water consumption and drainage, the specific consumption of fresh water for box cardboard of the A and B brands was determined within 40 m<sup>3</sup>/t. At the same time, the average practical indicator of consumption of fresh water per unit of production in the industry was at the level of 40 m<sup>3</sup>/t; at Zhydachivsky KPC - 32 m<sup>3</sup>/t, - Kyiv KPK - 25 m<sup>3</sup>/t, - at Rubizhansky KPC - 19 m<sup>3</sup>/t. At one time, as a result of the use of developments carried out at the Ukrainian Research Institute of the Pulp and Paper Industry (UkrNDIP) at the Suoyarva Paper Factory, it was possible to achieve fresh water consumption in the range of 7-8 m<sup>3</sup>/t. At that time, many enterprises in Europe implemented water use systems with fresh water consumption of at least 10-12 m<sup>3</sup>/ton of products.

At the moment, the technologies of water use and wastewater treatment that ensure the stable operation of water use systems in the process of cardboard production using waste paper as raw material in the range of 8-20 m<sup>3</sup>/ton have been substantiated and mastered. At the same time, under the condition of using return water in the process of paper and cardboard production, it is possible to accumulate harmful substances in the water use system, which can lead to accelerated destruction of equipment and an excess of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ions before discharge into the reservoir of treated wastewater, as well as to the accumulation of harmful

gases in the shop In most cases, there is no single approach to the requirements for water used in the production of paper and cardboard. These requirements are developed in different countries, depending on local conditions related to the possibilities of water supply for the production of pulp and paper products. These requirements are general not only for the pulp and paper industry, but also for other branches of production.

Thus, it was determined that the reduction of the specific consumption of fresh water occurs mainly due to the intensification of water supply turnover, and this path is recognized as the most progressive in the field of pulp and paper production.

### **References**

1. Zamoruev B.M. Use of water in pulp and paper production - Forest industry. : 2003. - 216 p.
2. Primakov S. P., Barbash V. A. Paper and cardboard technology: a textbook for universities. - Keith: ECMO. - 2008. - 425 p.

## СТІЙКІСТЬ ЦЕЛЮЛОЗИ З ПАВЛОНІЇ ДО ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ

Р. Черьопкіна, доц., Н. Шикунів, магістрант, О. Орлова, магістрант

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

*Анотація:* Досліджено делігніфікацію деревини павловнії натронним способом з використанням каталізаторів антрахінону та етилового спирту на якість отримання целюлози. Запропоновано метод прискореного штучного старіння волокон целюлози із застосуванням підвищених температур. Показано, що термовплив найбільше знижує показник міцності на злом під час багаторазових перегинів.

*Ключові слова:* павловнія, делігніфікація, каталізатор, штучне старіння

## RESISTANCE OF PAULONIA CELLULOSE TO LONG-TERM STORAGE

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

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

*Abstract:* The delignification of paulownia wood by the sodium method using anthraquinone and ethyl alcohol catalysts was studied for the quality of cellulose production. A method of accelerated artificial aging of cellulose fibers using elevated temperatures is proposed. It has been shown that thermal exposure most significantly reduces the breaking strength index during repeated bending.

*Key words:* paulownia, delignification, catalyst, artificial aging

Останнім часом у всьому світі спостерігається збільшення використання листяної целюлози у виробництві паперу. Незважаючи на її основний недолік – наявність короткого волокна в межах 0,8 – 1,4 мм та наявності 10 – 20 % неволокнистих судин, що призводить до зниження міцності паперу, введення в композицію паперу листяної целюлози покращує його гладкість, непрозорість, друкарські властивості [1, 2].

Треба відмітити, що для листяної целюлози характерно також наявність більшої кількості низькомолекулярних фракцій полісахаридів у вигляді геміцелюлоз, що впливає на ступінь її використання у таких видах паперу, які потребують тривалого терміну зберігання. У першу чергу це пояснюється тим, що геміцелюлози піддаються гідролізу інтенсивніше, ніж целюлоза завдяки більш їх доступності, оскільки вони розміщуються між фібрилами в аморфних областях.

Аморфна частина надмолекулярної будови целюлози легше піддається дифузії реагентів, ніж кристалічна, і гідроліз швидше перебігає в більш доступних аморфних областях. За рахунок лінійної регулярної будови макромолекул, кристалічна структура та міцні водневі зв'язки роблять целюлозу більш стійкою до гідролізу порівняно з геміцелюлозами деревини [1, 2, 3].

Виходячи з особливостей складу листяних напівфабрикатів, дослідженню піддавали целюлозу, отриману з деревини павлової на стійкість до збереження, що є визначальним чинником довговічності паперу та забезпечує його необхідні властивості у процесі тривалої експлуатації [4].

Для моделювання змін у волокнах у певному часовому проміжку, запропоновано використання методу прискореного штучного старіння із застосуванням підвищених температур [5]. За підвищених температур у волокні відбуваються такі зміни, для яких можуть знадобитися роки або

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
десятиліття за нормальних умов експлуатації, однак їх можна досягнути за коротший час.

**Метою даної роботи** є вивчення впливу на стійкість до старіння целюлози, отриманої з деревини павловнії.

Для дослідження використовували тріски павловнії довжиною 30 – 35 мм, товщиною  $\approx 2$  мм. Делігніфікацію деревини проводили натронним розчином за витрат активного лугу 28 % в од.  $\text{Na}_2\text{O}$  від маси абс. сух. сировини з використанням у розчині, або 0,1% антрахінону, або 20 % об'ємних спирту, або 0,1 % антрахінону + 20 % об'ємних спирту. Для кращого просочування трісок здійснювали підйом температури від 80 °С до 170 °С впродовж 120 хв та безпосередньо за кінцевої температури процес продовжували ще 120 хв. У результаті отримали волокнисті напівфабрикати, у яких визначали вихід та вміст залишкового лігніну. Для визначення показників міцності, з розмелених ВНФ виготовляли відливки масою 75 г/м<sup>2</sup>. Отримані результати досліджень наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Технологічні параметри варіння та показники якості отриманих волокнистих напівфабрикатів натронного варіння павловнії за температури 170 °С

Умови варіння	Вихід, %	Lign, %	Фізико-механічні показники вихідних ВНФ		
			Розривна довжина, м	Міцність на злом під час багаторазови х перегинів, к.п.п.	Опір продавлю- ванню, кПа
Чисто натронне	47,6	4,5	6820	82	287
Натронне + 0,1% АХ	42,1	2,7	9361	2466	471
Натронне + 20 % спирту	45,9	5,5	9884	2479	330
Натронне + 0,1% АХ + 20 % спирту	44,7	3,8	8384	2318	394

Як видно з даних табл. 1 у результаті варіння за підвищених витрат активного лугу 28 % в од.  $\text{Na}_2\text{O}$  від маси абс. сух. сировини отримано волокнисті напівфабрикати у вигляді целюлози.

Додавання каталізатора антрахінону дозволяє поглибити делігніфікацію, що позитивно впливає на показники міцності целюлози. Використання у розчині спирту призводить до підвищення виходу целюлози, частково за рахунок стабілізації геміцелюлоз у порівнянні з чисто натронним варінням, що позначається на високих фізико-механічних показниках.

Режим штучного старіння виготовлених зразків целюлози проводили за стандартною методикою ISO 5630-1 (TAPPI 453): суха термообробка за температури 105 °C. Прийнято вважати, що 3 доби такого старіння відповідає 25-ти рокам природнього старіння [5].

Після термооброблення зразки піддавали дослідженню на розривне зусилля (розраховували розривну довжину), міцність на злом під час багаторазових перегинів та опір продавлюванню згідно стандартних методик [6].

Динаміку зміни властивостей целюлозних волокон у процесі старіння характеризували втратою показника у відсотках від значення цього показника у зразка, що не піддавався старінню.

Таблиця 4 – Зміни показників міцності волокнистих напівфабрикатів відносно початкового зразка за три доби (0 – 72 години)

Зразки целюлози, виготовлені за умов:	Зміна показника, %		
	розривної довжини	міцності на злом під час багаторазових перегинів	опору продавлюванню
Чисто натронного	36,5	97,5	13,6
Натронне + 0,1% АХ	7,5	12,9	35,7
Натронне + 0,1% АХ + 20% спирт	12,5	20,1	19,8
Натронне + 20% спирт	14	33,2	13,6

Відповідно до отриманих змін показників міцності можна зробити висновок, що у ході термічного старіння волокнистих напівфабрикатів, показники міцності знижуються. Це зумовлено втратою волокном хімічно зв'язаної води та подальшою деструкцією водневих зв'язків між ланками целюлози, що відбуваються під дією температури. Слід зауважити, що найбільше зниження спостерігається для показника міцності на злом під час багаторазових перегинів, що підтверджується літературними даними.

#### ЛІТЕРАТУРА

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. M. Nakan Akyildiz and Hamiyet Sahin Kol. Some technological properties and uses of paulownia (*Paulownia tomentosa* Steud.) wood. *Journal of Environmental Biology*, 31 351-355 (May 2010).

