



**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 XXVII Міжнародної
науково-практичної конференції студентів,
аспірантів і молодих вчених**

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОБЛАДНАННЯ”**

28 листопада
Київ 2024

УДК 66

ББК 35.11я43

Р 43

Збірник тез доповідей XXVII Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених ”Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання” (28 листопада 2024 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2024. – 239 с.

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ XXVII 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 28.12.2024 р.

Рекомендовано
Вченою радою
Інститут газу
НАН України
Протокол № 10
від 27.11.2024

Рекомендовано до друку
Кафедрою машин та апаратів
хімічних
і нафтопереробних виробництв
Протокол № 5
від 28.11.2024 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, 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 КПІ ім. Ігоря Сікорського
- 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»**

STUDY OF THE STORAGE OF WOOD FUEL FROM A THIN GAUGE

Kremnov V., Ph.D. Belyaev G., Ph.D. Belyaeva I.,

Zhukov K., Stetsuk V.

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

***ABSTRACT.** The purpose of the work was to obtain fairly reliable initial data regarding the organization of fire-safe long-term storage of wet wood waste of a small diameter in the open air by various alternative methods. The subject of research was freshly felled hardwood with leaves.*

***KEYWORDS:** STORAGE, WOOD WASTE FROM FELLING, WET "GREEN" WOOD CHIPS, PRELIMINARY DEHYDRATION, SEMI-FINISHED FUEL.*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗБЕРІГАННЯ ДЕРЕВНОГО ПАЛИВА ІЗ ТОНКОМІРУ

Кремньов В.О., к.т.н. Беляєв Г.В., к.т.н. Беляєва І.П.,

Жуков К.Л., Стецюк В.Г.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

***АНОТАЦІЯ.** Метою роботи було одержання досить надійних вихідних даних щодо організації пожежобезпечного тривалого зберігання вологої тонкомірної сировини просто неба різними альтернативними способами. Предметом досліджень була свіжозрубана з листям тонкомірна деревина листяних порід.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЗБЕРІГАННЯ, ДЕРЕВНІ ВІДХОДИ ВІД РУБАНЬ, ВОЛОГА «ЗЕЛЕНА» ТРІСКА, ПОПЕРЕДНЄ ЗНЕВОДНЕННЯ, ПАЛИВНИЙ НАПІВФАБРИКАТ.*

Introduction. The category of waste, in accordance with the regulatory documentation of Ukraine, includes tops of trunks and branches with a trunk diameter of < 30 mm. According to the rules, these resources are subject to destruction by burning with using of liquid fuel in specially designated places. For fire safety reasons, this is done in the fall. Wood fuel fully meets modern environmental

requirements, is a promising renewable resource, but requires large volumes of raw material storage. For example, compared to coal, taking into account the difference in calorific value, bulk mass and humidity, the volume of wood in warehouse cubic meter exceeds the volume of coal by approximately 20 times, assuming the same thermal energy potential.

The storage of small-diameter wood in the three most common ways was researched, namely: in its natural form - in a pile and a fragment of a stack, and also after chopping wood - in the form of wet "green" chips. The third method - in the form of wet wood chips is considered dangerous in terms of self-ignition, and this especially applies to "green" chips obtained by the method of chopping wood together with leaves.

Characteristics of alternative methods of outdoor storage for 16 months

1. In a separate pile, in the form of whole trees with leaves: width - 1.7 m; length – 3.4m; height - 1.5 m; bulk volume ~ 9 m³.

2. In a fragment of an industrial stack: width – 5 m; height - 2 m; length - 1 m (in practice, the length is not limited, has no technological significance and is determined for organizational reasons, taking into account the size and shape of the storage area); bulk volume ~ 10 m³.

3. A fragment of the stack of crushed wood together with "green" leaves (of the "green" chips). Stack dimensions: height - 2 m; width: at the mark "0" - 5 m, at the mark "2" - 3 m; length – 1 m; bulk volume ~ 5.5 m³.

The conception (idea) of the research was based on the following.

- Pile storage was organized on a 1:1 scale and is a full-scale experimental and industrial test.
- Storage of freshly cut "green" wood in a stack is organized in the form of a 1 m long fragment with a cross-section on a scale of 1:1, which had the shape of a rectangle, 5m wide and 2 m high. The fragment of the stack was formed between two parallel heat-insulated flat fences.

- The research of wet "green" chips was aimed, first of all, at determining the technical conditions that prevent spontaneous combustion, which has repeatedly occurred in practice and was confirmed by researchers from different countries[1, 2].

When choosing the shape and cross-sectional dimensions of the stack for storing wood chips, we took the following into account.

- Self-ignition requires a temperature level that cannot be achieved only through purely biochemical processes. Reaching the temperature necessary for self-ignition indicates the participation of exothermic chemical reactions (probably hydrocarbon oxidation reactions in the presence of flammable gases).
- Flammable gases can be formed during the activity of facultative microflora, which operates at an oxygen concentration insufficient for aerobic microflora, which produces only non-flammable gases - water vapor and carbon dioxide.

The above considerations indicate a huge unevenness of conditions in the mass of "green" wet cod. Similar problems associated with insufficient aeration occur during composting of biomass - its biological conversion by fermentation under the influence of aerobic microflora. In field composting technology, this problem is solved by mixing and aerating biomass with specialized mechanisms.

During the entire period of storage, the temperature was measured at different points of the internal volume of the wood using a specially designed probe. It was established that the temperature in the mass of the heap was almost no different from the ambient temperature; in the stack fragment it reached 40°C; the maximum temperature in the chips mass reached 62° C, after which it gradually decreased to the ambient temperature over the course of 2 months.

During the storage period of the raw material, its moisture content decreased on average:

- in a pile ~ 5 times (from 1 kg of moisture per 1 kg of completely dry wood to 0.2 kg of moisture per 1 kg of completely dry wood);
- in a stack fragment - 4.3 times (from 1 kg of moisture per 1 kg of completely

dry wood to 0.23 kg of moisture per 1 kg of completely dry wood);

- in a fragment of a stack of "green" wood chips ~ 2.5 times (from 1 kg of moisture per 1 kg of completely dry wood to 0.4 kg of moisture per 1 kg of completely dry wood).

Conclusions

- All researched storage methods are safe with respect to spontaneous combustion.
- Long-term storage (≥ 16 months) provides significant dehydration; when stored in a pile and stack, it is practically provide that the air-dry state is reached, and the fuel semi-finished product does not require further dehydration. Storage in the form of fuel chips requires further drying of the semi-finished product.
- Dehydration during storage in the form of wet "green" wood chips is ensured mainly due to the process of biological conversion of shredded leaves and small wood particles. We formulated and received a patent for a useful model for stacking wet wood chips in elongated stacks of a defined cross-section, which is sufficient for fire-safe storage and significant preliminary drying without stirring [3]. In addition, acceleration (if necessary) of conversion and drying by mixing and aeration was proposed.

References

1. V. Kremnev, A. Lyashenko, N. Korbut, E. Shelimanova (2019). Development of a method of fire-safe long-term storage and partial dehydration of wood chips. *Enerhetyka i avtomatyka*, 6, p.p. 202-213. <http://dx.doi.org/10.31548/energiya2019.06.202> (Ukr)
2. V. Kremnev, A. Timoshchenko, N. Korbut, E. Shelimanova (2019). Organized long-term storage and pre-driving of nonliquid wood (twigs and shrub) in open air under the influence of natural factors. *Enerhetyka i avtomatyka*, 6, p.p. 111-121. <http://dx.doi.org/10.31548/energiya2019.06.111> (Ukr)

3. V. Kremnev, A. Timoshchenko, L. Shpilberg, K.Zhukov, N. Korbut. (2020).
A method of long-term storage of wet fuel wood chips made of thin gauge wood.
Patent of Ukraine for useful model. F26B 9/00 C10L 5/00 C10L 5/40. №142712,
declared 11.12.2019; published 25.06.2020, № 12. (Ukr)

UDC 661.715.3

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE DESIGN OF THE HEAT EXCHANGER FOR THE INSTALLATION OF THE PRODUCTION OF BARIUM CHLORIDE BY THE CHLORCALCIUM METHOD

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

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract: The choice of the type of heat exchange device is substantiated, taking into account the characteristics and compared with analogues

Key words: barium chloride, heat exchange

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРИСТОГО БАРІЮ ХЛОРКАЛЬЦІЄВИМ МЕТОДОМ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Обґрунтовано вибір типу теплообмінного апарату з урахуванням характеристик та порівняно за аналогами

Ключові слова: хлорид барію, теплообмін

У технологічному процесі виробництва хлориду барію ефективність теплообміну є одним із ключових аспектів, що впливають на загальну продуктивність та економічність виробництва. Підігрівання розчину є важливою частиною процесу, оскільки забезпечує оптимальні температурні умови для подальших реакцій та обробки.

У схемі виробництва хлориду барію теплообмінник, зокрема кожухотрубного типу, відіграє критичну роль. Він забезпечує необхідний підігрів розчину, використовуючи енергію від інших процесів чи від зовнішніх джерел. Використання кожухотрубного теплообмінника дозволяє досягти

рівномірного розподілу тепла, що сприяє стабільності хімічних процесів, зменшує ризик відкладень та покращує якість кінцевого продукту.[1]

Ось порівняння різних типів теплообмінників для підігріву розчину хлориду барію, де основну увагу приділено кожухотрубному теплообміннику як оптимальному варіанту для процесу.

Порівняння типів теплообмінників

Основні технологічні показники (1-5)	Кожухотрубний теплообмінник	Пластинчастий теплообмінник	Спіральний теплообмінник	Трубчастий теплообмінник	Панельний теплообмінник
Продуктивність	5	4	3	4	4
Металоємність	4	3	4	4	3
Теплообмін	5	4	4	3	4
Габарити	3	4	4	3	4
Складність виготовлення	4	3	2	2	4
Енергоємність	4	4	4	4	5

На основі порівняння можна зробити висновки про ефективність кожного типу теплообмінника щодо вимог процесу:

1. Кожухотрубний теплообмінник набрав найвищу кількість балів (25). Його високі показники продуктивності та ефективності теплообміну, а також оптимальна металоємність роблять цей тип обладнання ідеальним для підігріву

розчину хлориду барію. Цей теплообмінник надійний та ефективний для обробки великих обсягів рідини, що особливо важливо для промислового виробництва.

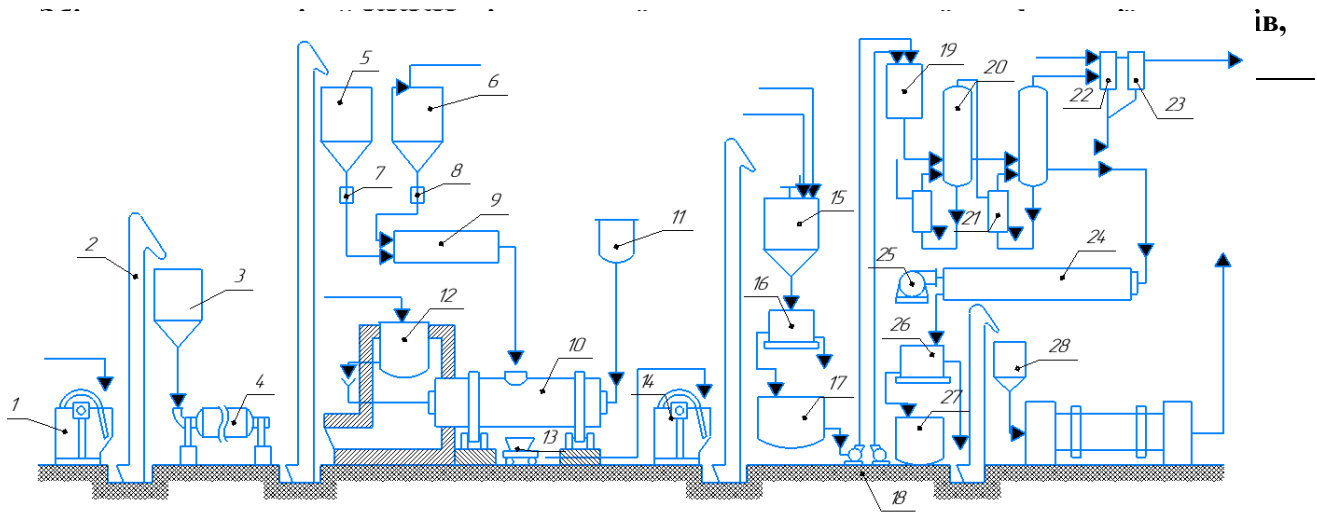
2. Панельний теплообмінник має також хороші показники (24 бали) і міг би бути ефективним варіантом, проте він менш придатний для роботи з високими обсягами рідини, що робить кожухотрубний теплообмінник кращим вибором.

3. Пластинчастий теплообмінник (22 бали) є ефективним та компактним, але поступається кожухотрубному через меншу продуктивність та складність конструкції.

4. Спіральний теплообмінник (21 бал) показує стабільні результати, але програє через відносно нижчу продуктивність та металоємність. Він підходить для невеликих обсягів рідини або обмеженого простору.

5. Трубчастий теплообмінник має найменшу кількість балів (20), оскільки йому бракує продуктивності для забезпечення необхідного рівня підігріву.

Кожухотрубний теплообмінник є оптимальним вибором для процесу підігріву розчину хлориду барію, оскільки він забезпечує високу продуктивність, хороші теплообмінні показники та надійність роботи з великими обсягами рідини. Хоча він має дещо більші габарити, його надійність та довговічність компенсують початкові витрати на встановлення, що робить його кращим вибором для промислового виробництва.[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 лугу; 28 – бункер для хлористого барію; 29 – сушарка.

Рисунок 1 - Схема виробництва хлориду барію хлоркальцевим методом[3]

References

1. Perry's Chemical engineers' handbook. (2019). New York :McGraw-Hill
2. Towler G., Sinnott R. (2022). Chemical Engineering Design. Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design. Oxford: Butterworth-Heinemann
3. Furman A.V. Modernization of the barium chloride production facility

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

with the development of a drum dryer and a heat exchanger/ Furman A.V. Huliienko S.V. // Збірник тез доповідей XXXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів" 16 травня 2023 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2024. – с. 199

УДК 661.833.321

MODERNISATION OF THE EVAPORATOR

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

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ANNOTATION: *The invention realizes the change of the exhaust direction of the steam through the first air duct, prolongs the detention time of the steam in the preheater, effectively shortens the heating time of the solution, improves the distillation effect, and simultaneously improves the utilization rate of heat.*

KEY WORDS: *ENERGY CONSERVATION, EVAPORATION, FILM EVAPORATOR.*

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНОГО АПАРАТА

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: *Винахід реалізує зміну напрямку відведення пари через перший повітропровід, подовжує час утримання пари в підігрівачі, ефективно скорочує час нагрівання розчину, покращує ефект дистиляції та одночасно підвищує коефіцієнт використання тепла.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ВИПАРЮВАННЯ, ПЛІВКОВИЙ ВИПАРНИЙ АПАРАТ.*

The film evaporator beneficial to energy saving comprises a supporting frame (1) and a reaction kettle (2); a reaction kettle (2) is arranged on the support frame (1); the method is characterized in that: the device also comprises a heat conductor (6), a steam collector (7), a first air duct (8), a preheater (9), a condensation component and

a bubble elimination system; a heat conductor (6) for heating the evaporating solution is arranged at the inner side of the reaction kettle (2); a steam collector (7) for collecting steam is arranged on the inner side of the reaction kettle (2), and the steam collector (7) is positioned above the heat conductor (6); a path for the solution to circulate is arranged between the steam collector (7) and the inner wall of the reaction kettle (2); a first air duct (8) for guiding steam flow is arranged on the upper side of the steam collector (7); the upper side of the steam collector (7) is communicated with a preheater (9) for preheating the solution, and the solution to be purified is stored between the preheater (9) and the reaction kettle (2); the right part of the upper side of the preheater (9) is provided with an air outlet for discharging steam; the first air duct (8) is positioned at the bottom of the preheater (9), an air outlet at the upper side of the first air duct (8) is obliquely arranged leftwards, and the air outlet direction of the first air duct (8) and the air outlet of the preheater (9) are diagonally arranged; a condensing component for cooling steam is arranged on the right side of the reaction kettle (2); the lower side of the steam collector (7) is provided with a bubble elimination system for eliminating bubbles in the solution;

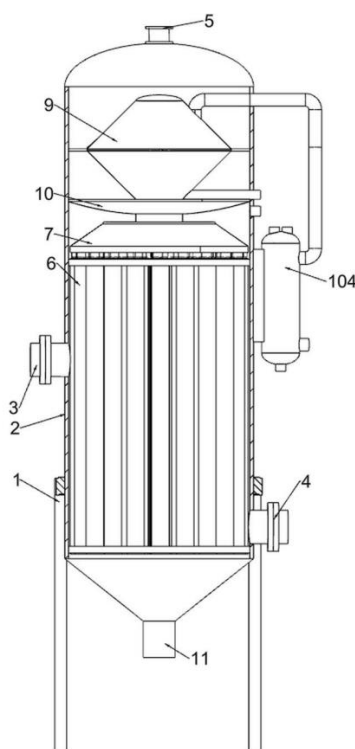
the heat conductor (6) consists of a baffle plate and a plurality of heating pipes, the height of the opening at the upper end of each heating pipe is higher than that of the baffle plate, and the inner wall of the opening at the upper end of each heating pipe is in an arc shape;

the bubble elimination system comprises an air entraining pipe, a poking piece and an exhaust rod; the lower side of the steam collector (7) is movably connected with a plurality of air entraining pipes for guiding steam, and the air entraining pipes are made of rubber materials; a plurality of air-entraining pipes are respectively positioned at the upper part of the inner side of the heating pipe of the adjacent heat conductor (6); a poking piece for generating vibration through airflow is arranged on the inner side of the air guide pipe; a plurality of exhaust rods for eliminating bubbles are fixedly connected to the outer surface of the lower side of the air guide pipe;

the device also comprises a current stabilizer and an inclined plate; a current

stabilizer for stabilizing current is arranged on the inner side of each heating pipe of the heat conductor (6), and the current stabilizer is positioned below the air guide pipe; a plurality of evenly arranged air vents are arranged on the current stabilizer; the flow stabilizer is fixedly connected with an inclined plate for blocking splashing solution, and the inclined plate is arranged in a conical shape.