3. Черьопкіна Р.І., Трембус І.В., Дейкун І.М. Технологія виробництва сульфатної целюлози: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології» /;– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 274 с.

4. D. Chernyshenko R. Cherepkina. Artificial aging of paulownia fibers. Збірник тез доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (05-07 грудня 2022 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – С. 215 – 219.

5. ISO 5630-1 (TAPPI 453): суха термообробка за температури 105 °C. <https://keystonecompliance.com/tappi-ansi-t-453/> TAPPI/ANSI T453 Effect of Dry Heat on Properties of Paper and Board

6. Черьопкіна Р. І., Дейкун І. М., Трембус І. В. Технологія і обладнання виробництва волокнистих напівфабрикатів. Лабораторний практикум. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітня програма «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського;. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 68 с



## ВИКОРИСТАННЯМ НАНОЦЕЛЮЛОЗИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ КАРТОНУ

магістрант Бахман С.О., аспірантка Якименко О. С., професор Барбаш В.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Досліджено вплив алкіл кетен димеру (АКД) і наноцелюлози (НЦ) із пожнивних решток кукурудзи на показники якості картону для плоских шарів гофрокартону. Встановлено, що введення АКД з витратою 0.15% і НЦ з витратою 0.5% у волокнисту масу достатньо для виготовлення картону, що відповідає вимогам стандарту. Показано, що поверхневе нанесення НЦ з витратою 2 г/м<sup>2</sup> на поверхню картону, в композицію якого внесено АКД і НЦ по 0.15% від маси картону, задовольняє вимогам стандарту. Виявлено, що економічно більш доцільно додавати НЦ безпосередньо у волокнисту масу у порівнянні з нанесенням НЦ на поверхню картону.

**Ключові слова:** наноцелюлоза, картон, показники якості

The influence of alkyl ketene dimer (AKD) and nanocellulose (NC) from corn harvest residues on the quality indicators of cardboard for flat layers of corrugated cardboard was studied. It was established that the introduction of AKD with a consumption of 0.15% and NC with a consumption of 0.5% into the fibrous mass is sufficient for the production of cardboard that meets the requirements of the standard. It is shown that the surface application of NC with a consumption of 2 g/m<sup>2</sup> on the surface of cardboard, in the composition of which AKD and NC are introduced at 0.15% of the weight of the cardboard, satisfies the requirements of the standard. It was found that it is economically more expedient to add NC directly to the fibrous mass compared to applying NC to the cardboard surface.

**Key words:** nanocellulose, cardboard, quality indicators

В контексті сталого розвитку актуальною проблемою для світової целюлозно-паперової промисловості є заміна хімічних допоміжних речовин (ХДР) із вичерпних природних джерел – нафти, газу, вугілля – на екологічно безпечні матеріали [1]. До таких екологічно безпечних речовин відносяться целюлозовмісні продукти, зокрема наноцелюлоза (НЦ). У роботі досліджено вплив алкіл кетен димеру (АКД) і НЦ із поживних решток кукурудзи [2] на показники одного із масових видів картонно-паперової продукції – картону для плоских шарів гофрокартону. Варіанти дослідження процесу отримання картону масою  $175 \text{ г/м}^2$  наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 - Варіанти дослідження процесу отримання картону

<b>№ варіанту</b>	<b>Витрати АКД і НЦ, % від маси картону</b>	<b>Товщина, мм</b>
<b>1</b>	без ХДР	0,339
<b>2</b>	0,3/0	0,328
<b>3</b>	0,15/0	0,284
<b>4</b>	0,15/0,15	0,283
<b>5</b>	0,15/0,3	0,275
<b>6</b>	0,15/0,5	0,294
<b>7</b>	0,15/1,0	0,276
<b>8</b>	0,15/0,15 + $1 \text{ г/м}^2$	0,318
<b>9</b>	0,15/0,15 + $2 \text{ г/м}^2$	0,273
<b>10</b>	0,15/0,15 + $3 \text{ г/м}^2$	0,297

Результати отриманих досліджень наведено на рисунках 1 – 3. Як видно із даних рис. 1, значення показника абсолютного опору продавлювання картону досягає вимог стандарту [3] у варіантах 6 і 7, коли у волокнисту масу введено АКД з витратою 0.15% і НЦ з витратою 0.5% (варіант 6 або 1,0% варіант 7) від маси картону або у варіантах 9 і 10, коли в волокнисту композицію вносили АКД і НЦ по 0.15% від маси картону, а на поверхню

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

картону додатково наносили НЦ з витратою  $2 \text{ г/м}^2$ . Це пояснюється тим, що додавання наноцелюлози сприяє збільшенню вмісту ОН-груп, здатних до утворення додаткових водневих зв'язків, які надають підвищеної міцності зразкам картону. Збільшення значень показника руйнівного зусилля при стисненні кільця картону також спостерігається із збільшенням вмісту НЦ у волокнистій масі (варіанти 4-6) або у варіантах 9-10, за додаткового нанесення НЦ на поверхню картону (рис. 2).

При цьому зростання значення показника руйнівного зусилля при стисненні кільця картону становить 43% у порівнянні із зразком без додавання ХДР.

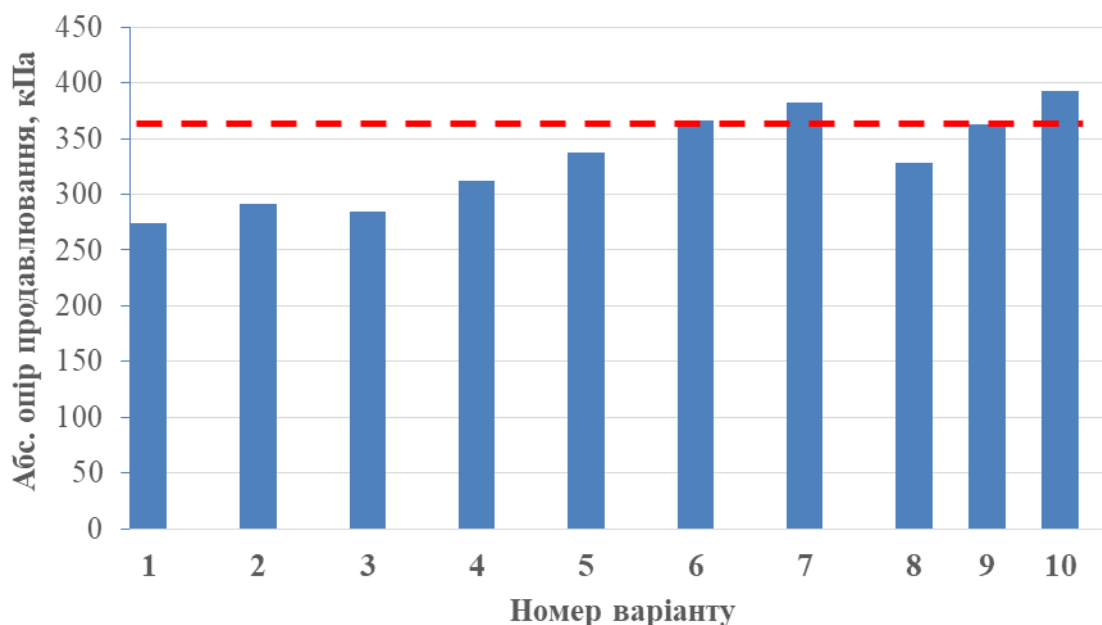


Рис. 1 - Абсолютний опір продавлюванню картону досліджених варіантів (пунктиром показано вимоги стандарту)

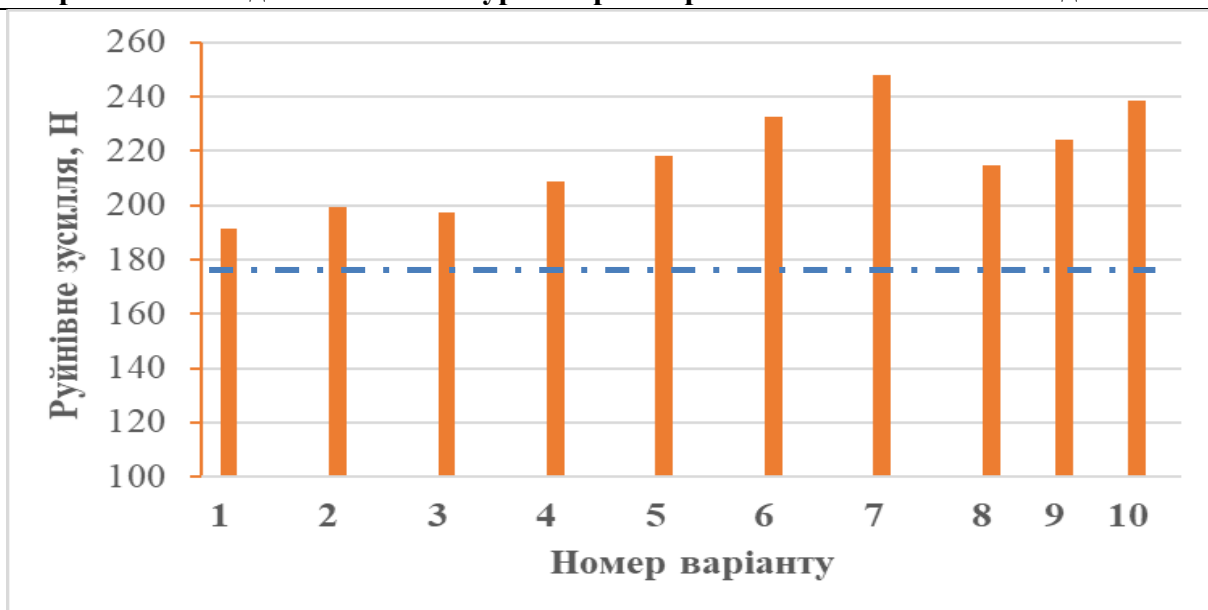


Рис. 2 - Руйнівне зусилля при стисненні кільця зразків картону досліджених варіантів (пунктиром показано вимоги стандарту)

Вимогам стандарту [3] до показника картону поверхнева вбирність (Кобб<sub>60</sub>) відповідають зразки картону варіантів 4-7 (рис. 3) з додаванням НЦ з 0,15% в масу або варіантів 9-10 з нанесенням 2 г/м<sup>2</sup> НЦ на поверхню картону.

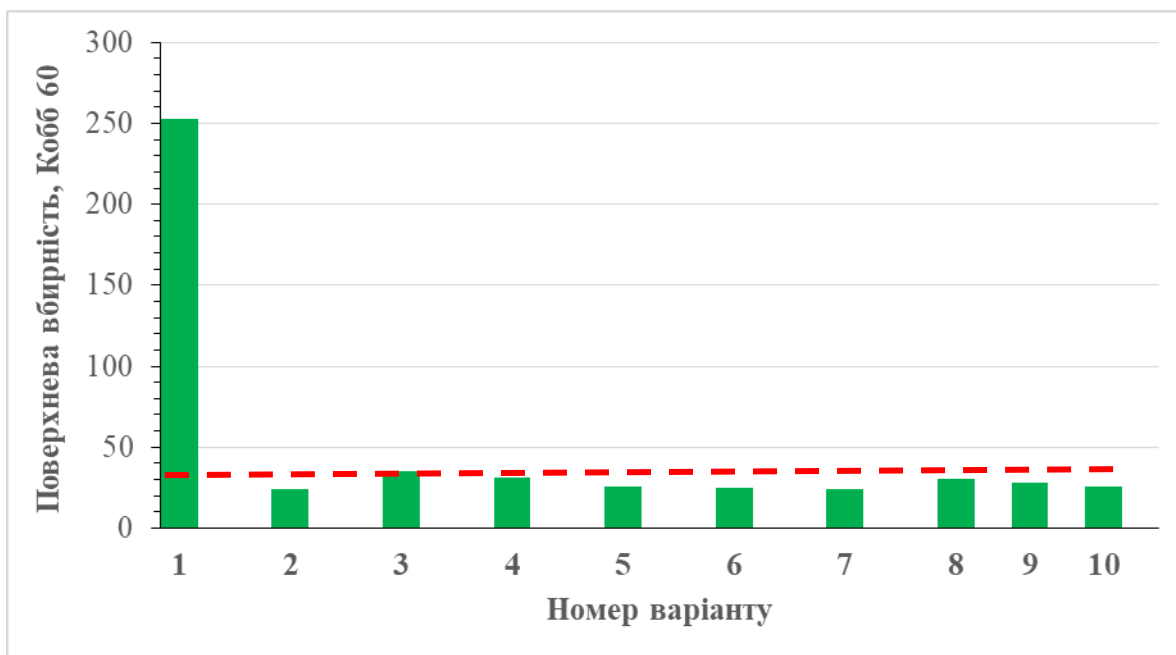


Рис.3 - Поверхнева вбирність по Кобб<sub>60</sub> зразків картону досліджених варіантів (пунктиром показано вимоги стандарту)

Таким чином, можна зробити висновок про позитивний вплив наноцелюлози для покращення показників якості картону для плоских шарів гофрокартону. Також можна констатувати, що економічно більш доцільно додавати НЦ безпосередньо у волокнисту масу у порівнянні з нанесенням НЦ на поверхню картону.

**Перелік посилань:**

1. Барбаш В.А. Технології перероблення недеревної рослинної сировини у целюлозовмісну продукцію: монографія. Київ: Каравела, 2022. - 360 с.
2. Barbash V. A., Yashchenko O. V., Yakymenko O. S., Myshak V. D.. Extraction, properties and use of nanocellulose from corn crop residues. Applied Sciences, 14 p. 2023. <https://doi.org/10.1007/s13204-023-02926-y>
3. Картон тарный макулатурный ТУ У 21.1-05509659-026:2005

УДК 004.738

## **ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В ПОБУТІ**

Федін В.М., студент, Трус І.М., доцент, к.т.н.,

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

*Анотація* – у статті розглянуто роль сучасних технологій інтернету речей у моніторингу та оптимізації енергоспоживання в побуті. Зокрема, детально описано використання розумних термостатів та смарт вимикачів для забезпечення ефективного використання енергії в будинках та наведено переваги та недоліки. Приділяється увага на важливість цих технологій для збереження енергоресурсів, зменшення викидів парникових газів та сталого розвитку

*Ключові слова* – інтернет речей, розумний термостат, смарт вимикачі, енергоефективність, моніторинг енергоспоживання.

В сучасному світі технології не стоять на одному місці. Цифрові технології створюють унікальні можливості для забезпечення ефективного використання енергії в побуті. Моніторинг та оптимізація енергоспоживання є важливими складовими для екології та енергоефективності. Використовуючи сучасні технології та системи моніторингу, здійснюється контрольоване споживання енергії в будинках.

Інтернет має велике значення для людини в сучасному світі, як засіб для зв'язку, отримання, передачі і навіть зберігання інформації. Інтернет речі має одну мережу апаратів різного роду та призначення. Інтернет речей

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
працює використовуючи датчики, програмне забезпечення та інші необхідні технології, що зв'язують пристрої між собою та дозволяє обмінюватись даними між ними. А отже, можна сказати – це всевітня мережа для електроніки [1].

За даними дослідницької компанії IoT Analytics, у 2021 році у світі налічувалося понад 12 млрд пристроїв Інтернету речей, і експерти прогнозують зростання до 22 млрд до 2025 року [1].

Новітні технології інтернету речей та штучного інтелекту можуть зменшити витрати енергоспоживання, регулюючи електричні системи в реальному часі. Використання розумних термостатів, які мають функцію відстеження споживання енергії та температури, допоможе мінімізувати енергоспоживання, і при цьому надаватимуть можливість підтримувати комфортні умови для проживання людини [2].

Як переваги інтернету речей можна віднести: підвищену ефективність, автоматизацію та контроль, енергоефективність та впровадження в подальшому для розумних міст та будівель, а як недоліки: проблеми з безпекою, приватність даних, відсутність єдиних стандартів для різних пристроїв інтернету речей та проблеми з розвитком мережевої інфраструктури [3].

Для збереження енергоресурсів, зменшення викидів парникових газів, економії коштів та забезпечення сталого розвитку необхідно використовувати розумні термостати. Розумні термостати створюють комфортні умови для проживання людини і надають можливість спростити або навіть повністю автоматизувати процес регулювання температури в домі. Розумні термостати з підтримкою технології Wi-Fi надають людині можливість мати віддалено доступ до керування розумним термостатом, контролювати температуру за допомогою голосового асистента, економити витрати на комунальні послуги та вмикати попередній нагрів або

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
охолодження приміщення віддалено за допомогою смартфона, планшету або комп'ютеру [4].

Отже, можна сказати, що розумні термостати самостійно приймають рішення при нагріванні або охолодженні, враховуючи наявні фактичні екологічні фактори, саме через використання алгоритмів зондування і визначення місця розташування людини [5].

Для моніторингу та оптимізації енергоспоживання використовують новітні технології, такі як смарт вимикачі, які дозволяють керувати приладами дистанційно за допомогою смартфона або планшету. Смарт вимикачі надають змогу встановити розклад увімкнення світла в певний час та у певні дні, керувати за станом яскравості світла, а саме за його зменшенням або збільшенням та виявляти рух в кімнаті. Можна сказати що розумні вимикачі світла (смарт вимикачі) мають не тільки зручність та ефективність, а й раціонально використовують енергію, надаючи змогу користувачам самостійно вимикати світло, коли воно не потрібно [6].