Film evaporator is shown in Figure 1.



- 1 – supporting frame ; 2 – reaction kettle; 3 – hot air inlet pipe;
4 – hot air outlet pipe; 5 – liquid inlet pipe; 6 – heat conductor;
7 – steam collector; 9 – preheater; 10 – restrictor plate;
11 – liquid outlet pipe; 104 – condenser

Figure 1 - Film evaporator

This design is suitable as a prototype for modernization.

References

1. Patent № CN 116688537 B. Film evaporator beneficial to energy conservation. JIANGSU JIASHANG ENVIRONMENTAL PROTECTION SCIENCE AND TECHNOLOGY LTD. Pub. Date: November 03, 23.

UDC 661.11

**SCIENTIFICALLY BASED RECOMMENDATIONS FOR
DETERMINING THE OPERATING MODES OF ROTOR-STATOR MIXERS
TAKING INTO ACCOUNT ENERGY CONSUMPTION AND INCREASING
THEIR EFFICIENCY IN EMULSION PRODUCTION**

Assistant Kosenko V.V.; Assistant Byshko M.A.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Анотація.

Роторно-статорні змішувачі широко використовуються для створення стабільних емульсій у фармацевтичній, косметичній, харчовій та інших галузях, де від розміру крапель залежить якість продукту та його стабільність. Завдяки високим зсувним напруженням у зазорі між ротором і статором ці апарати ефективно розбивають дисперсну фазу на дрібні краплі. Однак інтенсивне диспергування потребує значних енергетичних витрат, що підвищує собівартість. Оптимізація режимів роботи змішувачів є актуальним завданням для зниження енергоспоживання при збереженні якості емульсій.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: роторно-статорні змішувачі, емульсії, ефективність емульсування, енергоефективність, оптимізація.

Summary.

Rotor-stator mixers are widely used for creating stable emulsions in pharmaceutical, cosmetic, food, and other industries where droplet size determines product quality and stability. Due to the high shear stresses generated in the gap between the rotor and stator, these devices effectively break down the dispersed phase into fine droplets. However, intensive dispersion requires significant energy consumption, which increases production costs. Optimizing the operating modes of mixers is a pressing task to reduce energy consumption while maintaining emulsion quality.

KEYWORDS: rotor-stator mixers, emulsions, emulsification efficiency, energy efficiency, optimization.

Introduction

Rotor-stator mixers are widely used in industries where emulsions play a vital role, notably in pharmaceutical, cosmetic, and food sectors. They generate high shear stresses and significant energy dissipation required to break down immiscible liquids into stable, fine droplets. However, the process of achieving small droplet sizes is often energy-intensive, leading to increased production costs and decreased economic efficiency. Therefore, optimizing the operating modes of these mixers without compromising the quality of the emulsions produced is of paramount importance [1].

Recent studies have focused on identifying key parameters affecting the efficiency of the emulsification process. The research aims to develop scientifically based recommendations for determining the optimal operating modes of rotor-stator mixers, considering energy consumption and enhancing their efficiency in emulsion production.

Mortensen et al. [2] demonstrated that maintaining an optimal rotor tip speed is critical for effective macro-mixing in batch processes. There exists an optimal speed range where maximum mixing efficiency is achieved with minimal energy consumption. Exceeding this optimal speed does not significantly improve emulsion quality but substantially increases energy costs.

The design features of the mixer also significantly impact the emulsification process. Vashisth et al. [3] investigated how the stator design and the gap between the rotor and stator influence energy distribution in the mixing zone. Optimizing these geometric parameters allows for a more uniform energy distribution, promoting more efficient droplet dispersion and reducing energy consumption. Reducing the gap between the rotor and stator increases shear stresses but requires precise control to prevent excessive wear of the components.

Zhang et al. [4] emphasized the importance of high-energy zones near the rotor-stator interface for rapid and efficient emulsion formation. They studied the

effects of rotor speed and stator geometry on the formation of these zones and showed that optimizing these parameters enables a balance between energy efficiency and emulsion quality.

Jasińska et al. [5] explored the influence of technological parameters, such as material flow rate and rotor rotational speed, on energy efficiency and mixing quality. They established that precise adjustment of flow rate and speed allows for process optimization, providing the required dispersion at minimal energy costs.

Sparks [6] studied the fluid dynamics in the gap between the rotor and stator and found that the combination of high tangential and radial flow velocities intensifies the mixing process. Adjusting the stator geometry, including the angle and shape of the blades, allows for influencing flow characteristics and ensuring optimal conditions for emulsification.

Conclusion

Optimizing the operating modes of rotor-stator mixers is a multifaceted task requiring a comprehensive approach. Considering the interaction of design and technological parameters, utilizing new technologies and materials, and applying modern modeling methods allow for reducing energy consumption and increasing the efficiency of emulsion production without compromising their quality.

References

1. Mortensen H.H., Calabrese R.V., Innings F., Rosendahl L. Characteristics of batch rotor-stator mixer performance elucidated by shaft torque and angle resolved PIV measurements. *Canadian Journal of Chemical Engineering*. 2011;89. DOI: 10.1002/cjce.20587.
2. Vashisth V., Nigam K.D.P., Kumar V. Design and development of high shear mixers: Fundamentals, applications and recent progress. *Chemical Engineering Science*. 2021;232. DOI: 10.1016/j.ces.2020.116296.
3. Zhang J., Xu S., Li W. High shear mixers: A review of typical applications and studies on power draw, flow pattern, energy dissipation and transfer

properties. Chemical Engineering and Processing. 2012;57-58. DOI: 10.1016/j.cep.2011.11.010.

4. Jasińska M., Bałdyga J., Cooke M., Kowalski A.J. Power characteristics of in-line rotor stator mixers. Technical Transactions Chemistry. 2014;2-Ch.

5. Sparks T. Fluid mixing in rotor/stator mixers [dissertation]. Cranfield: Cranfield University; 1996.

УДК 664.8.047

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE DRYING TEMPERATURE FOR
REMOVAL OF VOLATILE AROMATIC COMPOUNDS FROM PEPPER
MINT**

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.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ СУШІННЯ
НА ВИДАЛЕННЯ ЛЕТКИХ АРОМАТИЧНИХ СПОЛУК
З М'ЯТИ ПЕРЦЕВОЇ**

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.

The purpose of the work. Investigation of the heat of evaporation of medicinal and spicy-aromatic plants in order to determine the mode of drying parameters that provide maximum preservation of essential oils.

Results. As the material for research is chosen peppermint (*Mentha piperita* L.) due to its beneficial properties and a wide range of applications [1]. Mint leaves contain essential oil, its contents ranges from 1.5 to 2.7, sometimes up to 3.5 %. The most thermal sensitive components of essential oils are volatile aromatic compounds. The use of high temperature will lead to their significant losses, the concentration and composition of essential oils will change, the aroma of the final product will deteriorate. The main (50... 80 %) volatile aromatic component of mint is menthol, which is in the trichoma glands on the leaf surface in the crystalline state [2]. Its melting point under normal conditions is 315.60 K (42.5 ° C), and the specific heat of evaporation and sublimation is several times less than the heat of evaporation of water (2406 kJ/kg at 40 ° C). Therefore, it was necessary to check that the drying temperature of mint leaves should not exceed the melting point of menthol to prevent significant loss of product quality.

The study of energy consumption for dehydration in the process of heat drying of peppermint leaves is carried out by determining the change in the heat of evaporation on the differential microcalorimeter of evaporation. The principle of its work is based on the synchronous measurement of changes in the weight of the material due to evaporation and the amount of heat spent on it evaporation. For experiments with mint leaves, a calorimetric platform with a cylindrical cell of 36 mm was used, in which the heat flux converters are placed along the perimeter of the cells of the cells. The whole leaf of mint was twisted into a soft roll and put in a measuring cell. Isothermal conductive drying occurred in the calorimetric chamber at temperatures of 40 and 50 ° C until the moisture material reaches the air that is equilibrium with air inside the chamber.

The results of the experiments are shown in Fig. 1 in the coordinates of the

specific heat consumption for drying, which is brought to the specific heat of evaporation of clean water at a corresponding temperature ($R = q_{\text{spent}} / r_{\text{water}}$).

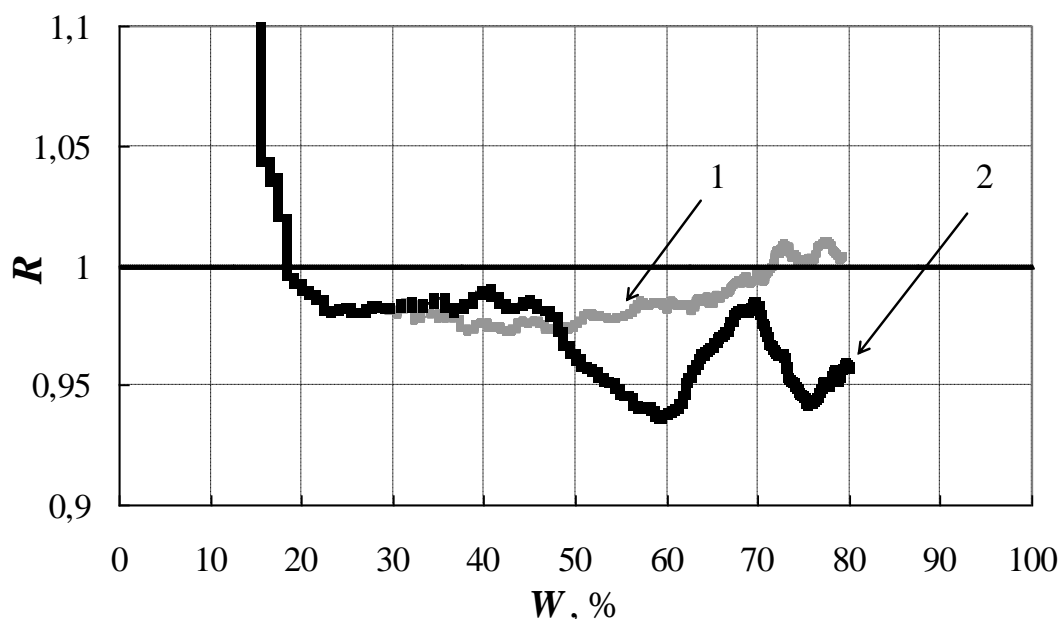


Fig. 1. Dependence on the relative humidity of the specific heat of heat for drying peppermint leaves at a drying temperature of 40 ° C (1) and 50 ° C (2)

The heat consumption for mint drying at 40 ° C (curve 1) corresponds to the heat of water evaporation ($R = 1$) only at the beginning when water evaporates. When the humidity reaches 70 % of the evaporation process, the evaporation of volatile aromatic compounds with glands on the surface of the leaves joins. Evidence of this is the falling r below one and the appearance of mint in the air.

At drying temperature of 50 ° C (curve 2), significant evaporation of volatile compounds occurs from the beginning. In addition, we observe endothermic peaks due to menthol melting at 42.5 ° C or associated with the evaporation of other aromatic substances. A sharp increase in heat consumption at the end of drying indicates the beginning of removal from the leaves of adsorption-linked moisture.

Conclusions. The conducted study allowed to monitor the effect of drying temperature on the removal of volatile aromatic compounds from mint leaves and confirmed that to prevent significant losses of quality, the mint drying temperature

should not exceed menthol melting.

References:

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
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>

UDC 678.6

MODERNISATION OF HIGH-DENSITY POLYETHYLENE PRODUCTION LINE WITH DEVELOPMENT OF REACTOR AND CENTRIFUGE

Ph.D. Husarova O.^{1,2}, student Bielokon A.¹

¹ National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

² Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

ANNOTATION: *The process of high-density polyethylene production is reviewed, a diagram of the manufacturing unit is presented and its operating principle is explained. To improve the unit's performance, it was suggested to modernise the reactor and centrifuge.*

KEYWORDS: REACTOR, CENTRIFUGE, SYNTHETIC, HIGH-DENSITY POLYETHYLENE.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІЕТИЛЕНУ ВИСОКОЇ ГУСТИНИ З РОЗРОБКОЮ РЕАКТОРА ТА ЦЕНТРИФУГИ

ст. викладачка, к.т.н. Гусарова О.В.^{1,2}, студент Белоконов А.І.¹

¹ Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

² Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

АНОТАЦІЯ: *Розглянуто процес отримання поліетилену високої густини, наведено схему виробничої установки і пояснено принцип її роботи. Для підвищення ефективності установки, запропоновано модернізувати реактор і центрифугу.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РЕАКТОР, ЦЕНТРИФУГА, СИНТЕТИЧНИЙ, ПОЛІЕТИЛЕН ВИСОКОЇ ГУСТИНИ.

A synthetic polymer is a high molecular weight compound that is created

artificially as a result of the synthesis of simple low molecular weight compounds. This polymer consists of a large number of repeating monomeric units connected by chemical bonds. These links are formed through chemical reactions (polymerisation and polycondensation).

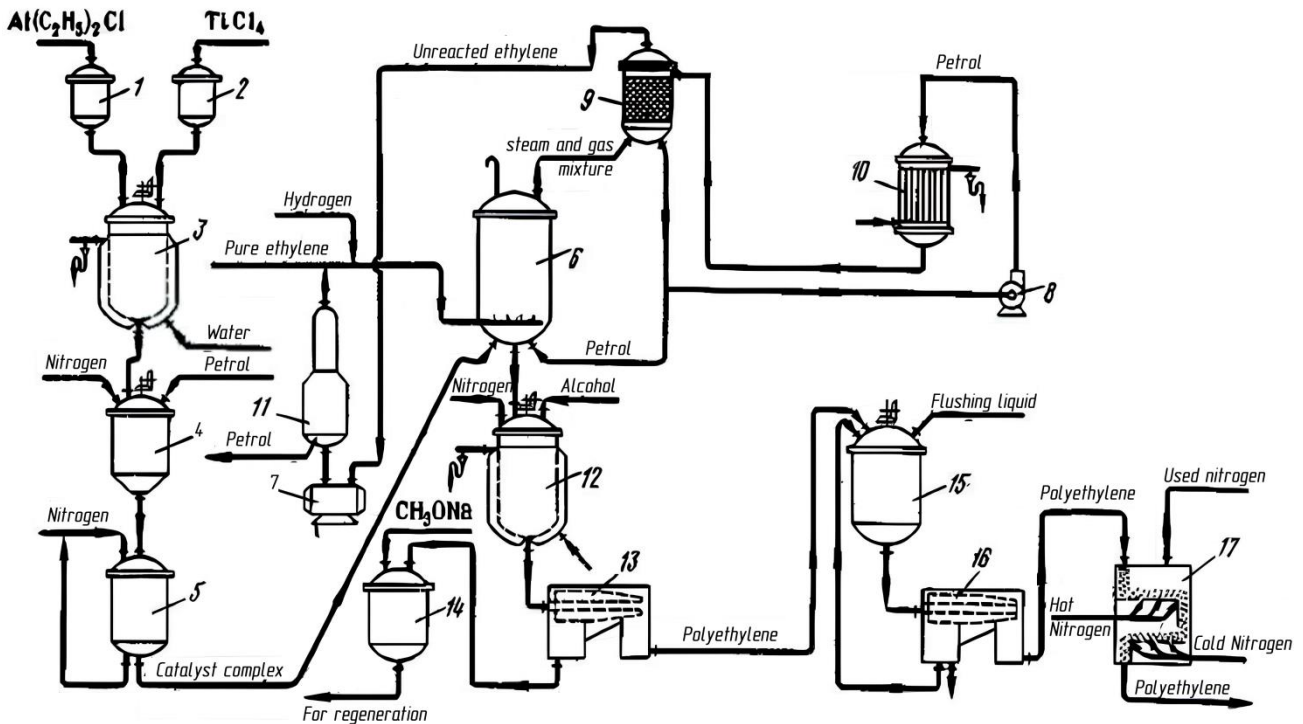
Synthetic polymer is widely used in the manufacturing industry and in everyday life. Therefore, the development and modernisation of production units is an important task at the current time [1].