Підсумовуючи, можна відзначити що, нині сучасні новітні технології інтернет речей грають важливу роль в моніторингу та оптимізації енергоспоживання в побуті. Розумні термостати та смарт вимикачі мають вагоме місце в сучасному світі, а їх ефективне використання енергії в будинках, та забезпечення комфортних умов для користувачів, сприяє збереженню енергоресурсів, зменшенню викидів парникових газів та забезпечення сталого розвитку.

### **Список використаної літератури.**

1. Як працює Інтернет речей: суть технології та її застосування в сучасному світі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://focus.ua/uk/digital/521863-kak-rabotaet-internet-veshchey-sut-tehnologii-i-ee-primenenie-v-sovremenom-mire> (дата звернення 01.11.2023). – Назва з екрану.



2. Як ШІ та Інтернет речей можуть сприяти розвитку розумних міст у майбутньому? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://thetransmitted.com/ai/yak-shi-ta-internet-rechej-mozhut-spriyati-rozvitku-rozumnih-mist-u-majbutnomu/> (дата звернення 02.11.2023). – Назва з екрану.

3. Інтернет речей (IoT) – що це таке і як працює, суть, технології і приклади. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: [https://termin.in.ua/internet-rechej-iot/#Osnovni\\_perevagi\\_ta\\_nedoliki\\_Internetu\\_recej](https://termin.in.ua/internet-rechej-iot/#Osnovni_perevagi_ta_nedoliki_Internetu_recej) (дата звернення 03.11.2023). – Назва з екрану.

4. Вибираємо розумний термостат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://obrii.com.ua/info/22723-vibirayemo-rozumnij-termostat.html> (дата звернення 04.11.2023). – Назва з екрану.

5. Смарт термостати або базові термостати, що частіше вибирають споживачі? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://techhome.kiev.ua/uk/articles/smart-termostaty-ili-bazovye-chto-vybirajut-rokupateli/> (дата звернення 05.11.2023). – Назва з екрану.

6. НАВИЩО ПОТРІБНІ СМАРТ ВИМИКАЧІ У БУДИНКУ? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://netgate.kiev.ua/tekhnologii/9484-navishho-potribni-smart-vimikachi-u-budinku/> (дата звернення 05.11.2023). – Назва з екрану.

**УДК 676.252**

## **THE ADHESION OF TISSUE PAPER**

**Master Syroid T. O, Senior Lecturer Ostapenko A.A.**

**National Technical University of Ukraine**

**"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

### **Introduction**

The creping process has a great impact on the properties of the final tissue paper. The creping process involves a delicate balance between pull forces and release forces. These forces depend on the adhesive chemicals and oil releases that are sprayed onto the Yankee cylinder. This balance is also influenced by the properties of the pulp. Previously, when no adhesive chemicals were used on the Yankee cylinder, the bonding force was determined by the hemicellulose content of the paper web, and this caused a natural adhesion layer between the paper and the cylinder. Today, coating chemicals are always used that are sprayed onto the Yankee cylinder to control the grip force.

An important property of the coating layer is its ability to re-wett [1] and thus to create a sticky surface, the coating for the wet paper web is pressed against the drying cylinder. The concentration of the adhesive used in the experiments and the grammage of the paper were very significant parameters [1]. They were more important than the type of adhesive used in terms of the shear strength required to separate the paper from the metal.

Whipping pulp increases bond strength [2] for several reasons: 1) churning increases the flexibility of the fibers, resulting in a hardening of the fiber network, 2) churning increases the contact area between the fibers and between the fibers and the Yankee cylinder, and 3) churning increases the number of small fines. Small products have a larger surface area than fibers at a given weight, which

contributes to a larger surface area available for fiber-to-fiber bonds[3] and between fibers and the metal surface.

The hemicellulose content of white water also affects adhesion [3]. In general, the higher hemicellulose content increases the strength of the bond. The amount of dissolved hemicellulose also increases as the pH rises.

**The purpose of the study** was to determine whether certain specific parameters affect the adhesion force between the paper web and the metal surface, simulating the surface of a Yankee cylinder. The studied parameters were: the amount of the fine fraction, the amount of hemicellulose and the degree of fiber beating (SR).

An even coating layer is important because it will result in a stronger bond between the paper and the Yankee cylinder. It also becomes easier to obtain the homogeneous properties of the paper. If the adhesion is strong and uniform, the bond between the fiber and the fiber breaks inside the paper sheet when the doctor's blade touches the paper web. This is beneficial for the quality of tissue paper, as it creates volume, which leads to better absorption. However, the adhesion can also become too strong, and this can cause the web to tear. Conversely, if the adhesion is too weak, the paper may fall off the cylinder before the paper hits the doctor's blade, resulting in the formation of paper crezines.

To achieve strong and uniform adhesion, the sheet must be pressed against the cylinder when the coating is as sticky as possible. For easy propagation of coating chemicals, the high surface energy of the cylinder and the low surface energy of the chemicals are preferred [3]. The paper dries on the Yankee cylinder in about one second; about three-quarters of a turn around the Yankee cylinder. After that, it is scraped off the balloon with a doctor's blade. Creping adds volume to the sheet and creates a more porous structure when the fibers are torn off the surface of the canvas.

Figure 1 shows that there was a correlation between the tensile strength of non-crepe paper and the crepe strength for paper made from SW roundwood pulp.

The change in tensile strength was obtained by churning in a PFI mill. The runout levels correspond to SR: 14.5°, 15.8°, 16.8° and 19°. The figure shows that the increase in tensile strength obtained by increasing the degree of runout clearly increased the fastening force.

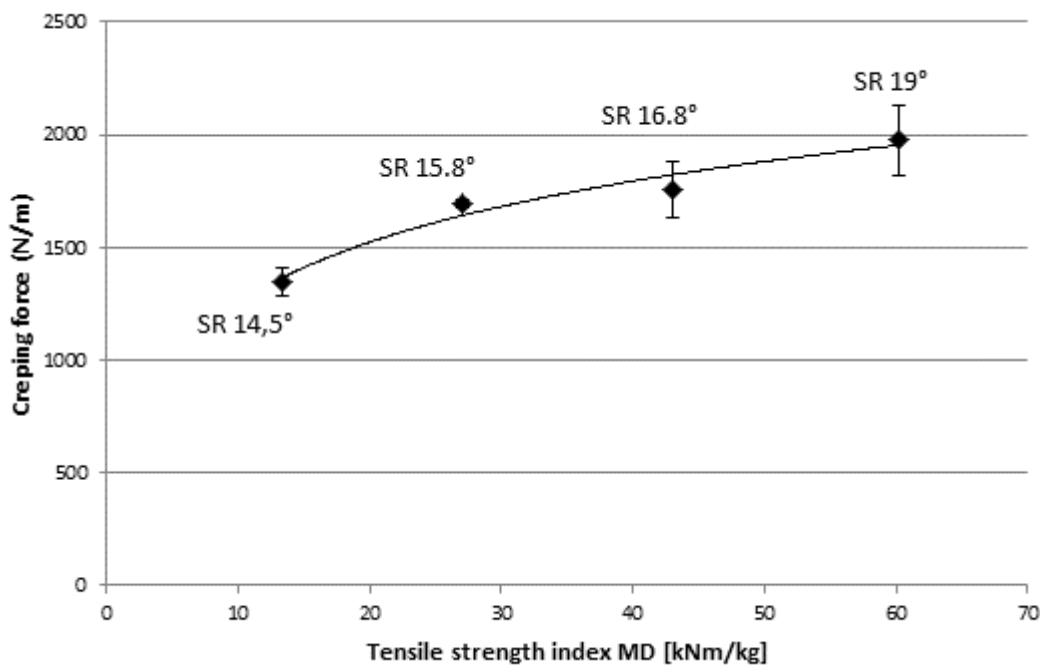


Figure 1. Fastening forces for SW round wood pulp at different beating levels: no churning (SR 14.5°), 190 revolutions (SR 15.8°), 570 revolutions (SR 16.8°), and 1000 revolutions (SR 19°). The error bars are based on 95% confidence intervals of ten samples [5].

The reason for the runout effect is that runout causes internal and external fibrillation of the fibers [5] and therefore the amount of fines will increase. Fine particles will be mixed with the coating layer on the metal plate when the paper is adhered, and these fine particles will promote adhesion between the paper and the metal surface. Fibrillation will also increase the bonding area between the fibers and hence the tensile strength due to the greater number of hydrogen bonds between the fibers.

Fibrillation will increase the flexibility and contact surface area of the fibers and thus the possibility of bonding to the surface of the Yankee cylinder. The tensile strength measured on unbonded paper has an increasing influence on

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
the creping force, where the creping force is measured as the force required to scrape the paper off the metal.

There is also a contribution to the creasing force from the curvature of the paper at the creasing point. The thicker the paper, the higher the bending stiffness of the specimens, and this contributes to the creping force [5].

### **References:**

1. Boudreau, J., Hollmark, H. and Beghello L. Chemical and morphological analyses of the tissue yankee coating // *Nordic Pulp & Paper Research Journal*. – 2009. – no. 24(1) – p. 52-59
2. Morais F.P., Bértolo R.A.C., Curto J.M.R., Amaral M.E.C.C., Carta A.M.M.S., Evtyugin D.V. Comparative characterization of eucalyptus fibers and softwood fibers for tissue papers applications // *Materials Letters: X*. – 2019. – Vol.4– p.1052-1056
3. Gigac J., Fišerova M. Influence of pulp refining on tissue paper properties // *TAPPI Journal*. – 2018. – no.7– p.27-32
4. Morais F.P., Bértolo R.A.C., Curto J.M.R., Amaral M.E.C.C., Carta A.M.M.S., Evtyugin D.V. Characterization data of pulp fibres performance in tissue papers applications // *Data in brief*. – 2020. –Vol.29– p.1250-1265
5. Boudreau, J., and Germgård, U. Influence of various pulp properties on the adhesion between tissue paper and yankee cylinder surface // *BioResources* – 2014. –Vol.9(2)– p.2107-2114

## **ПРОКЛЕЮВАННЯ ПАПЕРУ В НЕЙТРАЛЬНОМУ ТА ЛУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

**магістр Шикунів Н., к.т.н., доцент Черьопкіна Р.І.**

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

**АНОТОЦІЯ.** Показано застосування проклеювання паперу в нейтральному та лужному середовищі для підвищення терміну зберігання паперу. Обґрунтовано використання поверхневого проклеювання із використанням плівкового клеїльного преса.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПРОКЛЕЮВАННЯ, НЕЙТРАЛЬНЕ ТА ЛУЖНЕ СЕРЕДОВИЩЕ, НАПОВНЕННЯ, ЛУЖНИЙ РЕЗЕРВ, ПАПІР

Технологія отримання паперу та картону в нейтральному та лужному середовищах знаходить все більше застосування у всьому світі. Нині близько 70 % паперу, який не містить деревної маси, виготовляють проклеюванням у нейтральному або слаболужному середовищі на відміну від кислого.

Основним недоліком отримання паперу в кислому середовищі зниження первинної міцності паперу, а також різке зменшення його довговічності. Дослідженнями показано, що папір, який використовується для друку книг, виготовлений за низьких значень рН, втрачає свої властивості протягом усього лише 25 – 30 років.

Переважаючими факторами переходу до від кислого до нейтрального методу проклеювання є можливість використання карбонату кальцію в якості наповнювача, потреба у нових видах паперу та картону з особливими показниками якості, екологічні питання.

Треба відмітити, що проклеювання в умовах нейтрального та лужного середовища забезпечує більш високий ступінь гідрофобності та високу

міцність паперу, знижує корозію обладнання, підвищує утримання наповнювача і дозволяє підвищити зольність паперу без погіршення відповідних показників її міцності.

Підвищення міцності виготовленого в лужному середовищі паперу, дозволяє збільшити кількість листяної целюлози у багатьох видах паперу і картону замість хвойної, яка значно дорожча.

У технології отримання паперу крім проклеювання проводять наповнення маси, наприклад, для паперу для друку, цигаркового і ін.. Застосування мінеральних наповнювачів у папері дозволяє покращити друкарські властивості, підвищує білість, непрозорість, знижує вартість. Однак наповнювачі негативно впливають на проклеювання, механічні показники, тому їх призначення та кількість повинні бути обгрунтовані.

Вплив наповнювача на проклеювання обумовлюється його природою, витратою та розміром частинок. Вважається, що карбонат кальцію в меншій мірі ускладнює проклеювання, ніж, наприклад, каолін, можливо, за рахунок своєї буферної дії на значення рН целюлозної маси. Це важливо для паперу призначеного для тривалого зберігання оскільки відмінними властивостями його можна вважати лужне проклеювання та лужний резерв 3 – 5 % (за карбонатом кальцію), що регламентується стандартом [1].

Відповідно до стандарту, папір повинен мати резервну лужність не менше 0,4 моля кислоти/1кг та рН водної витяжки, що дорівнює 7,5 – 10,0.

Під терміном «лужний резерв» розуміють, що до складу паперу входить один із компонентів, наприклад, карбонат кальцію, що нейтралізує кислоту, яка може утворитися в результаті тривалого зберігання паперу. Це відбувається під впливом окиснювачів та вологи з часом і деструкції піддаються фракції вуглеводів, які входять до складу паперу, що призводить до підвищення кислотності паперу.

У теорії «лужне проклеювання» та «нейтральне проклеювання» принципових відмінностей не мають, і з урахуванням сформованої практики

обидва терміни використовуються, якщо діапазон рН становить 6,8 – 9,0. Подібно до традиційного проклеювання нейтральне поділяють на проклеювання в масі, поверхнєве і комбіноване. З використанням технології нейтрального проклеювання можна виготовляти більшість видів паперу, але особливе значення воно має для високосортних видів паперу.

Поверхнєве проклеювання передбачає покриття паперу зв'язуючою речовиною з метою підвищення його зімкнутості та міцності поверхні, покращення друкарських властивостей. Поверхнєвому проклеюванню піддається папір, який попередньо проклеєний у масі. У даному випадку паперове полотно стає більш гідрофобним і проходить без руйнування через водні розчини клейової ванни або клеїльного преса. За допомогою поверхнєвого проклеювання можна значно знизити деформацію паперу, надати йому міцності і вологоміцності, підвищити показники водо- та жиронепроникності. Поверхнєве проклеювання паперу забезпечує значну економію целюлозних волокон за рахунок можливого збільшення вмісту наповнювача в композиції паперової маси, за одночасного зменшення пилімоності паперу та економію зв'язуючих речовин.

Для поверхнєвого проклеювання нині широко використовуються різні види крохмалю, полівініловий спирт, латекси, однак, найбільш міцне проклеювання досягається під час використання димерів алкілкетенів. Димери алкілкетенів застосовуються у вигляді дисперсії для проклеювання паперу та картону у нейтральному та слаболужному середовищах, переважно у випадку використання як наповнювача карбонату кальцію.

Для проклеювання використовують клеїльні преси, які встановлюють у тій частині машини, де сухість полотна досягає 85 – 94%.

У клеїльних пресах можна наносити покриття масою від 1 до 10 г/м<sup>2</sup> за швидкості машини до 800 м/хв. Після проклеювання вологість полотна підвищується, тому після клеїльного преса встановлюються додаткові сушильні циліндри, кількість яких залежить від кількості клею, що



**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"** наноситься, і швидкості машини. Перші один-два циліндри працюють за нижчої температури. часто перед циліндрами, що досушують, встановлюють безконтактні інфрачервоні сушильні пристрої.

Фірма «Parcel» випускає клеїльний прес, призначений для поверхневого проклеювання, нанесення тонкого шару спеціальних покриттів. Зовнішній вигляд та технічна характеристика клеїльного преса фірми "Parcel" наведені на рис. та в табл. [2].



Рисунок – Клеїльний прес фірми PARCEL

Таблиця – Технічна характеристика клеїльного преса фірми PARCEL

Параметр	Значення
Розрахункова швидкість	до 1000 м/хв
Виконання клеїльного преса	горизонтальне з похилою центральною сполучною лінією
Конфігурація	два вали
Діаметр валу преса	855 – 1350 мм
Робоча ширина	до 5000 мм
Висота осі закріпленого валу	1700 – 1950 мм
Лінійний тиск	Макс. 80 кН/м
Заправлення паперу	Двохканатне, спільно з сушильною частиною
Проклеювання	Макс. 4,5 г/м на кожній стороні з сухістю 8 - 15% абс.сух.сировини

Застосування плівкових пресів замість клеїльних суттєво знижує обривність полотна і можна використовувати папір меншої міцності. Крім того, підвищений вміст твердих речовин зберігає енергію, необхідну на

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
сушіння, відкриває можливості для збільшення робочої швидкості, дозволяє використовувати більш дешеві напівфабрикати.

### **Література**

1. ISO 9706-2000 «Інформація та документація. Папір для документів. Вимоги до довговічності».
2. Paper Machine Size Presses | Scan Machineries  
<https://www.scanmachineries.com/ru/paper-technology/coating/size-press/>

**UDK 678.057.3**

**PROBLEMS OF POLLUTION WITH POLYMERS AND THEIR USE  
IN INDUSTRY**

lecturer assistant Podyman Hryhorii

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv**

**ABSTRACT.** *An analysis of the use of polymers and their impact on the environment was carried out.*

**KEY WORDS:** POLYMER, POLYPROPYLENE, POLYVINYL CHLORIDE, POLYETHYLENE, PROCESSING OF POLYMERS.

**ПРОБЛЕМАТИКА ЗАБРУДНЕННЯ ПОЛІМЕРАМИ ТА ЇХ  
ВИКОРИСТАННЯ В ПРОМИСЛОВОСТІ**

Асистент кафедри МАХНВ Подиман Григорій

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний університет України**

**імені Ігоря Сікорського»**

**АНОТАЦІЯ.** *Проведено аналіз використання полімерів та їх вплив на екологію.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПОЛІМЕР, ПОЛІПРОПІЛЕН, ПОЛІВІНІЛХЛОРИД, ПОЛІЕТИЛЕН, ПЕРЕРОБКА ПОЛІМЕРІВ.