The technological process for the production of high-density polyethylene includes the following steps: preparation of the catalytic complex; polymerisation of ethylene; decomposition of catalytic complex remnants and purging of polyethylene from catalyst decomposition products; drying and averaging of polyethylene; stabilisation, granulation; regeneration of solvent and purging solution [2, 3].

The polymerisation of ethylene is considered a catalytic process because it requires the presence of a catalytic complex. The catalytic complex is formed as a result of the reaction between diethylaluminium chloride and titanium tetrachloride. Prior to the polymerisation process, the raw materials and catalytic complex must be thoroughly cleaned of impurities, as their presence can adversely affect the final result. In addition, the specified proportions of ingredients and settings must be strictly adhered to obtain the desired result during mixing.

To obtain a high-quality catalytic complex, when using titanium tetrachloride and diethylaluminium chloride, it is necessary to maintain the temperature between 20 °C and 40 °C, while controlling the mixing time. It is important to keep in mind that to avoid explosion and spontaneous combustion, polyethylene production should be carried out in an atmosphere of dry, pure nitrogen.

A schematic diagram of a high-density polyethylene unit is shown in figure 1 [2, 3].



- 1 – diethylaluminium chloride measuring device; 2 – titanium tetrachloride measuring device; 3 – mixer for the catalyst complex; 4 – apparatus for diluting the complex; 5 – intermediate tank; 6 – polymeriser; 7 – gas blower; 8 – centrifugal pump; 9 – absorber; 10 – shell-and-tube refrigerator; 11 – gas separator; 12 – collector for decomposition of catalyst complex residues; 13 – spinning centrifuge; 14 – collector of mother solution; 15 – washer; 16 – centrifuge; 17 – dryer.

Figure 1 – Diagram of the technological process of high-density polyethylene production

The process of producing high-density polyethylene starts with the diethylaluminium chloride measuring device 1 and diethylaluminium chloride measuring device 2, the reagents are fed into a mixer 3, then into a complex dilution apparatus 4, which also receives the required portion of petrol. The solution of petrol and catalytic complex moves through an intermediate tank 5 down to the polymeriser 6.

For the correct polymerisation process, the pressure in reactor 6 should be

about 1.5-3 MPa and the temperature 75 ± 4 °C. During the process, a solution of the catalytic complex and ethylene are continuously fed into the reactor, and a polyethylene slurry is formed with a solid phase content of about 80-120 g/l. The mixing is carried out by bubbling ethylene through the gas distributor 11 using a gas blower 7.

Due to the evaporation of petrol, the heat of reaction is reduced, and the resulting petrol vapour mixture is removed from the reactor, condensed and returned to the cycle. Since the circulation of the vapour-gas mixture poses a risk of polymer particles entering and subsequently settling in the communication pipes and other apparatus, this unit uses an absorber 9 to separate petrol and polymer. Condensed petrol is pumped through a refrigerator 10 to irrigate the absorber 9 and then enters the polymeriser 6. The cooled ethylene is injected by a gas blower 7 into a gas separator 11, where the remaining solvent is separated and sent to the reactor 6.

Methyl or isopropyl alcohol is fed to the collector 12, where the polyethylene-in-gasoline suspension from the reactor is fed. There, a mixing process takes place, as a result of which soluble products are formed due to the decomposition of the catalyst complex that interacts with alcohol. This is all done to avoid reducing the chemical resistance and deterioration of its dielectric properties. It is worth noting that moisture should be avoided during the process of interaction of alcohol with aluminium and titanium compounds, as this will form insoluble aluminium and titanium hydroxide compounds that will affect its properties.

After treatment with alcohol, the suspension is squeezed out on centrifuge 13. Next, to neutralise HCl, the mother liquor is sent to collector 14, which also contains sodium methylate. The squeezed polymer is then transferred to the washer 15, where it is treated with hot and cold washing, from where it is transported to the centrifuge 16. Polyethylene is fed to the dryer 17 only when its moisture content does not exceed 40%. Hot air is used for drying, and the temperature should not exceed 50 °C [2, 3].

Objective: to design, with the necessary calculations, an apparatus with a stirring device for the preparation of the Ziegler-Nutt catalyst complex and a

centrifuge for separating polyethylene from the mother liquor by a continuous method, which are part of a line for the production of high-density polyethylene in solution at low pressure.

Conclusions: The production of high-density polyethylene is a complex multi-step process involving the preparation of a catalyst complex, polymerisation, purification, washing and drying of the polymer. Key steps include controlling the reaction conditions such as temperature and pressure, as well as ensuring the purity of the feedstock and proper mixing to prevent negative effects such as particle settling or polymer quality degradation. Designing efficient equipment for these processes is essential to increase the productivity and safety of polyethylene production.

References:

1. Chornobylskyi I.I. Polymerisation apparatus - Kharkiv Kommunist Book Printing House, 1967. –163 p.
2. Bratsykhin E.A., Shulgina E.S. Technology of plastic masses: a textbook for technical schools. - 3rd edition, revised and supplemented - L.: Khimiya, 1982. – 328 p., illus.
3. Ostapchuk M.V., Rybak A.I. Systems of technologies (by type of activity): Study guide. Recommended by the Ministry of Education and Science of Ukraine as a textbook for students of higher educational institutions. – Kyiv: TsUL, 2003. – 890 p.

УДК 66.047

**ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE
ETHANOL PRODUCTION PROCESS WITH THE SELECTION OF HEAT
EXCHANGE EQUIPMENT**

Student Pugach Y. R., Senior lecturer, Ph.D. Hulienko S.V.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Annotation: An analysis of the equipment of the technological scheme for the production potassium chloride by test solution and cristalization. Is substantiated the choice of the apparatus for designing in the diploma project, as well as its construction design, namely the shell-and-tube heat exchanger.

Keywords: *ETHANOL, ETHYLENE, HYDRATION, SHELL-AND-TUBE, HEAT EXCHANGER*

**АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА
ЕТАНОЛУ З ВИБОРОМ ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ**

студент Пугач Ю. Р., ст. викладач, к.т.н. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Аналіз обладнання технологічної схеми виробництва хлористого калію дослідним розчином і кристалізацією. Обґрунтовано вибір апарату для проектування в дипломному проекті, а також його конструктивне рішення, а саме кожухотрубного теплообмінника.

Ключові слова: ЕТАНОЛ, ЕТИЛЕН, ГІДРАТАЦІЯ, КОЖУХОТРУБНА, ТЕПЛООБМІННА

Схема виробництва хлориду калію зображена на рисунку 1. Подрібнений до частинок розміром 0,25 – 5 мм сільвініт з дробарки солі надходить у

бункери, звідки за допомогою стрічкового транспортера потрапляють у шнекові розчинники. Для компенсації втрат температури до розчинників подається пара. Після проходження усіх розчинників концентрований щелок містить біля 245-265 г/л KCl. Після очищення щелоку він потрапляє до теплообмінників трубчастого типу, де нагрівається до 113-115° С, паром. Далі пара конденсується в конденсаторах змішування, що зрошуються водою.

Отже для забезпечення кращого протікання процесу ключовими факторами являється розмір надходящих частинок сільвінту, а також трубчастий теплообмінник, що нагріває розчиняючий щелок.

Тому модернізація цих апаратів є ключовою для покращення продуктивності, а також забезпечення належної якості вихідного продукту.

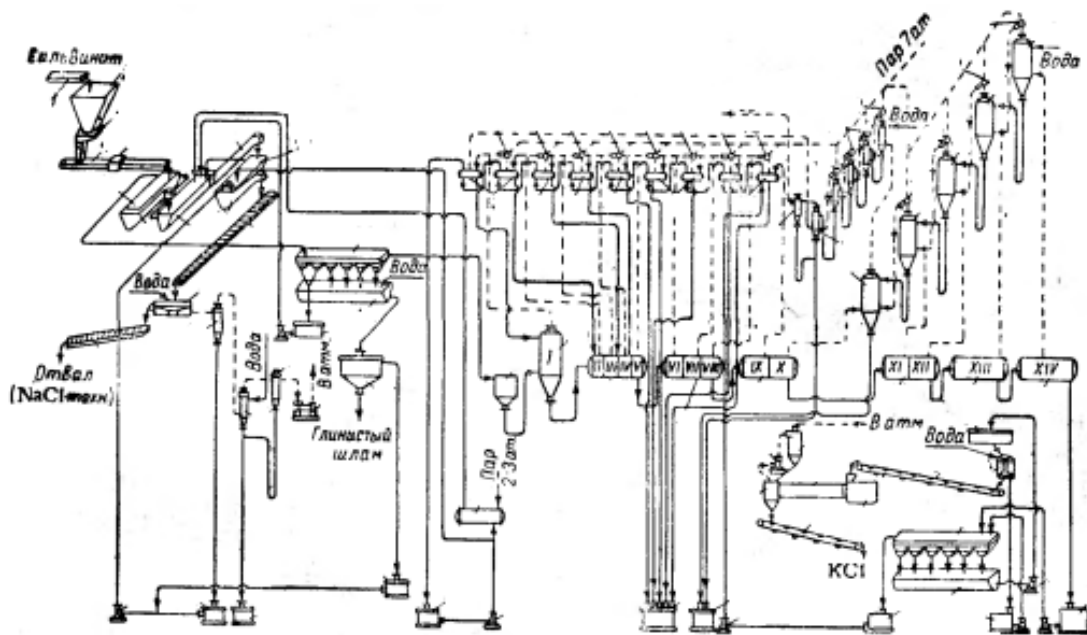


Рисунок 1 – – Схема виробництва хлориду калію методом розчину та кристалізації [1]

З метою вибору найбільш енергоефективного теплообмінного обладнання необхідно проаналізувати основні їх типи, залежно від способу підведення теплоти, а саме: поверхневі, змішувальні та регенеративні теплообмінники.

У поверхневих теплообмінниках перенесення тепла відбувається через поверхню теплообміну, яка розділяє теплоносії. Тобто через замкнуту стінку. У

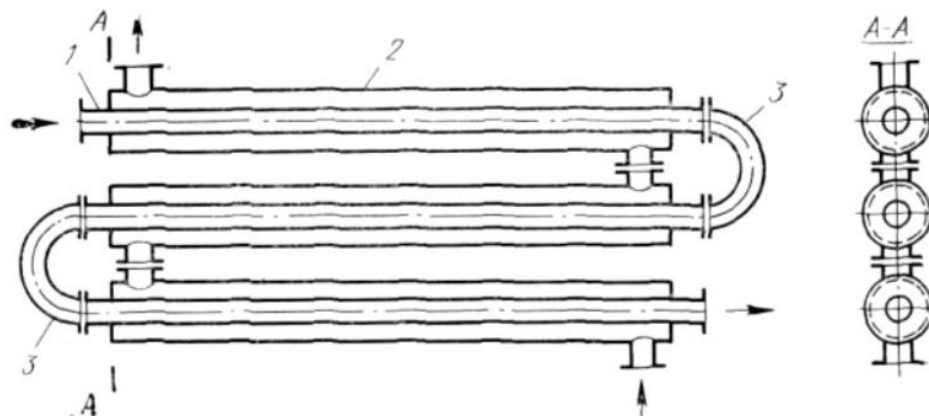
даному випадку потоки не змішуються, що, у даному випадку, є одним із найважливіших факторів.

У змішувальних теплообмінниках теплота передається при безпосередньому контакті теплоносіїв шляхом їх змішування, що, у даному випадку, є неприпустимим.

У регенеративних теплообмінниках теплота передається через спеціальну тепломістку насадку, що акумулює тепло. При цьому теплоносії рухаються по чергово: спочатку гарячий, потім холодний. Тобто, окрім того, що потоки теплоносіїв частково змішуються – продуктивність таких теплообмінників низька.

Тому для даної технологічної схеми прийнято проводити вибір конструкції теплообмінника із поверхневим способом перенесення теплової енергії.

Одними з найпоширеніших поверхневих теплообмінників є двотрубні теплообмінники, або теплообмінники типу труба в трубі, рисунок 2, які складаються із кількох з'єднаних послідовно трубчастих елементів, що утворені двома концентрично розташованими трубами.



1 – внутрішня труба, 2 – зовнішня труба, 3 – сполучні коліна.

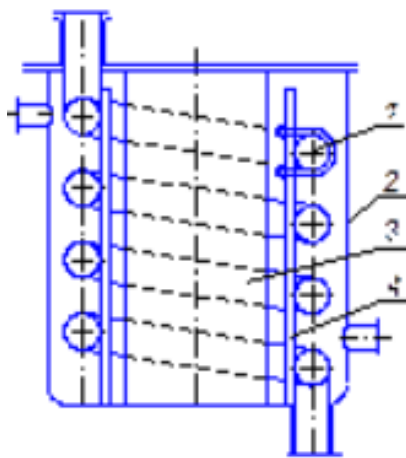
Рисунок 2 – Теплообмінник типу «Труба в трубі» [2]

У таких теплообмінниках один теплоносій рухається по внутрішніх трубах, а другий – у просторі що утворюють дві труби. У зв'язку з невеликою

поверхнею перерізу міжтрубного простору, навіть при невеликих витратах теплоносіїв забезпечуються високі значення їх швидкостей: $1 \div 2.5$ м/с, що забезпечує турбулентність потоку та, як результат – високі показники коефіцієнту теплопередачі.

Однак, такі теплообмінники застосовуються у випадках, коли необхідно забезпечувати низькі значення продуктивності.

Змієвикові теплообмінники, рисунок 3, складаються зі змійовика 1, що знаходиться у корпусі 2 теплообмінника.



- 1 – спіральний змійовик; 2 – корпус апарата;
3 – внутрішній стакан; 4 – кріплення змійовика

Рисунок 3 – Змієвиковий теплообмінник [3]

Принцип роботи полягає у обміні тепловою енергією при русі теплоносія (газу, пари або рідини) по змійовику, який занурений у рідкий теплоносій. Змієвикові теплообмінні апарати призначені для незначних теплових навантажень та мають низьку продуктивність, що обумовлено ламінарним режимом руху рідкого теплоносія у корпусі апарату, що зменшує коефіцієнт тепловіддачі ззовні змійовика, а отже, і коефіцієнт теплопередачі.

У пластинчатих теплообмінниках, рисунок 4, поверхня теплообміну реалізована за допомогою гофрованих ребристих, розташованих паралельно одна одній секцій (пластин), за допомогою яких забезпечується система вузьких каналів. У таких теплообмінниках один теплоносій рухається парними

каналами, а інший – непарними.

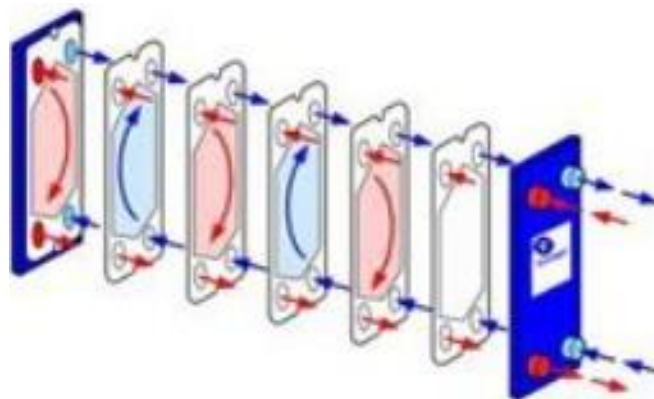
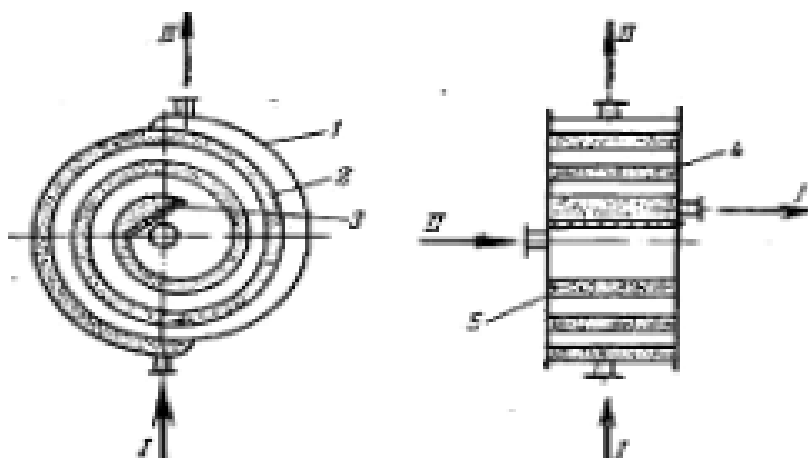


Рисунок 4 – пластинчатий теплообмінник [4]

Як і у теплообмінників типу «труба в трубі», пластинчаті теплообмінники мають невелику площу поперечного перерізу каналів, що забезпечує турбулізацію потоків при високих значеннях швидкостей руху теплоносіїв, і, відповідно – високі значення коефіцієнтів тепловіддачі та інтенсивну теплопередачу. Основним недоліком таких конструкцій теплообмінників є неможливість працювати при високих тисках, та складність підбору еластичних прокладок.