Due to objective reasons, many types of products are made of polymers. For example, polymer pipes made of polypropylene (PP) due to their resistance to the aggressive effects of substances found in wastewater, have long secured a leadership position. Among other things, sewage from these pipes is easy to operate, it can be easily disassembled and the pipe can be cleaned [1].

Likewise, polypropylene (PP) occupies the leading position in the plastics market in European countries. Due to its extraordinary durability and hardness, polypropylene products are used in many sectors and industries.

In second place in terms of consumption is high-pressure polyethylene (HDPE or PELD). In addition to its purity, the desire to reduce the cost of products often encourages manufacturers of polymer products to use secondary HVT instead of primary, which has a lower cost and similar operational qualities. Soft and flexible HVT products resist compression, stretching deformations, and sunlight. They do not pass moisture and air [2].

The third position is polyvinyl chloride, known as PVC. Due to polyvinyl chloride's technical and physical properties, it is used in various spheres of life.

A similar trend can be observed in the Asian region and the USA. In the states, the three most popular thermoplastics are most in demand, while other types of polymers are used on a much smaller scale. In Ukraine, the same polymers are also actively used in work.

The availability and ease of processing thermoplastics allow us to deliver large volumes of the required products to the market in a short period. But the huge scale of production also requires a solution to the issue of product disposal [3].

Since polymers themselves, under the influence of sunlight, ambient temperature, pressure, and other natural factors, decompose over a long period, and their physical and chemical properties make polymers suitable for repeated use, the use of secondary waste is an actual solution to the problem of pollution polymers. However, globally, more than 60% of consumer waste is recovered, while 40% is thrown away. Fortunately, the recycling situation is getting better every year, especially in the developed EU countries – Switzerland, Austria, and the Netherlands.

Wanting to minimize the harmful impact on the environment, a huge number of companies have established the process of recycling thermoplastics, and have also made a bet on the production of the highest quality and durable polymer products that last a long time and do not require frequent replacement [4]. To

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
reduce plastic waste. And a global development program was developed, the implementation of which is planned for 2025-2037.

**References:**

1. Kolupaev B.S., Lipatov Yu.S., Bordyuk M.A., Demyanyuk B.P. Study of polymer materials in secondary school: study guide. - Rivne, 1993, 92 p.
2. The problem of problems - household polymer waste  
<https://www.zakarpatt-ses.gov.ua/novini/633-problema-problem-pobutov-polmern-vdxodi> on 06.11.2023
3. Piorkowska, E., & Galeski, A. (2002). Modeling of polymer crystallization in plates, pipes, and rods during cooling. *Journal of Applied Polymer Science*, 86(6), 1363–1372. doi:10.1002/app.11277
4. Satserdotov A.O., Podyman G.S., Nosov O.P., Dvoinos Y.H. (2018). Technologies for drying secondary shredded polyethylene / *Energy technologies and resource saving*. - 2018. - No. 4. - p. 69-72. ISSN 2413-7723.

УДК 676.062.014.362

## СТІЙКІСТЬ ЦЕЛЮЛОЗИ З ПАВЛОНІЇ ДО ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ

Р. Черьопкіна, доц., Н. Шикунів, магістрант, О. Орлова, магістрант  
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

*Анотація.* Досліджено делігніфікацію деревини павловнії натронним способом з використанням каталізаторів антрахінону та етилового спирту на якість отримання целюлози. Запропоновано метод прискореного штучного старіння волокон целюлози із застосуванням підвищених температур. Показано, що термовплив найбільше знижує показник міцності на злом під час багаторазових перегинів.

*Ключові слова:* ПАВЛОВНІЯ, ДЕЛІГНІФІКАЦІЯ, КАТАЛІЗАТОР, ШТУЧНЕ СТАРІННЯ

## RESISTANCE OF PAULONIA CELLULOSE TO LONG-TERM STORAGE

R. Cherepkina, Assoc. Prof., N. Shikunov, master, O. Orlova, master,  
National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic  
Institute"

*Abstract.* The delignification of paulownia wood by the sodium method using anthraquinone and ethyl alcohol catalysts was studied for the quality of cellulose production. A method of accelerated artificial aging of cellulose fibers using elevated temperatures is proposed. It has been shown that thermal exposure most significantly reduces the breaking strength index during repeated bending.

*Key words:* PAULOWNIA, DELIGNIFICATION, CATALYST, ARTIFICIAL AGING

Останнім часом у всьому світі спостерігається збільшення використання листяної целюлози у виробництві паперу. Незважаючи на її основний недолік – наявність короткого волокна в межах 0,8 – 1,4 мм та наявності 10 – 20 % неволокнистих судин, що призводить до зниження міцності паперу, введення в композицію паперу листяної целюлози покращує його гладкість, непрозорість, друкарські властивості [1, 2].

Треба відмітити, що для листяної целюлози характерно також наявність більшої кількості низькомолекулярних фракцій полісахаридів у вигляді геміцелюлоз, що впливає на ступінь її використання у таких видах паперу, які потребують тривалого терміну зберігання. У першу чергу це пояснюється тим, що геміцелюлози піддаються гідролізу інтенсивніше, ніж целюлоза завдяки більш їх доступності, оскільки вони розміщуються між фібрилами в аморфних областях.

Аморфна частина надмолекулярної будови целюлози легше піддається дифузії реагентів, ніж кристалічна, і гідроліз швидше перебігає в більш доступних аморфних областях. За рахунок лінійної регулярної будови макромолекул, кристалічна структура та міцні водневі зв'язки роблять целюлозу більш стійкою до гідролізу порівняно з геміцелюлозами деревини [1, 2, 3].

Виходячи з особливостей складу листяних напівфабрикатів, дослідженню піддавали целюлозу, отриману з деревини павлової на стійкість до збереження, що є визначальним чинником довговічності паперу та забезпечує його необхідні властивості у процесі тривалої експлуатації [4].

Для моделювання змін у волокнах у певному часовому проміжку, запропоновано використання методу прискореного штучного старіння із застосуванням підвищених температур [5]. За підвищених температур у волокні відбуваються такі зміни, для яких можуть знадобитися роки або

**Збірник тез доповідей XXV міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**  
десятиліття за нормальних умов експлуатації, однак їх можна досягнути за коротший час.

**Метою даної роботи** є вивчення впливу на стійкість до старіння целюлози, отриманої з деревини павловнії.

Для дослідження використовували тріски павловнії довжиною 30 – 35 мм, товщиною  $\approx 2$  мм. Делігніфікацію деревини проводили натронним розчином за витрат активного лугу 28 % в од.  $\text{Na}_2\text{O}$  від маси абс. сух. сировини з використанням у розчині, або 0,1% антрахінону, або 20 % об'ємних спирту, або 0,1 % антрахінону + 20 % об'ємних спирту. Для кращого просочування трісок здійснювали підйом температури від 80 °С до 170 °С впродовж 120 хв та безпосередньо за кінцевої температури процес продовжували ще 120 хв. У результаті отримали волокнисті напівфабрикати, у яких визначали вихід та вміст залишкового лігніну. Для визначення показників міцності, з розмелених ВНФ виготовляли відливки масою 75 г/м<sup>2</sup>. Отримані результати досліджень наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Технологічні параметри варіння та показники якості отриманих волокнистих напівфабрикатів натронного варіння павловнії за температури 170 °С

Умови варіння	Вихід, %	Lign, %	Фізико-механічні показники вихідних ВНФ		
			Розривна довжина, м	Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п.	Опір продавлюванню, кПа
Чисто натронне	47,6	4,5	6820	82	287
Натронне + 0,1% АХ	42,1	2,7	9361	2466	471
Натронне + 20 % спирту	45,9	5,5	9884	2479	330
Натронне + 0,1% АХ + 20 % спирту	44,7	3,8	8384	2318	394



Як видно з даних табл. 1 у результаті варіння за підвищених витрат активного луку 28 % в од.  $\text{Na}_2\text{O}$  від маси абс. сух. сировини отримано волокнисті напівфабрикати у вигляді целюлози.

Додавання каталізатора антрахінону дозволяє поглибити делігніфікацію, що позитивно впливає на показники міцності целюлози. Використання у розчині спирту призводить до підвищення виходу целюлози, частково за рахунок стабілізації геміцелюлоз у порівнянні з чисто натронним варінням, що позначається на високих фізико-механічних показниках.

Режим штучного старіння виготовлених зразків целюлози проводили за стандартною методикою ISO 5630-1 (TAPPI 453): суха термообробка за температури 105 °C. Прийнято вважати, що 3 доби такого старіння відповідає 25-ти рокам природнього старіння [5].

Після термооброблення зразки піддавали дослідженню на розривне зусилля (розраховували розривну довжину), міцність на злом під час багаторазових перегинів та опір продавлюванню згідно стандартних методик [6].