У спіральних теплообмінниках, рисунок 5, поверхня теплообміну реалізована у вигляді двох сталевих пластин, які згорнуто по спіралі. Кінці таких пластин закриті перегородками для уникнення перемішування потоків теплоносіїв.



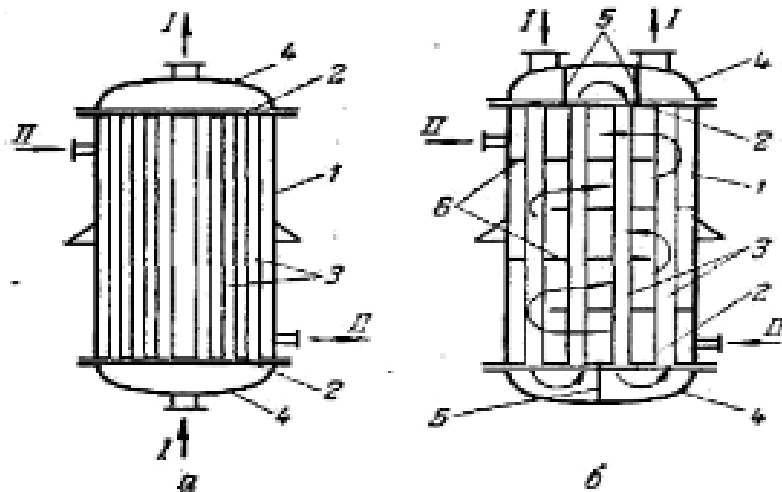
1, 2 – листи, що згорнуті по спіралі; 3 – перегородка; 4, 5 – кришки

Рисунок 5 – Спіральний теплообмінник [2]

Теплоносії рухаються при протитечії, а тепло передається від одного теплоносія до іншого через металеві спіральні пластини.

Такі теплообмінники мають невеликий гідравлічний опір та велику швидкість руху теплоносіїв, їх конструкція ускладнює догляд за пластинами.

Найбільш поширеними у хімічній промисловості є кожухотрубні теплообмінники, рисунок 6. Такі теплообмінники складаються із корпусу, або кожуха, трубних решіток та розподільчих камер (кришки та днища). У трубних решітках закріплено труби, які і утворюють поверхню теплообміну.



1 – корпус (обичайка); 2 – трубні решітки; 3 – труби; 4 – кришки;
5 – перегородки у кришках; 6 – перегородки у міжтрубному просторі

Рисунок 5 – Кожухотрубний теплообмінник [2]

У кожухотрубних теплообмінниках один теплоносій рухається по трубах (у трубному просторі), інший – у корпусі між трубами та перегородками (міжтрубний простір). Теплоносій, що нагрівається, спрямовується знизу догори, теплоносій, що віддає тепло, – у протилежному напрямку. Такі напрями руху кожного з теплоносіїв співпадають із напрямками, у яких буде рухатись середовище під впливом зміни густини внаслідок нагрівання або охолодження.

Труби у решітках зазвичай розміщують по вершинах рівносторонніх трикутників, однак бувають випадки, коли доцільніше розташування по кутах

прямокутників або концентрично.

Такі теплообмінники можуть бути як одноходовими так і багатоходовими. У багатоходових теплообмінниках розташовують додаткові перегородки для розділення ходів по трубному простору, при цьому кількість труб по секціях має бути рівна.

За результатами аналізу існуючих конструкцій теплообмінного обладнання для процесу охолодження водо-спиртової суміші в технологічній схемі виробництва етилового спирту, з урахуванням поставлених вимог прийнято, що найбільш раціональним буде застосування кожухотрубного теплообмінника.

References

1. Jain S., Saxena M. Potassium chloride: production, properties, and applications. CRC Press, 2021. 373 p.
2. Конструкції теплообмінників. *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/5465346/page:10/> (дата звернення: 17.04.2024).
3. Зміювикові теплообмінники. *Студопедія*. URL: https://studopedia.com.ua/1_51357_zanureni-teploobminniki.html (дата звернення: 17.04.2023).
4. Пластинчастий теплообмінник розрахунок, схема, креслення. *ЖАК*. URL: <https://jak.koshachek.com/articles/plastinchastij-teploobminnik-rozrahunok-shema.html> (дата звернення: 17.04.2024).

UDC 661.965

USING A BOILING INSTALLATION IN HYDROGEN PRODUCTION BY STEAM CONVERSION

Associate Professor, Ph.D. Novokhat Oleg, Student Danikhno Ruslan;
National Technical University of Ukraine
"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *The technology of steam conversion of gas for hydrogen production is presented, and a boiling plant for steam production is considered. The design of the boiling plant for steam generation is proposed.*

KEYWORDS: STEAM CONVERSION OF GAS, BOILING PLANT, STEAM.

ВИКОРИСТАННЯ КИП'ЯТИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВОДНЮ МЕТОДОМ ПАРОВОЇ КОНВЕРСІЇ

доц., к.т.н. Новохат О.А., студент Даніхно Р.М.;
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: *Наведена технологія парової конверсії газу для виробництва водню, розглянута кип'ятільна установка для виробництва пари, запропоновано конструкцію кип'ятільної установки для генерації пари.*

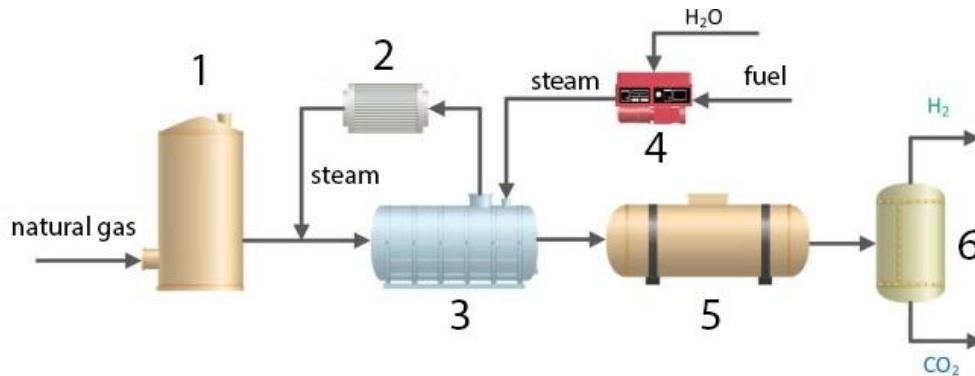
КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПАРОВА КОНВЕРСІЯ ГАЗУ, КИП'ЯТИЛЬНА УСТАНОВКА, ПАР.

The main technology for hydrogen production from natural gas is steam reforming, accounting for 75% of global hydrogen production, with 50% of the steam reforming process involving the steam conversion of natural gas [1].

A flowchart of the natural gas steam conversion process is shown in Figure 1.

To remove gas impurities from natural gas, a desulfurization process is required in the desulfurizer. The desulfurized natural gas reacts with steam over a Ni-based catalyst to produce synthesis gas at temperatures of 600–800 °C and a pressure of 5

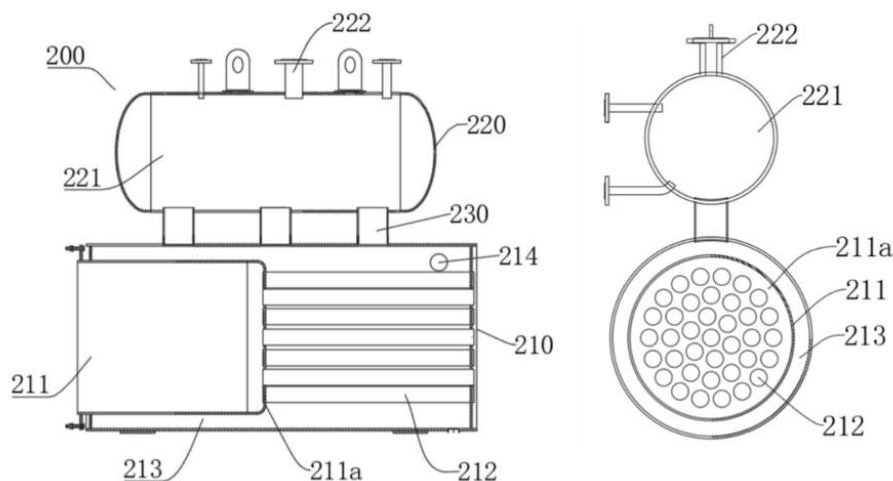
bar, achieving up to 90% conversion efficiency. The output stream from reactor mainly consists of H_2 and CO as synthesis gas. In reactor, CO is converted to CO_2 by reaction with H_2O . This stream then undergoes pressure swing adsorption to produce high-purity hydrogen.



1 – desulfurizer; 2 – heat regenerator; 3 – steam conversion reactor; 4 – steam installation; 5 – water-gas shift reactor; 6 – pressure swing adsorption unit.

Figure 1 – Flowchart of the natural gas steam conversion process

Hydrogen production via steam reforming requires a large amount of steam. A boiling installation from "Fangkuai Boiler Co. Ltd." can be used for steam production, with a schematic shown in Figure 2 [2].



200 - steam boiler; 210 – lower furnace body; 211 – furnace;
211a – furnace roof; 212 – chimney; 213 – water volume chamber; 214 – water inlet;
220 – upper furnace body; 221 – steam chamber; 230 – connecting pipe.

Figure 2 – Boiling installation schematic

The internal part of the lower furnace body is equipped with a furnace, and the furnace roof is welded to the chimney, with the chimney axis parallel to the furnace axis, allowing exhaust gases generated by the burner (not shown) to pass through the furnace and chimney. The end of the chimney can connect to an existing flue gas heat recovery device or condenser to reduce the temperature of the exiting exhaust gases. The lower furnace body has a water volume chamber surrounding the furnace and chimney, with a water inlet for feeding water into the water volume chamber. The water inlet is located at the upper part of the water volume chamber, corresponding to the rear end of the chimney, allowing thorough heat exchange between the water in the chamber and the gases in the chimney, thus promoting rapid steam formation.

Advantages of this invention:

- Solves issues with sequential connections between the furnace and chimney, as well as between the furnace and boiler shell, reducing unnecessary heat exchange surface costs. This avoids problems with increased production costs, transportation, and energy consumption.
- Eliminates specially shaped or eccentric parts, reducing interconnections and significantly improving assembly capabilities, enabling mass production, increasing automation, and better responding to user needs.
- Directly connects the chimney to the top of the furnace, which, instead of a traditional combustion return chamber, allows gases to flow without resistance and avoids maintenance issues in a closed chimney zone later on.
- Uses heat from exhaust gases for steam production rather than releasing it into the environment.

Thus, using this installation for steam production provides a more efficient steam generation process, significantly reducing hydrogen production costs by steam conversion.

Considering global trends towards clean energy, the hydrogen steam conversion method has considerable development potential. New inventions can be applied not only to boiling installations but also to heat exchangers, adsorbers,

catalysts, etc.

References:

1. Taipabu M., Atabani A. "A critical review of the hydrogen production from biomass-based feedstocks: Challenge, solution, and future prospect." in Process Safety and Environmental Protection, 2022.

URL: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.06.006>

2. "Boiler, steam boiler, hot water boiler and multifunctional boiler": Patent No. CN115681931A. China: F22B1/22; F22B37/00; F24H9/00; F24H9/1836, 2023; filed 28.10.2022; published 03.02.2023.

URL: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/085045749/publication/CN115681931A?q=pn%3DCN115681931A>

УДК 678.6/7 : 678.05

METHODS OF MANUFACTURING THERMOPLASTIC PIPES

Postgraduate Student Hryhorii PODYMAN,
National Technical University of Ukraine
"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *The main methods of cooling the wall of the pipe billet upon contact with calibrators have been investigated.*

KEY WORDS : CALIBRATION, EXTERNAL CALIBRATION, INTERNAL CALIBRATION, VARIABLE SECTION CALIBRATION, COOLING

МЕТОДИ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРУБ З ТЕРМОПЛАСТИВ

аспірант Подиман Г. С.

Національний технічний університет України

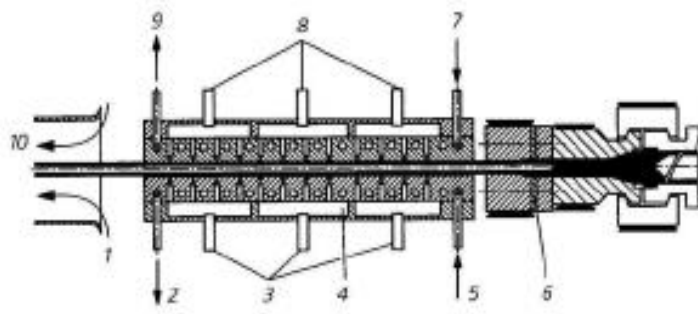
“ Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського ”

АНОТАЦІЯ: *Досліджено основні методи охолодження стінки трубної заготовки при контакті калібраторами.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КАЛІБРУВАННЯ, ЗОВНІШНЄ КАЛІБРУВАННЯ, ВНУТРІШНЄ КАЛІБРУВАННЯ, КАЛІБРУВАННЯ ЗМІННОГО ПЕРЕРІЗУ, ОХОЛОДЖЕННЯ

In general, there are three main types of cooling of the wall of a polymer pipe blank through contact with a calibrator: external, internal, and variable cross-section calibration.

In external vacuum calibration, the contact between the extruded profile and the calibrator surface required for cooling and calibration is achieved by using a vacuum created by a vacuum pump. In this calibration, the profile is pressed against the cooling surface of the calibrator along the contour (closed external contour calibration), while the vacuum is created by pumping air through small holes or slots in the calibrator wall to which the profile is attached (Figure 1) [1].



1 – air cooling chute; 2 – water outlet; 3 – vacuum; 4 – long-range vacuum calibrator; 5 – water inlet; 6 – profile head; 7 – water inlet; 8 – vacuum; 9 – water outlet; 10 – cooling air.

Figure 1 – Vacuum external calibration (closed vacuum calibrator with subsequent air cooling of the profile) [1].

External contour calibration is used in the production of hollow profiles and small-diameter pipes. For profile calibration, several calibration blocks are usually used, between which cooling sections are located [1].

The advantage is high-quality thermal contact.

The disadvantage of the design is a weak intensification of heat exchange.

Internal calibration. As the name suggests, internal calibration fixes the internal dimensions of hollow profiles that are extruded with a simple cross-section (Figure 2). This process is rarely used in pipe extrusion, since the outer diameter is used as the basis for classifying and standardizing pipes. The exception is pipes intended for pneumatic pipe conveyors, which have strict standards for tolerances for the inner diameter [2].

In this calibration method, the extrusion head mandrel is connected to a cooling calibration mandrel. The plastic pipe blank exiting the forming hole of the extrusion head is pulled through it and cooled at the same time [2].

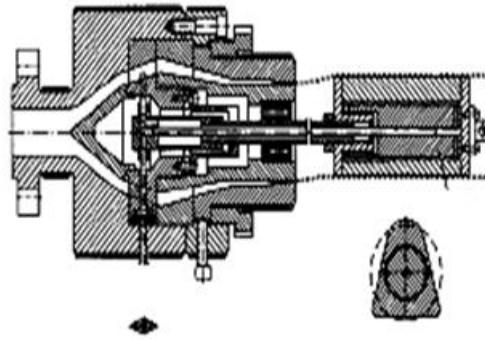
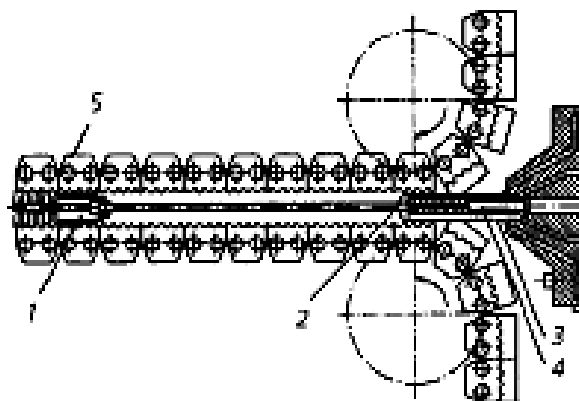


Figure 2 – Internal calibration [2].

The disadvantage is the complexity of the calibration mandrel structure and the need for constant process control due to the presence of tightening forces.

Special calibration methods with moving calibrators. If the calibrator moves continuously with the extrudate, this allows the production of profiles of variable (in the direction of extrusion) cross-section. This method is used in the manufacture of corrugated pipes (Fig. 3). For this purpose, crawler devices (corrugators) with special metal half-molds are used, in which a smooth plastic pipe blank is formed into a corrugated pipe under the action of compressed air or vacuum [3].

The disadvantage is the increased specific energy consumption and the specificity of production.



- 1 – floating plug; 2 – air outlet; 3 – mandrel; 4 – mouthpiece;
5 – chain with corrugated half-form

Figure 3 – Production of corrugated pipes [3].

The most modern calibration method is vacuum calibration on the outer surface of the product.

References:

1. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітніми програмами «Інжиніринг пакувань та пакувального обладнання» спеціальності 131 «Прикладна механіка» та «Інжиніринг обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів» спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / І. О. Мікульонок. 2-ге вид., переробл. та доповн. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,21 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 292 с.