Динаміку зміни властивостей целюлозних волокон у процесі старіння характеризували втратою показника у відсотках від значення цього показника у зразка, що не піддавався старінню.

Таблиця 4 – Зміни показників міцності волокнистих напівфабрикатів відносно початкового зразка за три доби (0 – 72 години)

Зразки целюлози, виготовлені за умов:	Зміна показника, %		
	розривної довжини	міцності на злом під час багаторазових перегинів	опору продавлюванню
Чисто натронного	36,5	97,5	13,6
Натронне + 0,1% АХ	7,5	12,9	35,7
Натронне + 0,1% АХ + 20% спирт	12,5	20,1	19,8
Натронне + 20% спирт	14	33,2	13,6

Відповідно до отриманих змін показників міцності можна зробити висновок, що у ході термічного старіння волокнистих напівфабрикатів, показники міцності знижуються. Це зумовлено втратою волокном хімічно зв'язаної води та подальшою деструкцією водневих зв'язків між ланками целюлози, що відбуваються під дією температури. Слід зауважити, що найбільше зниження спостерігається для показника міцності на злом під час багаторазових перегинів, що підтверджується літературними даними.

### **ЛІТЕРАТУРА**

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. M. Nakan Akyildiz and Hamiyet Sahin Kol. Some technological properties and uses of paulownia (*Paulownia tomentosa* Steud.) wood. *Journal of Environmental Biology*, 31 351-355 (May 2010).

3. Черьопкіна Р.І., Трембус І.В., Дейкун І.М. Технологія виробництва сульфатної целюлози: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології» /;– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 274 с.

4. D. Chernyshenko R. Cherepkina. Artificial aging of paulownia fibers. Збірник тез доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (05-07 грудня 2022 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – С. 215 – 219.

5. ISO 5630-1 (TAPPI 453): суха термообробка за температури 105 °C. <https://keystonecompliance.com/tappi-ansi-t-453/> TAPPI/ANSI T453 Effect of Dry Heat on Properties of Paper and Board

6. Черьопкіна Р. І., Дейкун І. М., Трембус І. В. Технологія і обладнання виробництва волокнистих напівфабрикатів. Лабораторний практикум. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітня програма «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського;. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 68 с

**МЕТРОЛОГІЯ У СФЕРІ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ НА ПРИКЛАДІ  
РЕГУЛЮВАННЯ КОНТРОЛЮ АЛКОГОЛЬНОГО СП'ЯНІННЯ  
ВОДІЇВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

аспірант Петришин П. В.. к.н.держ.упр., доцент Набока К. О.

**Класичний приватний університет, м. Запоріжжя**

У сучасних умовах зростання кількості дорожньо-транспортних пригод питання контролю алкогольного сп'яніння водіїв набуває особливого значення для забезпечення безпеки дорожнього руху. Метрологія як наука про вимірювання відіграє ключову роль у процесі встановлення точних результатів вимірювання вмісту алкоголю в крові людини під час встановлення алкогольного стану водіїв, що дозволяє запобігти ДТП та підвищити рівень безпеки на дорогах.

**Метою дослідження** є аналіз метрологічних аспектів для контролювання алкогольного сп'яніння водіїв транспортних засобів у контексті публічного управління, а також розробка рекомендацій щодо вдосконалення метрологічного забезпечення цього процесу. Для досягнення мети передбачається використання таких методичних підходів:

1. **Аналіз законодавчої бази:** Огляд нормативно-правових актів, що регулюють процес перевірки водіїв на стан алкогольного сп'яніння в Україні. Особлива увага приділяється вимогам до вимірювальних приладів.

2. **Метрологічні вимоги до вимірювачів вмісту алкоголю в крові та видихуваному повітрі:** Дослідження технічних і метрологічних характеристик вимірювачів шляхом проведення оцінювання відповідності технічному регламенту законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, а також контроль метрологічних характеристик в процесі їх експлуатації.

**3. Дослідження впливу метрології на публічне управління у сфері безпеки дорожнього руху:** Визначення ролі метрології в процесах державного регулювання безпеки дорожнього руху та мінімізації ризиків, пов'язаних із неточністю вимірювальних приладів.

**4. Міжнародний досвід у регулюванні контролю алкогольного сп'яніння:** Вивчення кращих практик європейських країн щодо метрологічного контролю, стандартизації вимірювань та організації взаємодії між поліцією та іншими державними органами.

**5. Розробка пропозицій для вдосконалення метрологічного забезпечення в Україні:** Вивчення можливостей підвищення ефективності контролю алкогольного сп'яніння через впровадження міжнародних стандартів, підвищення якості обладнання та підготовки кадрів.

**6. Оцінка ефективності запропонованих змін:** Розробка критеріїв для оцінки ефективності метрологічного забезпечення у сфері публічного управління під час контролю алкогольного сп'яніння водіїв.

Дослідження пропонує системний підхід до вдосконалення метрологічного контролю у сфері безпеки дорожнього руху, що дозволить підвищити ефективність виявлення алкогольного сп'яніння водіїв. Це сприятиме зниженню кількості ДТП, пов'язаних із вживанням алкоголю, а також загальному підвищенню рівня національної безпеки та зміцненню довіри до державного регулювання у цій сфері.

#### **Список використаних джерел:**

1. Постанова КМУ від 17 грудня 2008 р. № 1103, Київ Про затвердження Порядку направлення водіїв транспортних засобів для проведення огляду з метою виявлення стану алкогольного, наркотичного чи іншого сп'яніння... Редакція від 18.06.2024.

2. Закон України Про метрологію та метрологічну діяльність, Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 30, ст.1008, редакція від 01.01.2022

3. Технічний регламент законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, Постанова КМУ від 13 січня 2016 р. № 94, редакція від 21.11.2023.

4. Рожнов М. С., Петришин П. В., Левбарг О. С. 2022, Метрологічна простежність результатів вимірень умісту алкоголю у видихуваному повітрі – Київ, Інфраструктура вимірювань

5. Рожнов М., Мельник Д., Левбарг О. 2017, Метрологічна простежуваність результатів вимірювання вмісту компонентів у газових сумішах., Метрологія та прилади №6, сс 25-31.

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

**ACETONE RECOVERY PLANT FROM ACETONE-AIR MIXTURE**

Vladimirov Z.D., Haidai S. S. 6

**ЕЛЕМЕНТ НАСАДКИ МАСООБМІННОГО АПАРАТА У ВИГЛЯДІ  
ПЕРФОРОВАНОЇ СФЕРИ**

Витвицький В.М., Мікульонок І.О., Витвицький В.М., Козінчук Д.О. 11

**MODERN DIRECTIONS IN THE PRODUCTION OF FIBER  
CONCRETE PRODUCTS**

Anastasiia Dovhopol, Igor Andreiev 15

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MIXING EQUIPMENT IN  
A DEVELOPING COUNTRY**

V. Kosenko, M. Byshko 20

**MODERNIZATION OF THE FACILITY FOR THE PRODUCTION OF  
TWO GRADES OF CRUDE BENZENE WITH THE DEVELOPMENT OF  
A HEATER AND A REGENATOR**

Husarova O, Dakhnenko V., Kvetsko A. 24

**ЕЛЕМЕНТ НАСАДКИ МАСООБМІННОГО АПАРАТА У ВИГЛЯДІ  
БАГАТОГРАННИКА**

Витвицький В.М., Мікульонок І.О., Витвицький В.М., Друченко В.С. 28

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ СУШІННЯ НА  
ВИДАЛЕННЯ ЛЕТКИХ АРОМАТИЧНИХ СПОЛУК З ПРЯНО-  
АРОМАТИЧНОЇ СИРОВИНИ**

Малащук Н.С., Дабіжа Н.О., Дмитренко Н.В. 32

**REVIEW OF SCIENTIFIC WORKS ON THE CAPTURE OF HIGHLY  
DISPERSED PARTICLES AND WATER VAPOR**

A.V. Dmytruk, A. R. Stepaniuk 36

**DEVELOPMENT PATHS AND INNOVATIVE EQUIPMENT IN THE  
FIELD OF MIXING AND EXTRACTION**

V. Kosenko, M. Byshko 40

**MODERNIZATION OF THE LUBRICANT PRODUCTION UNIT WITH  
THE DEVELOPMENT OF A STRIPPING COLUMN AND AN AIR  
COOLER**

Nikulichev D., Stepaniuk A. 44

**ADSORPTION STUDIES OF SLUDGE**

Petrova Zh., Novikova Yu., Petrov A., Badekha A. 49

**ЗАСТОСУВАННЯ ПУЛЬСАЦІЙНОГО КАВІТАЦІЙНОГО  
ДИСПЕРГАТОРА ДЛЯ ГОТУВАННЯ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА**

Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Радченко Н.Л., Недбайло А.Є., Гоженко Л.П.,  
Щепкін В.І. 53