2. Калібрування труб з поліпропілену: Монографія. [Електронний ресурс]: монографія для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»/ КПІ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО; уклад. Я.М. Корнієнко, Г.С. Подиман, Я.Г. Двойнос. – Київ: КПІ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО, 2018 – 101с.

3. Суберляк О.В., Баштанник П.І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. – Київ.: 2006. - 270 с.

UDC 339.138

FEATURES OF BARLEY PROCESSING IN AN EXTRUDER

Ph.D B. Tselen, Ph.D A. Nedbailo, Ph.D L. Gozhenko, Ph.D N. Radchenko

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences
of Ukraine

ABSTRACT: The state of the domestic market for the production of functional products was analyzed, the main problems and directions of development were formulated. Among the promising types of raw materials, barley has been identified, and extrusion is an effective method of its processing.

АНОТАЦІЯ: Проаналізовано стан вітчизняного ринку виробництва функціональних продуктів, сформульовано основні проблеми та напрямки розвитку. Серед перспективних видів сировини визначено ячмінь, а ефективним способом його обробки – екструзія.

KEYWORDS: functional products, barley, extruder

КЛЮЧОВІ СЛОВА: функціональні продукти, ячмінь, екструдер.

Introduction. Over the past decade, there has been an increased attention to the quality of food products all over the world, in particular, to their environmental component, the presence of a full range of vitamins in them. That is why it has become relevant to create and promote the market of functional products (FP), the main task of which is to promote the preservation and maintenance of health. According to statistics, the FP market is growing at a rate that exceeds the growth rate of the market for conventional products. It is expected that by 2025, the global market for this group of products will grow by 8%, and the United States by 30%. Therefore, this direction is relevant and manufacturers around the world are actively producing products that include functional ingredients. Currently, the leadership in the production and consumption of FP belongs to the USA (60.50%), Japan (16.80%) and the EU countries. At the same time, only about 5% of Ukrainians are their consumers. Although the potential for production and consumption is certainly great. Therefore, an important task is to formulate key problems and determine ways to solve them for

the successful development of the domestic FP market.

To solve these problems, various types of traditional and available raw materials in Ukraine have been analyzed, and among them the use of barley has been proposed. Its value lies in a significant amount of dietary fiber, protein (up to 15%), carbohydrates (up to 67%) and fats (up to 3.5%). Despite its value for beta-glucan-soluble fiber, the use of barley is currently quite limited, in particular, by the brewing industry. For its processing as a component of FP, it is proposed to use the extrusion method, which will allow obtaining a finished component with the desired properties and the required structure. In addition, during extrusion (at 100⁰C), the neutralization of harmful microflora and the extraction of excess moisture are achieved, which helps to increase the shelf life of the extrudate and improves the quality of the resulting products.

The experimental part of the research was to determine the feasibility of using an extruder for barley processing. For this purpose, the mechanism of the effect of extrusion on the composition of extruded barley was experimentally established with comparison with samples of unprocessed barley, and the structure was studied. The amount of residual moisture in the extrudate was determined for further determination of the shelf life of dry mixtures and parameters of mixing with other components.

Conclusion. A positive effect of extrusion was established, which consisted in improving the amino acid composition in the obtained samples of extruded barley, in particular, the amount of lysine increased by 36%, methionine by 28%, cystine by 8%, serine and valine by 2%, which can be associated with the hydrolysis of proteins. The proportion of protein increased by 3% and fat by 3.7%. The share of moisture after treatment decreased from 13% to 9.7%. As a result, a homogeneous free-flowing structure of the extrudate with a good taste and aroma was obtained. A decrease in the microbiological index was achieved, which was less than 10 CFU for 90 days. Thus, extrusion processing makes it possible to obtain an extrudate with good functional and technological properties of a long shelf life.

UDC 66.047.541

METHODS OF DEHYDRATION OF CRYSTALLINE BISCHOFITE

Postgraduate Student Filipov V.V., associate professor, Ph.D. Novokhat O.A.

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *The main properties of bischofite and methods of drying are given in this work. The need to study the kinetic regularities of the process is substantiated.*

KEY WORDS: BISCHOPHITE, DRYING, KINETIC REGULARITIES

СПОСОБИ ДЕГІДРАТАЦІЇ КРИСТАЛІЧНОГО БІШОФІТУ

Аспірант Філіпов В.В., к.т.н., доц. Новохат О.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: *В даній роботі наведено основні властивості бішофіту та способи сушіння. Обґрунтовано необхідність дослідження кінетичних закономірностей процесу.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БІШОФІТ, СУШІННЯ, КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ

Bischofite is a natural mineral belonging to the halide class and is a magnesium chloride with the formula $MgCl_2 \cdot 6H_2O$. It also contains impurities of other minerals such as potassium, sodium, and calcium. The crystal system is monoclinic. It is colorless or white, brittle, with no cleavage. Its hardness on the Mohs scale is 1–2, and its density is 1.6 g/cm³. Bischofite is hygroscopic and deliquesces when exposed to air, especially cold air. It is highly soluble in water and alcohol.

Hexahydrate magnesium chloride is primarily sedimentary, chemogenic, and represents the final product of halogenesis, formed at the last stage of sulfate-type salt

deposit formation, rich in magnesium. Major deposits are found in Israel, Germany, Russia, China, and the USA. In Ukraine, two monomineral deposits of bischofite have been discovered: Novopodilsk (Chernihiv region) and Poltava.

Bischofite is used in the chemical industry (magnesium production), in agrochemistry, and construction (manufacture of magnesia cement and artificial stone), as well as in medicine.

Drying of bischofite is essential to obtain a dry, stable product that can be used in various industrial processes. In its natural state, bischofite is a hydrated mineral, containing 47% magnesium chloride and 53% crystallization water. Moisture removal through drying increases the concentration of beneficial substances, improves storage and transportation conditions, and prepares the material for further use.

Several main drying methods for bischofite exist, including convective (a relatively simple process with uniform drying but potential overheating of the mineral), contact (energy-efficient but with possible uneven drying due to contact with a hot surface), vacuum (drying at lower temperatures but high equipment and operational costs), and infrared (a fast process for thin layers of material, with overheating risk and control difficulty for larger volumes).

In practice, convective drying is the most commonly used method. The main stage of moisture removal occurs in a drying apparatus. Hot air or another heat carrier (usually air heated to 50–150 °C) circulates through the material, ensuring uniform heating and moisture evaporation from the surface and inner layers of bischofite. It is crucial to control the temperature during this process as excessive heating can lead to the decomposition of the mineral. This method is widely used for its efficiency and relative simplicity in production conditions.

The process of dehydrating crystalline hydrates is accompanied by significant mass loss of the material, leading to increased drying time and excessive energy consumption. Therefore, it is advisable to consider different drying methods for bischofite and use thermogravimetric analysis, which measures changes in sample

mass during heating or cooling over time, to establish their kinetic regularities for identifying the most rational approaches.

References:

1. Vragov, A.P. Materials for calculations of processes and equipment of chemical and oil refining industries [Text]: teaching. manual / A.P. Vragov, J.E. Mykhaylovskiy, S.I. Yakushko - Sumy: Sumy State University, 2008.

2. Marchevskiy, V. M. Kinetics of drying of crystalline bischofite [Text] / V. M. Marchevsky, R. M. Ulitko, A. S. Galstyan // 36. scientific work Odessa National Academy of Food Technologies. — 2010. — S. 113-116.

УДК 66.061:621.693.3

THE STUDY OF CAVITATION INFLUENCE ON THE PROCESS OF EXTRACTION IN COMBINED HYDRODYNAMIC EQUIPMENT

Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher Georgiy

Ivanitsky, Ph.D., senior researcher Liubov Hozhenko,

Ph.D., Leading Researcher Bogdan Tselen,

Ph.D., senior researcher Natalia Radchenko, Ph.D., senior researcher Anna Nedbailo

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

***Abstract.** A study of the intensification of the process of extraction of biologically active substances (BAS) from plant raw materials with preliminary cavitation activation of the extractant is presented. The use of combined cavitation effect in extraction processes is substantiated. Physico-chemical properties of the extract when applying the method of discrete-pulse energy input (DPEI) to the treated environment are given. It was established that the selected and modeled design of the combined hydrodynamic equipment ensures the intensification of BAR extraction from plant raw materials.*

***Key words:** extraction, the method of discrete-pulse energy input (DPEI), cavitation, pulsation-type cavitation reactor.*

**ДОСЛІДЖЕННЯ КАВІТАЦІЙНОГО ВПЛИВУ НА ПРОЦЕС
ЕКСТРАКЦІЇ В КОМБІНОВАНОМУ ГІДРОДИНАМІЧНОМУ
ОБЛАДНАННІ**

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

Цельнє Б. Я., с.н.с., к.т.н. Радченко Н. Л., с.н.с., к.т.н. Недбайло А. Є.

Інститут технічної теплофізики НАН України

***Анотація.** Представлено дослідження інтенсифікації процесу екстракції біологічно активних речовин (БАР) з рослинної сировини при попередній кавітаційній активації екстрагента. Обґрунтовано використання*

комбінованого кавітаційного впливу у процесах екстракції. Наведено фізико-хімічні властивості екстракту при застосуванні методу дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) на оброблюване середовище. Встановлено, що вибрана і змодельована конструкція комбінованого гідродинамічного обладнання забезпечує інтенсифікацію вилучення БАР з рослинної сировини.

Ключові слова: екстракція, метод дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ), кавітація, кавітаційний реактор пульсаційного типу.

Extraction processes are widely used in the pharmaceutical, food, and chemical industries. Technical and economic indicators of production depend on the method of intensification of the extraction process. The main task of intensification is to save resources and energy during extraction of BAR to obtain high-quality products for various complexes of industries.

Solving the tasks of research on the intensification of the extraction process is achieved under the conditions of increasing the energy efficiency of the equipment and increasing the output of the target components. In the Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, based on the practical implementation of the method of DPEI for the extraction process, research and development of equipment is carried out depending on the properties of raw materials and target BARs. Special attention is paid to the study of the preliminary influence of the mechanisms of DPEI on the physicochemical properties of the extractant.

The obtained results of studies of the physicochemical properties of the obtained extracts during periodic extraction showed the kinetics of the process of extracting target components from plant raw materials depending on the form of grinding. Numerical calculations were performed for further studies of continuous extraction. The conducted theoretical studies allow to select and simulate the combined hydrodynamic equipment depending on the given production productivity. The design of the selected equipment ensures that the extraction process is carried out by enhanced effects of cavitation mechanisms. Due to the determined geometry of the

Venturi nozzle and the working chamber, the device produces cumulative powerful dynamic effects that increase the cavitation effect on the processed medium. The fluid flow in the combined hydrodynamic equipment more intensively reaches periodically changing speeds, which leads to a sharp periodic sign-changing pressure and the emergence of more powerful cavitation effects, which in turn intensifies the convective transfer of target BARs to the micro and nano levels.

On the basis of the mathematical modeling of hydrodynamic processes in the cavitation reactor, the technological parameters and modes of extraction of target BARs in the developed equipment were optimized. The cavitation cluster initiation parameters were determined, the effect of pressure pulses on the physicochemical properties of the extract in the combined hydrodynamic equipment was experimentally investigated. It was established that the increase in the intensity of heat and mass exchange in the developed combined hydrodynamic equipment is due to the occurrence of a non-stationary hydrodynamic state during sudden changes in volume. Unlike the oscillations caused by the change in the volume of the liquid, the high-frequency oscillations that occur in the system are not absorbed by the solid medium, but are dissipated on the interphase surface, causing a long-term increase in heat and mass exchange. This justifies the use of the combined cavitation effect of the DIVE method for obtaining thermolabile target BARs. At the same time, it allows to reduce the duration of the process and increase the yield of high-quality BAR without additional costs for heating.

Reference:

1. Tselen, B.Ya., Ivanitsky, G.K., Radchenko, N.L., Gozhenko, L.P. (2022). Modeling of water hammer effect during the single cavitating bubble oscillation. *Physics of Aerodisperse Systems*. № 60. P.176–186. <https://doi.org/10.18524/0367-1631.2022.60.267731.9>
2. Dolinskyi, A. A., Ivanitskyi, G. K. (2008), *Teplomassoobmen i hidrodinamika v parozhidkostnykh dispersnykh sistemakh. Teplofizicheskie osnovy*

diskretno-impulsnoho vvoda enerhii [Heat and mass transfer and hydrodynamics in vapour-liquid disperse systems], Naukova dumka, Kyiv, Ukraine, 381 p.

3. Plesset, M.S., Chapman, R.B. (1971). Collapse of an Initially Spherical Vapour in the Neighbourhood of a Solid Boundary. Journal of Fluid Mechanics, 1971. Volume 47 № 2. P.125–141. <https://doi.org/10.1017/S0022112071001058>

УДК 66.06

ЗНАЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МЕМБРАН

Гулієнко С.В., Менько Д. І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто питання концентраційної поляризації, забруднення та регенерації мембран. Встановленні основні напрямки дослідження

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОНЦЕНТРАЦІЙНА ПОЛЯРИЗАЦІЯ, ЗАБРУДНЕННЯ, РЕГЕНЕРАЦІЯ

Abstract: The issues of concentration polarization, membrane fouling and regeneration are considered. The main directions of investigation are defined.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: CONCENTRATION POLARIZATION, FOULING, REGENERATION

Мембранні процеси широко використовуються в хімічній промисловості, а також в харчовій, фармацевтичній, біотехнологічній та інших галузях промисловості, а також в комунального господарстві та системах водопідготовки. Значне поширення таких процесів обумовлене рядом технологічних та економічних переваг, зокрема висока ефективність розділення, відносно низькі витрати енергії, простота обладнання тощо [1].

Проте залишається ряд експлуатаційних проблем у використанні пов'язані з явищами концентраційної поляризації та забруднення поверхні мембран. Явище концентраційної поляризації у баромембранних процесах полягає у підвищенні концентрації розчинених речовин біля поверхні мембрани, внаслідок того, що через мембрану переважно проникає розчинник. Це призводить до збільшення опору перенесення маси, а також зменшує рушійну силу процесу через збільшення осмотичного тиску. Більше небезпечними є утворення на поверхні мембрани та/або в порах забруднень, які не лише

зменшують продуктивність мембран, а й можуть також призвести до передчасного виходу мембран з ладу [2].

Для зменшення впливу цих негативних явищ використовуються відповідні заходи, які включають спеціальний підбір властивостей мембран, регулювання гідродинамічних умов в модулі, процеси попередньої підготовки сировини, включаючи дозування антисейлантів, але особливе значення мають процеси регенерації мембранних модулів [3].

В попередніх роботах [4-5] був розроблений метод регенерації мембранних модулів з використанням вакуумування системи та показана його ефективність при роботі з важкими забрудненнями, зокрема можливість відновлення до 91% від продуктивності нової мембрани в таких умовах. Такий метод потребує розвитку, уточнення ряду питань щодо закономірностей масообміну, а також ретельного економічного аналізу меж його ефективності. Ці питання є основними напрямками подальших досліджень.

Перелік посилань:

1. Ismail A. F., Matsuura T. (2022). Membrane separation processes. Theories, Problems, and Solutions. Elsevier. Amsterdam.
2. Shirazi S., Lin C.-J., Chen D. (2010). Inorganic fouling of pressure-driven membrane processes – A critical review. *Desalination*, Vol. 250(1), pp. 236–248, doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.02.056>.
3. Richardson J. F., Harker J. H., Backhurst J. R. (2002). Coulson and Richardson's Chemical Engineering. Volume 2. Fifth edition. Particle Technology and Separation Processes. Butterworth-Heinemann. Oxford
4. Hulienko S. V., Korniienko Y. M., Metlina M. S., Tereshenko I. Y., Kaminskyi V. S. (2020). The correction of the dimensionless equation for the mass transfer coefficient estimation during the membrane modules regeneration. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 7(2), pp. F24–F29, doi: [https://doi.org/10.21272/jes.2020.7\(2\).f4](https://doi.org/10.21272/jes.2020.7(2).f4)

5. Korniyenko Y., Gulienko S., Lialka M. (2015). Mathematical simulation of fouled membrane modules regeneration. Ukrainian Food Journal. 2015. Vol. 4. Is. 3, pp. 481-493.

UDC 663.127

**MODERNIZATION OF THE FEED YEAST PRODUCTION LINE WITH
THE DEVELOPMENT OF A FERMENTER AND HEAT EXCHANGER**

Ph.D. Husarova O.V.^{1,2}, master Chukhlib Y.S.¹

¹ National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

² Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

ABSTRACT: *The paper highlights the significance of yeast for industry and its applications. It provides a description of the feed yeast cultivation line. To enhance the efficiency of the unit, it is proposed to modernize the heat exchanger.*

KEY WORDS: YEAST, YEAST CULTIVATION UNIT, FERMENTER, HEAT EXCHANGER, MODERNIZATION.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ З
РОЗРОБКОЮ ФЕРМЕНТЕРА ТА ТЕПЛООБМІННИКА**

к.т.н. Гусарова О. В.^{1,2}, магістрантка Чухліб Ю.С.¹

¹ Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

² Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

АНОТАЦІЯ: *У роботі наведено значимість дріжджів для промисловості та їх використання. Надано опис лінії вирощування кормових дріжджів. Для підвищення ефективності установки запропоновано модернізувати теплообмінник.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДРІЖДЖІ, УСТАНОВКА ВИРОЩУВАННЯ ДРІЖДЖІВ, ФЕРМЕНТЕР, ТЕПЛООБМІННИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

Today it is difficult to imagine our life without the use of yeast. People often use them at enterprises and farms. Yeast is of great benefit to mankind, as it provides feed for various animals.