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРИДУ БАРІЮ  
З РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ТА ЗМІШУВАЧА**

Фурман А.В., Гулієнко С.В. 57

**MODERNISATION OF THE SALT EVAPORATION PLANT WITH THE  
DEVELOPMENT OF AN EVAPORATOR AND A MEMBRANE  
APPARATUS**

Stoliar O.O., Huliienko S. V. 62

**MODERNIZATION OF METHANOL PRODUCTION FACILITY WITH  
DEVELOPMENT OF RECTIFICATION COLUMN AND HEAT  
EXCHANGER**

Baglai K. Yu., A. R. Stepaniuk 65



---

<b>ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ХІМІКО – ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА РАХУНОК ДИСКРЕТНО – ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ</b>	
Ободович О.М., Сидоренко В.В., Резакова Т.А., Чернявський К.Є.	69
<b>MODERNIZATION OF THE REACTOR-ALKYLATOR MIXER</b>	
Husarova O., Dakhnenko V., Chernysh I.	73
<b>DEVELOPMENT OF A NEW ENERGY-TECHNOLOGICAL COMPLEX FOR DRYING VARIOUS SOLID DISPERSED MATERIALS</b>	
Kremnov V., Timoshchenko A., Korbut N., Stetsuk V.	79
<b>USE OF HYDRODYNAMIC CAVITATION TO INCREASE THE THERMOSTABILITY OF MILK</b>	
Tselen B.Ya., Ivanitsky G.K, Radchenko N.L., Nedbailo A.Ye., Shulyak V.V.	82
<b>MODERNIZATION OF LUBRICANT MANUFACTURING FACILITY WITH DEVELOPMENT OF EVAPORATION COLUMN AND AIR COOLER</b>	
Denys NIKULICHEV, Andriy STEPANIUK	85
<b>THE MODERNIZATION OF POTASSIUM CHLORIDE PRODUCTION PLANT WITH DEVELOPMENT OF EVAPORATOR AND MEMBRANE APPARATUS</b>	
Muzyka S.M., Huliienko S.V.	92
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІНУ І ГІДРОДИНАМІКИ В РЕКУПЕРАТИВНОМУ ПОЛІМЕРНОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ ДЛЯ КОНВЕКТИВНОЇ СУШАРКИ</b>	
Малащук Н.С., Дабіжа Н.О., Чалаєв Д.М.	96
<b>MODERNIZATION OF THE TRANSFORMER OIL REGENERATION INSTALLATION WITH DEVELOPMENT APPARATUS WITH MIXER AND HEAT EXCHANGER</b>	
Husarova O., Dakhnenko V., master Rybytva R.V.	101

---

<b>MODERNIZATION OF THE POTASSIUM CHLORIDE PRODUCTION PLANT BY THE SOLUTION AND CRYSTALLIZATION METHOD</b>	
Puhach Y.R., Huliienko S.V.	105
<b>MODERNIZATION OF THE AMMONIA SEPARATION UNIT OF THE SPENT AMMONIA WATER PROCESSING UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF AN AMMONIA COLUMN AND CONDENSER</b>	
Tryhubets B. O., Haidai S. S.	108
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРИДУ БАРІЮ З РОЗРОБКОЮ ВИПАРНОГО ТА МЕМБРАННОГО АПАРАТІВ</b>	
Нестерук О. М., Гулієнко С.В.	112
<b>EFFECT OF ALKALINE CONCENTRATION DURING DELIGNIFICATION OF PLANT RAW FEEDSTOCK USING ALTERING PULSES OF PRESSURE</b>	
Oleksandr Obodovych., Vitalii Sydorenko	117
<b>ВИКОРИСТАННЯ КАЛЬЦІЄВИХ СОРБЕНТІВ ПРИ ОЧИЩЕННІ АГЛОМЕРАЦІЙНИХ ГАЗІВ.</b>	
Жайворонок В.А., Собченко В.В., Собченко Г.О.	121
<b>PROBLEMS OF THE FEED PRODUCTION INDUSTRY IN THE CONDITIONS OF WAR AND WAYS TO OVERCOME THEM</b>	
Tselen B . Ya., Nedbailo A. Ye., N. L. Radchenko	125
<b>THE RESEARCHES OF THE INFLUENCE OF MECHANISMS OF THE METHOD OF DPEI ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF AQUEOUS EXTRACTANT FOR COMBINED EXTRACTION PROCESSES</b>	
Georgiy Ivanitsky, Liubov Hozhenko, Bogdan Tselen, Natalia Radchenko	127
<b>NITRIC ACID PLANT</b>	
Lykhozhon P. M., Haidai S.S.	130

**ANALYSIS OF THE NITRIC ACID CONCENTRATION SETUP WITH THE DESIGN OF A BOILER AND VACUUM EVAPORATOR**

Gurin E.S., Novokhat O.A. 134

**АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ РОЗРАХУНКУ ТРАНСПОРТНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА УМОВ НАДЗВИЧАЙНИХ СІТУАЦІЙ НАЦІОНАЛЬНИМ СТАНДАРТОМ ТА ЄВРОКОДОМ**

Рубльов А.В 138

**ПЕРСПЕКТИВИ НАКОПИЧЕННЯ ТА ТРАНСПОРТУВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ МОБІЛЬНИМИ ТЕПЛОВИМИ АКУМУЛЯТОРАМИ**

Демченко В.Г., Коник А.В., Фалько В.Ю. 140

**МОНІТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРИ В СИСТЕМІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДОСЛІДНОГО ЗРАЗКА МОБІЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО АКУМУЛЯТОРА МТА-0,5МВт**

Коник А.В. 144

**СЕКЦІЯ 2**

**«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»**

**ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ НАФТОПРОДУКТАМИ, ВПЛИВ НАФТОПРОДУКТІВ НА ҐРУНТОВИЙ ПОКРИВ**

Трембус І. В., Гаврильченко Б.І. 150

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КАРТОНУ НА КАРТОНОРІБНИХ МАШИНАХ**

Бахман С.О., Якименко О. С., Барбаш В.А. 152

**ПРОКЛЕЮВАННЯ ПАПЕРУ В НЕЙТРАЛЬНОМУ ТА ЛУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Шикунов Н., Черьопкіна Р.І. 159

**INCREASE IN THE SORPTION CAPACITY OF THE HYDROCARBON**

**MATERIAL**

Hondovska A. S., Mykhailenko N. V., Trembus I. V.	162
<b>ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КАРТОНУ ДЛЯ ПЛОСКИХ ШАРІВ ГОФРОКАРТОНУ</b>	
Бахман С.О., Барбаш В.А.	167
<b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГІДРОРОЗБИВАЧА</b>	
Мовчанюк О. М., Мельніченко А.І.	172
<b>ЗАСТОСУВАННЯ НАНОЦЕЛЮЛОЗИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПАПЕРУ-ОСНОВИ ДЛЯ ШПАЛЕР</b>	
Якименко О. С., Березовський Г.Г, Ященко О.В., Барбаш В. А.	176
<b>FRESH WATER IN THE PRODUCTION PROCESSES OF PAPER PRODUCTS AND THE PRINCIPLES OF REDUCING THE NORMS OF ITS CONSUMPTION</b>	
Bilous Vladlena., Ploskonos V.G.	182
<b>СТІЙКІСТЬ ЦЕЛЮЛОЗИ З ПАВЛОНІЇ ДО ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ</b>	
Р. Черьопкіна, Н. Шикунів, О. Орлова	187
<b>ВИКОРИСТАННЯМ НАНОЦЕЛЮЛОЗИ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ КАРТОНУ</b>	
Бахман С.О., Якименко О. С., Барбаш В.А.	193
<b>ВИКОРИСТАННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНИТОРИНГУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В ПОБУТІ</b>	
Федін В.М., Трус І.М.	198
<b>THE ADHESION OF TISSUE PAPER</b>	
Master Syroid T. O, Senior Lecturer Ostapenko A.A.	202
<b>ПРОКЛЕЮВАННЯ ПАПЕРУ В НЕЙТРАЛЬНОМУ ТА ЛУЖНОМУ СЕРЕДОВИЩІ</b>	
Шикунів Н, Черьопкіна Р.І.	206

**PROBLEMS OF POLLUTION WITH POLYMERS AND THEIR USE IN  
INDUSTRY**

Rodyman Hryhorii 211

**СТІЙКІСТЬ ЦЕЛЮЛОЗИ З ПАВЛОНІ ДО ТРИВАЛОГО  
ЗБЕРІГАННЯ**

Р. Черьопкіна, Н. Шикунів, О. Орлова 214

**МЕТРОЛОГІЯ У СФЕРІ ПУБЛІЧНОГО УПРАВЛІННЯ НА  
ПРИКЛАДІ РЕГУЛЮВАННЯ КОНТРОЛЮ АЛКОГОЛЬНОГО  
СП'ЯНІННЯ ВОДІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Петришин П. В., Набока К. О. 220

## **Рішення**

**XXV 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