Feed yeast is a dry concentrated biomass of yeast cells specially grown for feeding farm animals, poultry, fur-bearing animals, and fish [1].

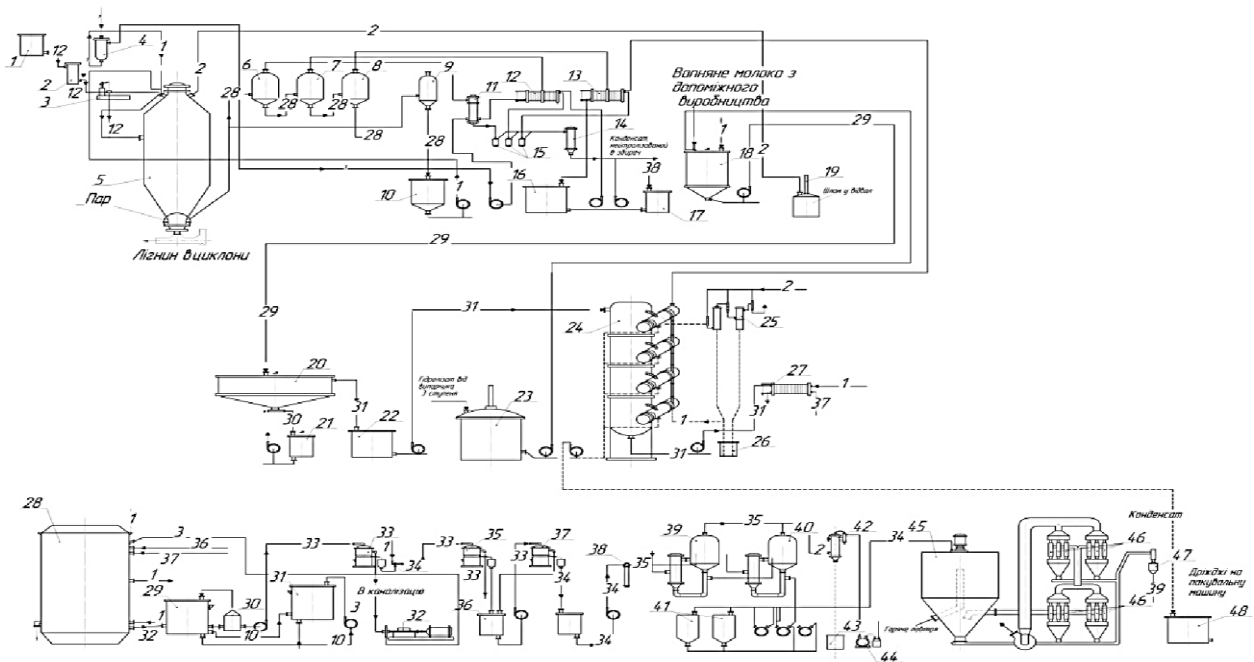
Yeast is an excellent source of protein, with a higher nutritional value than plant-based proteins and closer to animal proteins. At the same time, the unit weight of yeast protein is significantly lower than that of animal feed [1].

The interest in yeast in Ukraine has increased over the past year or two, and its consumption in pig and poultry production has increased by 2-2.5 times. Therefore, improving yeast production technologies and modernizing the equipment used is an urgent scientific and technical task.

A schematic diagram of a yeast cultivation unit is shown in Figure 1 [2-4].

The yeast production technology can be described by the following operations: the raw material is loaded into the hydrolyzing unit 5 using a conveyor. Simultaneously with the feedstock loading, the tail fraction of the hydrolyzate and sulfuric acid are supplied. Steam for heating is supplied through the lower connection of the hydrolysis unit 5. After that, washing takes place, i.e. water is supplied without acid. After rinsing, spinning (drying) is carried out, i.e. hydrolyzate is discharged without water. The tail part of the selected hydrolyzate is sent to a separate collection tank 10, from which the hydrolyzate is used to wet the raw material for further loading of the hydrolysis apparatus. The remaining lignin is discharged from the hydrolysis apparatus.

The hydrolyzate enters the product collector and then to the three-stage evaporator battery (pos. 6-8). The hydrolyzate flows sequentially through three evaporators 6-8, where the process of self-evaporation takes place. The hydrolyzate is cooled and the furfural content is significantly reduced. From the evaporator, the hydrolyzate flows into the receiving tank 10, from which it is pumped to the hydrolyzate buffer tank 23 and from there to neutralization.



- 1 - sulfuric acid tank; 2 - sulfuric acid meter; 3 - sulfuric acid pump;
 4 - water heating column; 5 - hydrolysis apparatus; 6, 7, 8 - evaporators;
 9 - evaporator for the tail fraction of hydrolyzate; 10 - collector of the tail fraction of hydrolyzate; 11, 12, 13 - heat exchanger; 14 - condenser-evaporator;
 15 - condensate traps; 16 - recycled water tank; 17 - lime milk stirrer tank; 18 - neutralizer; 19 - trap for blowing steam; 20 - settling tank; 21 - sludge stirrer tank; 22 - wort collector wort collector; 23 - hydrolyzate buffer collector;
 24 - vacuum evaporator; 25 - steam-jet vacuum pump; 26 - barometric box; 27 - heat exchanger for neutralizer (wort); 28 - fermenter; 29, 31 - yeast separators; 30 - gas separator; 32 - turbocharger for compressed air supply;
 33, 35, 37 - separators; 34 - jet pump; 36 - collectors yeast slurry collectors; 38 - yeast slurry heater; 39, 40 - evaporator housing evaporator housing; 41 - yeast concentrate collector; 42 - mixing condenser; 43 - barometric box to the evaporator; 44 - vacuum pump; 45 - spray dryer; 46 - cyclones; 47 - hopper for dry yeast; 48 - furfural condensate collector

Figure 1 - Flow chart of feed yeast production

The heat of condensation of the hydrolyzate vapor is used to heat the water in

heat exchangers 11-13, which is fed into the hydrolysis apparatus 5. Condensate from heat exchangers of all stages flows through evaporator 14 to furfural condensate collection 48, and condensate from vacuum cooling unit 24 is also supplied here.

The neutralized hydrolyzate from the tailing neutralizer-retention tank is continuously pumped out together with sludge into the settling tanks 20. The neutralizer is clarified in these tanks. The clarified neutralizer is discharged into a collector 22, and from there it is pumped for cooling first to a vacuum cooling unit 24 and then to plate heat exchangers.

The vacuum cooling unit 24 consists of four stages, each of which in turn consists of an evaporator and a condenser. The vapors of the self-evaporating neutralizer enter the surface condensers, where they condense and are cooled by water.

Before the culture medium (neutralizer) is fed to the fermenter, it is heated in the heat exchanger 27 with water. The heated neutralizer (wort) is fed to the fermenter 28. Seed yeast is added there.

Yeast is grown under intensive air supply from blowers. The yeast cultivation takes place as follows: the cooled wort flows evenly through the pipeline into the fermenter 28. In the vat foam is formed, which partially under the influence of its own weight and due to circulation is gradually extinguished. Thus, the liquid is circulated in the vat multiple times. Then the yeast is separated in the form of a suspension from the yeast brew in two ways: preliminary two-stage separation from the yeast separators and separation.

The project envisages the installation of several separators (33, 35, 37) to thicken the yeast slurry before washing. The spent brew and wash water from the separators are discharged into the sewer, and the wash water is returned to the first stage flotation unit.

The yeast concentrate from the third group of separators is collected in collectors 36, from where it is pumped to the heater 38. From the heater, the yeast plasmolysate is fed to a two-hull vacuum evaporator (39, 40).

The secondary steam from the main furfural column is used as a heat carrier, and the amount of steam that is missing is supplemented with fresh steam. The juice steam of the evaporation unit enters the mixing condenser 42, where it is condensed and discharged into the sewer through the barometric box 43. The evaporated yeast concentrate is fed to the collector 41, from which it is transferred to the spray dryer 45.

Dry yeast is fed into the collection hopper 47, and from it it is fed to the packaging and weighing machine, i.e. the resulting yeast concentrate can be used as a finished product [2-4].

To improve the efficiency of the feed yeast production line, the heat exchanger will be modernized to preheat the culture medium before it is supplied to the fermenter. A simulation experiment will be conducted to validate the proposed design.

References:

1. Bondarchuk M.N. Fodder yeast / M.N. Bondarchuk // Poultry farming. 2007.-№5-6. С.23-27.
2. Andreev A.A., Bryzgalov L.I. Production of fodder yeast. - Moscow: Forest industry, 1986.- 248 p.
3. Novakovskaya S.S. Production of yeast. Handbook / S.S. Novakovskaya, Y.I. Shishatsky. - Moscow: Agropromizdatelstvo, 1990. - 356 с.
4. General technologies of food production: textbook / V.A. Domaretsky, P.L. Shiyan, M.M. Kalakura, F.L. Romanenko, L.M. Khomichak, O.O. Vasylenko, I.V. Melnyk, L.M. Melnyk: University of Ukraine, 2010. - 814 p.

UDC 532.5

**APPLICATION OF HYDRODYNAMIC CAVITATION TO
IMPROVE WATER QUALITY IN THE FOOD INDUSTRY**

Ph.D B. Tselen, Ph.D A. Nedbailo, Ph.D L. Gozhenko, Ph.D N. Radchenko
*Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences
of Ukraine*

ABSTRACT: The work proved the effectiveness of the use of hydrodynamic cavitation for water activation and established that the obtained activation effect remains stable for up to 3 days, confirmed by the indicators of pH, ORP and electrical conductivity

АНОТАЦІЯ: В роботі розглянуто можливість застосування гідродинамічної кавітації для активації води. Встановлено ефективність пропонованого підходу, що підтверджується зміною показників рН, ОБП і електропровідності. Визначено, що отриманий ефект активації залишається стабільним до 3 діб.

KEYWORDS: WATER ACTIVATION, HYDRODYNAMIC CAVITATION

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АКТИВАЦІЯ ВОДИ, ГІДРОДИНАМІЧНА КАВІТАЦІЯ

Introduction. Activation of water by means of hydrodynamic cavitation is considered promising for improving product quality and increasing the efficiency of technological processes. This is explained by the fact that under the influence of cavitation, water acquires new properties, in particular, increased solubility, permeability through cell walls and membranes, thereby intensifying mass transfer processes. In addition, the method is simple to implement and environmentally friendly. However, despite a deep understanding of the peculiarities of the process, one of the controversial issues is the instability of the properties acquired by activated water, which vary from 48 to 72 hours, as well as the search for ways to stabilize them over time. The IET develops highly efficient rotary-pulsation devices (RPA) of

various configurations for the implementation of processes of emulsification, dispersion, homogenization and disinfection of various liquid systems for the needs of not only the food industry, but also chemical, pharmaceutical, agro-industrial complex, etc. Within the framework of this direction, research is underway on the effectiveness of the use of hydrodynamic cavitation to activate water and stabilize the effect over time. To do this, it is necessary to assess the effectiveness of the effect of hydrodynamic cavitation on the activation of water in terms of pH, ORP, electrical conductivity, assessing their stability over time, and to investigate the disinfecting effect by the presence of *E. coli*. Research was carried out on a specially developed RPA, the feature of which is the design of the rotor-stator-rotor working unit. During the studies, water in the recirculation mode was exposed to the listed factors for 5 minutes.

Results showed that under the influence of cavitation action on water, the most intense increase in pH was observed during the first 2 minutes of treatment from 7.24 to 7.8 and less intense, stabilizing in the next 3 minutes from 7.8 to 7.95. Further measurement of the pH change during 3 days of storage of activated water samples showed the stability of the effect obtained. Parallel measurement of water ORP during treatment showed a gradual decrease in values throughout the treatment cycle from 164 mV to 146 mV (5 minutes), however, without switching to negative values. Further measurement of activated water ORP during 3 days of storage showed a continuing downward trend for the first 2 days to 139 mV, followed by stabilization of indicators for the next day. Measurements of electrical conductivity during treatment showed a decrease in values from 340 to 329 μSm during treatment, which is explained by an increase in the pH of the water, which becomes more alkaline. Further measurement of electrical conductivity remained almost unchanged for 3 days, decreasing by only 3 μSm . The results of microbiological studies showed that *E. coli* cells, which determine the effectiveness of water disinfection, are sensitive to the cavitation effect and their complete disinfection was achieved within 1 minute of treatment.

Conclusions. The research results showed the possibility of achieving the effect of water activation under the action of hydrodynamic cavitation in a 5-minute treatment cycle, which is confirmed by an increase in the pH value by 0.71, a decrease in ORP by 18 mV, and a decrease in electrical conductivity by 11 μ S.

It was established that the effect of water activation remains stable during another 3 days of storage of water samples, which is confirmed by the stability of the obtained indicators. The results of microbiological studies showed the disinfecting effect of hydrodynamic cavitation. The proposed activation method is simple to implement and has a high potential for increasing the efficiency of production processes.

UDC 53.1, 532.5, 66.06.

USE OF HYDRODYNAMIC CAVITATION'S EROSION EFFECTS FOR MIXING INTENSIFICATION OF HETEROGENEOUS SYSTEMS

Ph.D. Tselen B.Ya.¹, Dr. Sc. Ivanitsky G.K.^{1,2}, Ph.D. Nedbailo A.Ye.¹,
Ph.D. Radchenko N.L.¹, Ph.D. Gozhenko L.P.¹, Shchepkin V.I.¹,
Pereyaslavtsev O.M.¹

¹Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

²National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *An analysis and study of the possibilities of using the erosive effects of hydrodynamic cavitation to intensify the mixing of heterogeneous systems was carried out. The influence of mixing devices on the dispersed distribution and sedimentation stability of the emulsion was studied.*

Key words: *cavitation, mixing, emulsification.*

ВИКОРИСТАННЯ ЕРОЗІЙНИХ ЕФЕКТІВ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПЕРЕМІШУВАННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ

к.т.н. Целень Б.Я.¹, д.т.н. Іваницький Г.К.^{1,2}, к.т.н. Недбайло А.Є.¹,
к.т.н. Радченко Н.Л.¹, к.т.н. Гоженко Л.П.¹, Щепкін В.І.¹, Переяславцев О.М.¹

¹Інститут технічної теплофізики НАН України

²Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

АНОТАЦІЯ. *Проведено аналіз та дослідження можливостей використання ерозійних ефектів гідродинамічної кавітації для інтенсифікації перемішування гетерогенних систем. Досліджено вплив перемішувачів на дисперсний розподіл і седиментаційну стійкість емульсії.*

Ключові слова: *кавітація, перемішування, емульгування.*

One of the advanced types of equipment used in technological processes are stirred devices, the technological characteristics of which are achieved by design features, the way energy is introduced into the working environment and its distribution in the stirred volume of the medium. The optimization of technological modes requires the study of hydrodynamic processes occurring in mixing devices and the search for new ways of increasing their efficiency.

One of these methods is the use of devices with stirring devices that have increased, compared to practically used, operating revolutions. The use of high-speed devices will allow to reduce their dimensions, mass, increase the yield and quality of the target product, as well as increase the efficiency of mixing devices due to the use of energy of shock waves, local pressures and temperatures.

The purpose of the work is to analyze and research the possibilities of using the erosive effects of hydrodynamic cavitation to intensify the mixing of heterogeneous systems.

Experiments on the study of emulsification processes were carried out on an experimental unit equipped with a container with a diameter of 300 mm and a filling height of 450 mm. Stirring devices with open and closed turbines with blades with a diameter of 75 mm, a number of blades of 6 pieces and an angle of inclination of the blades to the plane of rotation of 90° were used as mixing devices. Also, the experimental installation is equipped with a vacuum pump. To study the emulsification process, water was used with compressor oil in a ratio of 15/85%. An open turbine mixer and a closed turbine mixer were used as mixing devices. Processing time was 3, 5 and 10 minutes. The temperature of the liquid at the entrance to the experimental installation was 18 °C.

An analysis of the technical literature on both theoretical and experimental research was carried out, in which the peculiarities of the operation of mixing devices in laminar, turbulent and cavitation modes of flow around the blades of agitators are given. It was established that in devices with high-speed devices, the generation of high energy density in a heterogeneous system is carried out due to the development

of bubble or film-like cavitation on the stirrer blades with the subsequent collapse of cavitation bubbles and the release of energy in the form of high pressures and temperatures and shock waves. This energy is spent on dispersing one of the phases and/or on mixing and turbulizing the interfacial surface and the layers adjacent to it.

When obtaining an emulsion of water with compressor oil using an open turbine stirrer, after 10 minutes of processing, an emulsion with a droplet diameter of 0.51 μm to 2.4 μm (82% of the total mass) and up to 0.51 μm (18%) was obtained. The sedimentation stability of the emulsion was 11 days, after 27 days the complete destruction of the emulsion was observed.

Using in the process of emulsifying water with compressor oil, the turbine mixer is closed after 10 min. processing obtained an emulsion with a droplet diameter from 2.7 μm to 5.6 μm (79% of the total mass) and up to 2.7 μm (21%). The sedimentation stability of the emulsion was 6.5 days, after 17 days the complete destruction of the emulsion was observed.

The results of the experiments showed that for each type of mixing device it is necessary to determine the rotation speed at which an emulsion of the required dispersion is obtained for different processing times of the components. At the same time, the main criterion of effectiveness and practical expediency of the methods used for the intensification of technological processes should be an increase in the specific productivity of the device or technological line while reducing energy consumption.

UDC 665.6; 665.664

MODERNIZATION OF THE MIXING DEVICE OF THE TRANSFORMER OIL REGENERATION UNIT WITH A STIRRED APPARATUS

Ph.D. Husarova O.^{1,2}, Ph.D. Dakhnenko V.², master Rybytva R.V.¹

¹ NTUU «I. Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

² Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

***ABSTRACT:** the work includes a literature and patent search of mixing device designs. Based on the analysis of scientific and technical literature, a modernization of the turbine mixer is proposed. A diagram and description of the upgraded mixer design are provided.*

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

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПЕРЕМІШУЮЧОГО ПРИСТРОЮ АПАРАТУ З МІШАЛКОЮ УСТАНОВКИ РЕГЕНЕРАЦІЇ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ОЛИВИ

к.т.н. Гусарова О. В.^{1,2}, к.т.н. Дахненко В.Л.², магістр Рибитва Р. В.¹

¹ НТУУ "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"

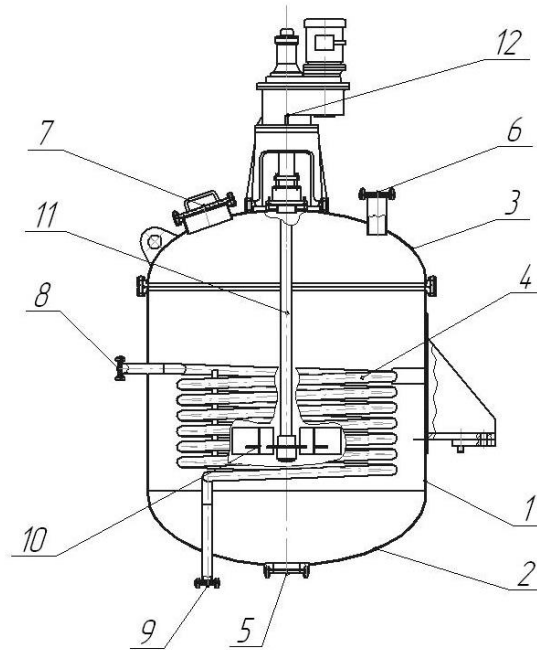
² Інститут технічної теплофізики НАН України

***АНОТАЦІЯ:** у роботі проведено літературний та патентний пошук конструкцій перемішувачих пристроїв. На підставі проведеного аналізу науково-технічної літератури запропоновано модернізацію турбінної мішалки. Дано схему та опис конструкції модернізованої мішалки.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ТРАНСФОРМАТОРНА ОЛИВА, РЕГЕНЕРАЦІЯ, АПАРАТ З МІШАЛКОЮ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.*

The project involves designing an apparatus with a mechanical mixing device,

as shown in Figure 1. The apparatus is intended to create a suspension of industrial (transformer) oil, bleaching clay, and water at a specified temperature [1]. Inside the apparatus, there is a mixing device (10) and a steam coil (4) for heating the oil.



- 1 – body; 2 – bottom; 3 – cover; 4 – coil; 5 – suspension outlet nozzle; 6 – inlet nozzle for oil, water, and clay;
- 7 – hatch; 8 – steam inlet nozzle; 9 – steam outlet nozzle;
- 10 – mixing device; 11 – shaft; 12 – motor with gearbox

Figure 1 – Structure of the apparatus with a stirrer

The main component of the apparatus is the mixing device (10). Rotational motion is transmitted to the stirrer through the shaft (11) from the motor with gearbox (12) of the mixing device.

Selecting the optimal mixing device is critical in many industrial processes where effective mixing of liquids or mixtures is required. Based on the presented analysis [2], a turbine stirrer is chosen as the mixing device, as shown in Figure 2. This type of stirrer is ideal for industrial processes where uniform mixing of liquids or mixtures in large tanks or reactors is essential.

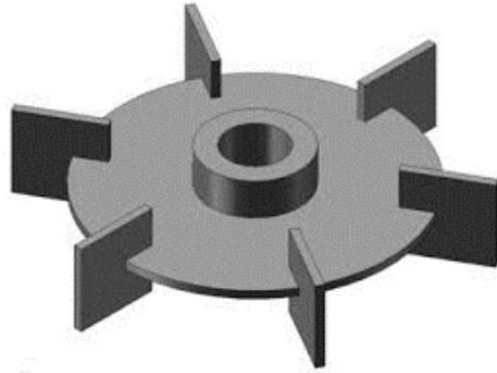
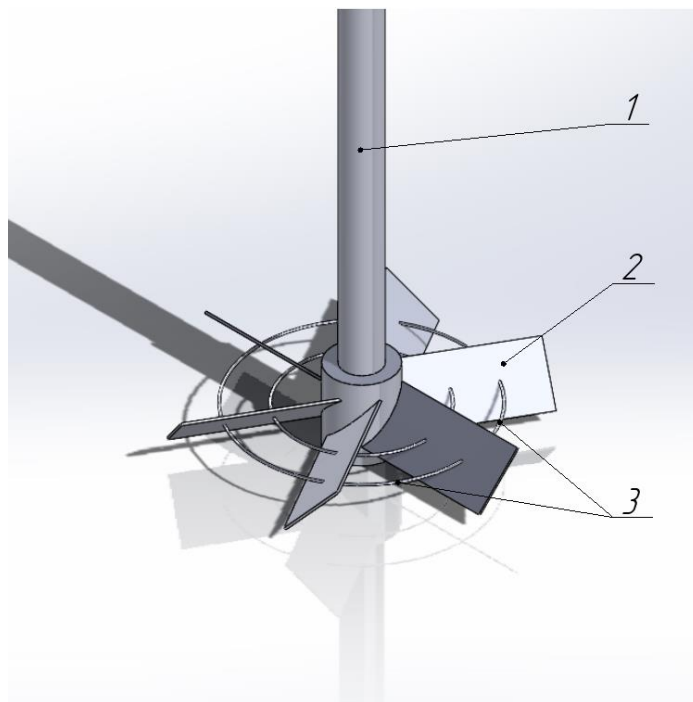


Figure 2 – Turbine Stirrer

The mixing device in the apparatus under consideration should ensure a turbulent flow regime of the medium, creating two concentric zones to facilitate heat exchange between the heat carrier in the coil and the oil.

Based on the analysis of patent and literature sources [2-6], a modified design of the turbine stirrer is proposed, as shown in Figure 3.



1 – shaft, 2 – blade, 3 – guide rings

Figure 3 – Diagram of the upgraded stirrer

The mixer consists of a shaft (1) on which inclined flat blades (2) are mounted. To ensure the rigidity of the mixer, the blades are secured by two guiding rings (3), one of which is located at the edge of the blades, and the other is in the middle.

The inclined blades create an axial flow of liquid relative to the plane of rotation of the mixer, aiding in the lifting of clay particles that are added to the oil from the bottom of the vessel. This ensures effective circulation of the entire volume in the area where the coil is located, creating local turbulence zones. This improves mixing and prevents sedimentation on the elements of the coil, making the operation of the apparatus easier and reducing the time required for maintenance and cleaning.

The length of the blades is greater than that of standard mixers, which increases their useful surface area and promotes better mixing and heat exchange between the media.

One of the important operational parameters of mixers is the energy consumption for mixing the medium and creating its turbulence. The energy consumption expended on mixing depends on the design features of the mixing device, specifically on the diameter of the mixer and the angle of inclination of the blades.

The power consumed for mixing can be calculated using the well-known formula (1), [6]:

$$N = K_N \rho n^3 d^5 \quad (1)$$

where K_N is the power criterion;

ρ is the density of the medium in the apparatus at a temperature of 293 K (the worst mixing conditions);

n is the rotational frequency of the mixer;

d is the diameter of the mixer.

The power of the mixer can also be determined from the equation of the modified Euler criterion for the mixing process (2), [6]:

$$Eu = \frac{N}{\rho n^3 d^5} \quad (2)$$

The modified Euler criterion Eu for a specific type of mixers is a constant value determined experimentally. The authors in [6] provide values for different types of mixers, including turbine mixers with varying blade angles.

Based on the created 3D model of the mixer, computer simulations in the SolidWorks environment, and calculations using formulas 1 and 2, graphical dependencies of power on the diameter of the mixer (Figure 4, a) and the angle of inclination of the blades (Figure 4, b) were constructed. The dependence of N on the angle of inclination of the blades α of the mixer was taken from the results of experimental studies in [6].

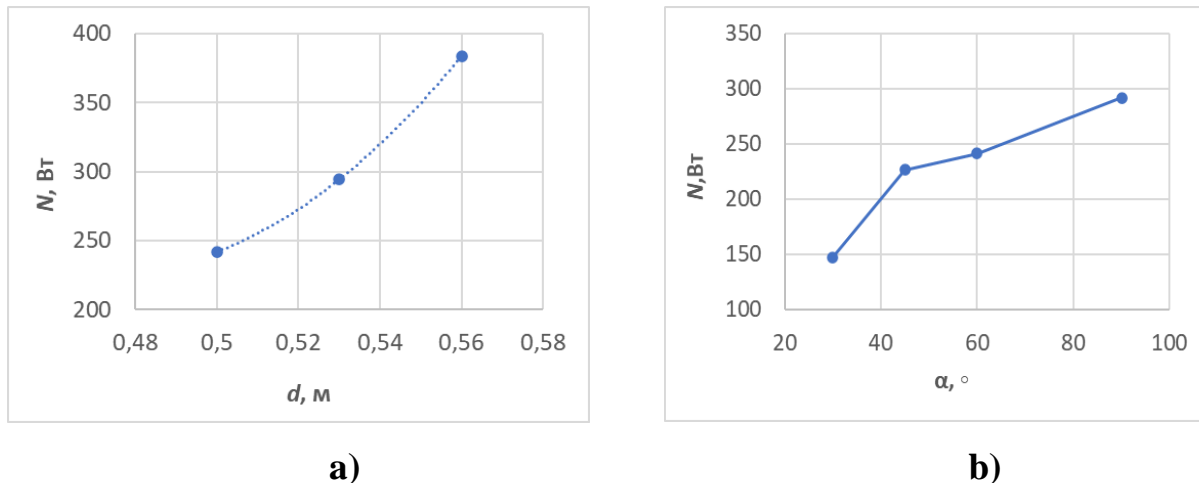


Figure 4 – Dependence of power on the diameter of the mixer (a) and the angle of inclination of the blades (b)

Based on the obtained results, the optimal diameter of the mixer and the angle of inclination of the blades were determined.

Conclusions: Based on the conducted literature review, a modernized design of the mixing device has been proposed. A simulation experiment was carried out in the SolidWorks environment. During the experiment, the angle of inclination of the mixer blades was varied. The use of a mixing device with inclined blades reduces the power required for mixing. Based on the obtained results, the optimal diameter of the mixer and the angle of inclination of the blades were determined.

References:

1. Shashkin P. I., Bry I. V. Regeneration of spent petroleum oils. Kind. the second - Chemistry, 1970. - 304 p., illustrations.
2. Ружинська Л.І. Проектування реакторів біотехнологічних та

фармацевтичних виробництв. Навч. посібник/ Укладачі: Л.І. Ружинська, І А Буртна, В.М.Поводзинський, В.Ю. Шибецький – Київ: НТУУ «КПІ», 2014 – 130 с.

4. Chen Cong; Yang Dawei; Sun Li; Wei Lihua; Dong Qi; Qi Hongkun. Frame type stirrer for chemical industry. Patent CN220425202 (U), 01F27/96; B01F35/11; B01F35/42, https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20240202&CC=CN&NR=220425202U&KC=U

5. Dong Jiashun. Axial flow type stirrer. Patent CN220405280 (U), B01F27/112; B01F27/191; B01F27/90; B01F35/32 https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20240130&CC=CN&NR=220405280U&KC=U

5. GAO ZENGWEI. Easily-cleaned high-speed mixer with adjustable stirring blades. Patent CN219505170(U), B29B7/16; B29B7/22; <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/087532317/publication/CN219505170U?q=CN219505170>

6. Stręć F. Mieszanie i mieszalniki // Warszawa: Wydawnictwa naukowo-techniczne, 1981. – 496 p.

УДК 536.423:532.528:637.13

USE OF HYDRODYNAMIC CAVITATION TO INCREASE THE THERMOSTABILITY OF MILK

Ph.D. Tselen B.Ya. ¹, Dr. Sc. Ivanitsky G.K. ^{1,2}, Ph.D. Radchenko N.L. ¹,
Ph.D. Nedbailo A.Ye. ¹, Shulyak V.V. ¹

¹ Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

² National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТЕРМОСТАБІЛЬНОСТІ МОЛОКА

к.т.н. Целень Б.Я. ¹, д.т.н. Іваницький Г.К. ^{1,2}, к.т.н. Радченко Н.Л. ¹,
к.т.н. Недбайло А.Є. ¹, Шуляк В.В. ¹

¹ Інститут технічної теплофізики НАН України

² Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

АНОТАЦІЯ: Якість продукції в сучасному виробництві можливо забезпечити, впливаючи на мікро- і нанорівні на складові компоненти середовища, що піддається обробленню в сучасних апаратах. В технологіях обробки молока для забезпечення певних показників продукту важливим є кероване управління такими показниками, як фракційний склад білків молока, жирова фаза та вплив на інші мікроструктури. Одним з процесів, що забезпечує вплив на мікро- та наносистеми є кавітаційні процеси завдяки ініціюванню теплових та динамічних ефектів в дискретно в просторі та миттєво у часі. Реалізується дана технологія оброблення молока в апараті термогідродинамічної обробки (ТГО).

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.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОЛОКО, ТЕРМОСТАБІЛЬНІСТЬ, БІЛКИ, ГІДРОДИНАМІЧНА КАВІТАЦІЯ

KEYWORDS: MILK, THERMOSTABILITY, PROTEINS, HYDRODYNAMIC CAVITATION

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.

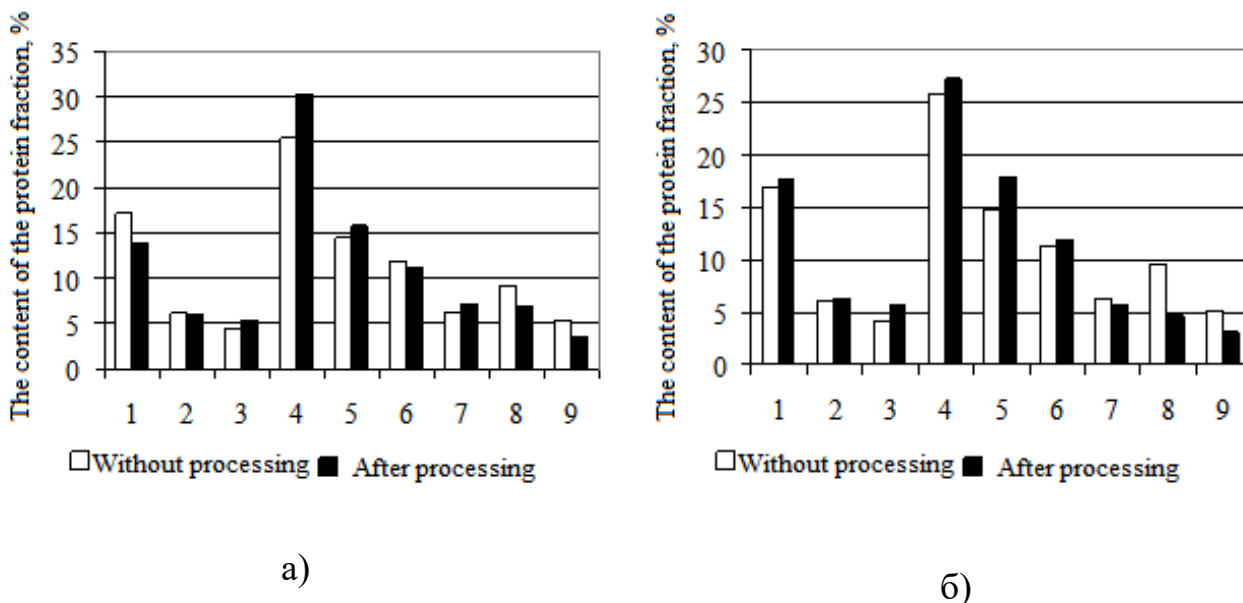


Fig. 1. Changes in the fractional composition of milk proteins before and after processing: a) THO; b) control 1 - 100 kDa and more, 2 - 77...72 kDa, 3 - 62...66 kDa, 4 - 31...53 kDa, 5- α_s -casein, β -casein, κ -casein, α -lactolbumin).

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.

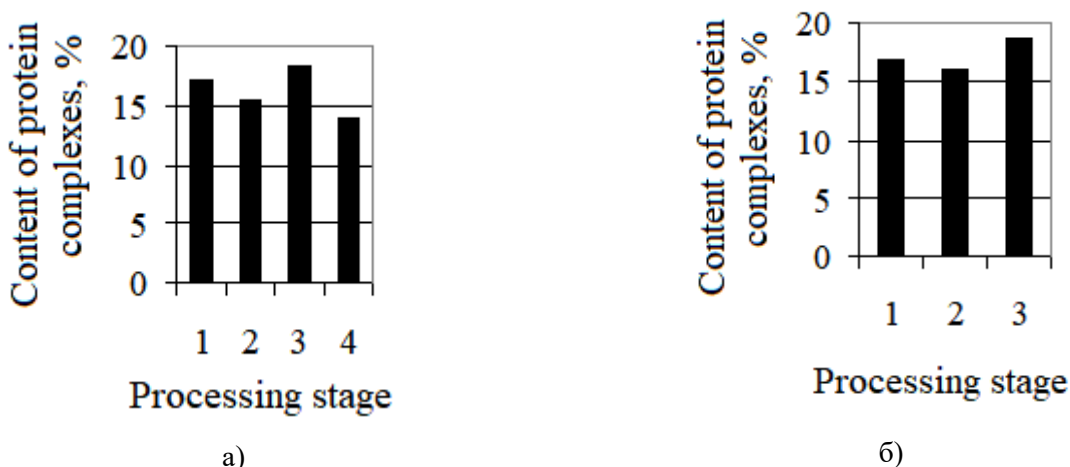


Fig. 2. Change of protein complexes with a molecular mass above 100 kDa at stages a) TGO: 1 – source milk; 2 – after condensation chambers; 3 – after pasteurization; 4 – at the exit from the equipment; b) control: 1 – original milk; 2 –

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. Neglignently //Industrial Heating Engineering. — 2012. — Vol. 34, No. 2. — P. 40-47

UDC 66.047

**RESEARCH OF HEAT AND MASS EXCHANGE PROCESSES
IN AN APPARATUS WITH A CIRCULATING FLOW**

Ph.D. Sobchenko V.V., Ph.D. Kostohryz K.P., Ph.D. Zhaivoronok V.A., Ph.D.
Sobchenko H.O.

Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine

ABSTRACT: the importance of conducting research is substantiated, a technological scheme of production is presented, and a scheme of hardware design is described. The direction of necessary research is indicated.

KEYWORDS: ALTERNATIVE FUELS, HYDROSILICATE THERMAL INSULATION MATERIALS, CIRCULATING FLOW

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛО-МАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ
В АПАРАТІ З ЦИРКУЛЯЦІЙНИМ ПОТОКОМ**

к.т.н. Собченко В.В., к.т.н. Костогриз К.П., к.т.н. Жайворонок В.А., к.т.н.
Собченко Г.О.

Інститут газу Національної академії Наук України

АНОТАЦІЯ: обґрунтовано важливість проведення досліджень, представлено технологічну схему виробництва та описано схему апаратного оформлення. Вказано напрямки необхідних досліджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА, ГІДРОСИЛІКАТНІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ, ЦИРКУЛЮЮЧИЙ ПОТІК

The relevance of further research into heat and mass transfer processes in dispersed systems is due to the active transition to the use of alternative fuels in industry (including electrical energy, hydrogen, secondary heat, low-potential waste heat, etc.).

It is necessary to study the aspects of fuel substitution that affect the processes

and can affect the quality of products. This is especially true for technologies for thermal processing of fine-dispersed materials, where, in addition to the temperature regime, it is important to maintain the aerodynamic conditions of the process, which can significantly change when fuel is substituted.

Based on the general principles of gas dynamics and heat and mass transfer in heterogeneous systems (gas-solid dispersed material), scientific and practical principles of heat treatment of hydro-aluminosilicate materials to obtain thermal insulation materials for the construction and oil and gas industries using alternative fuels should be developed.

The research is based on the technology of obtaining loose expanded hydrosilicate material for construction purposes. [1, 2] According to the technology, natural amorphous silica is treated with sodium hydroxide to obtain sodium hydrosilicate material. Then it is cooled to ambient temperature and crushed to a particle size of no more than 5 mm. The crushed sodium hydrosilicate material is dried to a residual moisture of 15–18% (by mass) and subjected to swelling in a hot gas flow in a fluidized bed apparatus. The improved technology [3] is implemented within one technological apparatus using a circulating flow, which allows combining the processes of drying and swelling of the crushed material in a continuous process in one apparatus. [4]

Fig. 1 shows a cross-section of the apparatus. It consists of coaxial inner 1 and outer 2 shells, a pipe 3 for loading loose raw materials, a gas combustion device 4, a pipeline 5, a hot gas flow swirler 6, and a pipe 7 for discharging loose expanded material.

The device is equipped with a fan 8 for organizing the process of hot gas circulation and a branch pipe 9 for periodically discharging part of the hot gas into the atmosphere. Loose expanded construction material is discharged through the branch pipe 7 and the cyclone 10 to the hopper 11. The resulting material is characterized by high quality (low moisture absorption and greater strength and frost resistance).

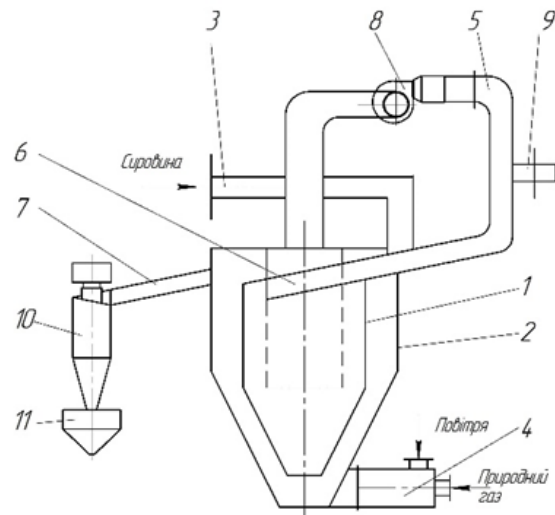


Fig. 1 – Scheme of the apparatus for drying and swelling dispersed materials.

Preliminary hydrodynamic studies of flows during processes in this type of hardware design have been conducted.

REFERENCES:

1. Obtaining a new strong material – siopore in a fluidized bed / Yu.I. Khvastukhin, I.A. Eine, M.K. Koguta and others. // Energy technologies and resource conservation. 2002. No. 5. P. 19–24
2. Patent № UA62747A, publ. 12/15/2003
3. Application u 202405635 dated 11/28/2024 Method for obtaining loose expanded material for construction purposes
4. Application u 202405635 dated 11/28/2024 Device for obtaining loose expanded material for construction purposes

UDC 66.06

**BASIC THEORETICAL PRINCIPLES OF THE MASS TRANSFER IN
MEMBRANE PROCESSES UNDER CONCENTRATION POLARIZATION
CONDITIONS**

Huliienko S.V., Myshkovets S.M.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Анотація: Розглянуто питання концентраційної поляризації та масообміну в баромембранних процесах. Встановлені ключові напрямки досліджень цих питань

Ключові слова: мембрана, масообмін, концентраційна поляризація, опір

Анотація: The issues of concentration polarization and mass transfer in pressure driven membrane processes were considered. The key direction of investigation of these problems were defined.

Ключові слова: membrane, mass transfer, concentration polarization, resistance

The pressure driven membrane processes are widely used in the chemical, food, and pharmaceutical industries, and also in the utilities sector, at that the significant fraction of applications of these processes occurs in the water and wastewater treatment systems. The continuous increasing of using of these processes is due to set of technological and economical advantages, such as high effectivity pf separation and relatively low energy consumption. However, there are the operational problems, which limited the effectivity and empowering of the membrane technologies. Primarily the operation of the pressure driven membrane processes is limited the phenomena of the concentration polarization and the membrane surface fouling [1].

For the description of the processes, which take place during the membrane separation many theoretical models [2], some of theme take into account the

concentration polarization phenomenon [1]. In particular, the resistance-in-series model describes the transmembrane flux in the following way [1]:

$$J = \frac{\Delta p - \Delta \pi}{\mu R_T} = \frac{\Delta p - \Delta \pi}{\mu R_m + R_{cp} + R_c + R_p} \quad (1)$$

At that, Shiraz et al. [1] pointed out the methods of determination of most resistances represented in equation (1), however, the relationships for the determination of the concentration polarization layer resistance (R_{cp}) are not represented. The absence of the reliable relationships for the determination of this kind of resistance complicates the evaluation of the membrane equipment performance, in particular, the determination of the necessity of carrying out the regeneration [3].

In previous works [3-4] the attempts to measure the concentration polarization layer resistance and determinate influence on it the operation conditions were made. The obtained results shows that hydrodynamical parameters and feed solution composition has impact on the R_{cp} value. However, in these investigations the sufficient attention was not paid to the mass transfer issue, and also the unreliable relationships for the determination of the diffusion coefficients were used.

The purpose of this work is to establish the impact of the mass transfer conditions on the measure the R_{cp} . The main idea is based on the film theory of concentration polarization, which can be represented in following form [1]:

$$J \cdot C + D \frac{dC}{dx} = J \cdot C_p \quad (2)$$

or in the integral form [1]:

$$\ln \frac{C_m - C_p}{C_b - C_p} = \left(\frac{J}{k} \right) \quad (3)$$

For the determination of the mass transfer coefficient k , it is planned to apply the technique described by Ismail and Matsuura [5], which use the film theory of concertation polarization and the solution-diffusion model, the effectiveness of the later one is demonstrated in works of Al-Obaidi et al. [6, 7]. It is expected, that the

determination of the regularities of the mass transfer in the conditions of the concentration polarization would allow to obtain the relationships for the determination of the concentration polarization layer resistance, that can be used for the practical purposes.

References:

6. Shirazi S., Lin C.-J., Chen D. (2010). Inorganic fouling of pressure-driven membrane processes – A critical review. *Desalination*, Vol. 250(1), pp. 236–248, doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.02.056>.

7. Hulienko S. V., Korniienko Y. M., Gatilov K. O. (2020). Modern trends in the mathematical simulation of pressure-driven membrane processes. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 7(1), pp. F1–F21, doi: [https://doi.org/10.21272/jes.2020.7\(1\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2020.7(1).f1).

8. Hulienko S. V., Protsiuk O. O., Gatilov K. O., Kaminskyi V. S. (2019). The estimation of feed solution composition influence on concentration polarization layer resistance during reverse osmosis. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 6(2), pp. F24-F29, doi: [https://doi.org/10.21272/jes.2019.6\(2\).f4](https://doi.org/10.21272/jes.2019.6(2).f4).

9. Hulienko S., Leshchenko O. (2019). Influence of operating pressure on concentration polarization layer resistance in reverse osmosis. *Ukrainian Food Journal*, Vol. 8(1), pp. 119–132, doi: <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2019-8-1-13>.

10. Ismail A. F., Matsuura T. (2022). Membrane separation processes. Theories, Problems, and Solutions. Elsevier. Amsterdam.

11. Al-Obaidi M.A., Kara-Zaitri C., Mujtaba M. (2017). Scope and limitations of the irreversible thermodynamics and the solution diffusion models for the separation of binary and multi-component systems in reverse osmosis process. *Computers & Chemical Engineering*. Vol. 100, pp. 48-79, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2017.02.001>.

12. Hulienko S. V., Korniyenko Y. M., Muzyka S. M., Holubka K. (2022). Simulation of reverse osmosis process: Novel approaches and development trends.

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

Journal of Engineering Sciences, Vol. 9(2), pp. F6-F36, doi:
[https://doi.org/10.21272/jes.2022.9\(2\).f2](https://doi.org/10.21272/jes.2022.9(2).f2).

UDC 661.715.3

**MODERNIZATION OF HEAT EXCHANGER OF
THE ACETONE RECOVERY UNIT**

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

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

***ABSTRACT:** The modernization of the heat exchanger of the acetone recovery unit, which ensures an increase in the efficiency of the heat exchange process is proposed*

***KEY WORDS:** ACETONE, RECOVERY, HEAT EXCHANGE*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА УСТАНОВКИ
РЕКУПЕРАЦІЇ АЦЕТОНУ**

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

***АНОТАЦІЯ:** Запропоновано модернізацію теплообмінника установки рекуперації ацетону, яка забезпечує збільшення ефективності процесу теплообміну.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АЦЕТОН, РЕКУПЕРАЦІЯ, ТЕПЛООБМІН*

Introduction. One of the main problems of modern industry is the improvement of technological processes and the saving of materials, as well as usage or storage of elements that would otherwise enter the environment in the form of harmful emissions. The main method of achieving this is the creation of technologies and technological processes in which the entire flow of raw materials and energy resources is fully used in production, or processed and returned to the production line. One such process is the rectification of acetone.

Acetone is a volatile liquid with a characteristic odor, transparent under normal

atmospheric conditions. Acetone is used in the production of many important products, such as synthetic fibers, explosives, vinyl and acrylic resins, inks, drugs, cosmetics, and more. Acetone is a starting material for the synthesis of ketene, acetic anhydride, diacetone alcohol, mesityl oxide, methyl isobutyl ketone, methyl methacrylate and others [1].

There are several methods of acetone recovery, among which re-absorption, rectification and condensation [2] are the most common.

Shell and tube heat exchangers play an important role in these production processes, as they are used for heating and condensing cooling.

In this paper, modernization of a shell-and-tube heat exchanger designed for preheating the recovered acetone solution to the boiling temperature of the binary mixture before rectification is shown.

Problem statement. One of the important problems of shell-and-tube heat exchangers is related to the need to ensure an adequate hydrodynamic condition with uniform distribution of flows over the entire heat exchange surface, since failure to meet these requirements leads to inefficient use of the heat exchange surface and uneven distribution of pressure on the equipment parts, mainly on the pipe grid, resulting in high local erosion. To eliminate these shortcomings, many design solutions have been proposed, which are often associated with the manufacture of non-standard, expensive parts of the device.

Therefore, the main goal is to propose a design solution for the modernization of the parts of the shell and tube heat exchanger, which will ensure an increase in the efficiency of heat exchange.

Since the pipe grid is most affected by uneven pressure distribution, it is suggested to install an additional separator (distributor) in the heat exchanger cover to ensure uniform flow distribution. The distributor is a slightly bent outward round perforated plate, which is either welded to the walls of the cylindrical part of the cover, or is mounted with a bolted connection on special fasteners to simplify maintenance during operation, Fig. 1.

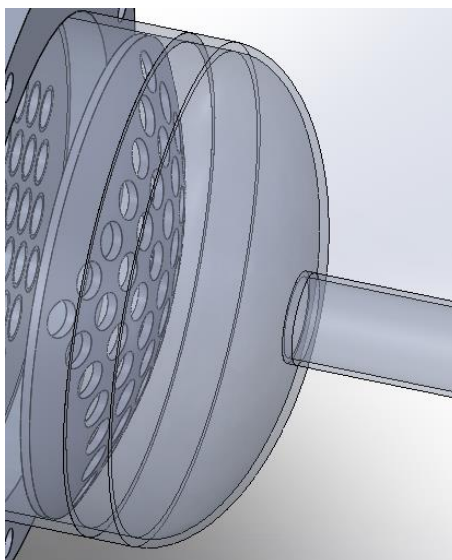


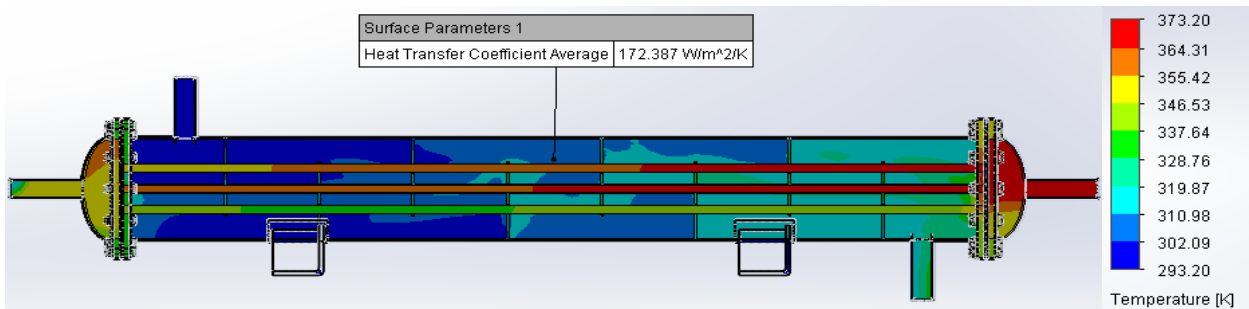
Figure 1. Liquid distributor

When the liquid phase is introduced into the cover of the heat exchanger, in front of the pipe grid, the flow meets the distribution device. After the distributor, a uniform flow is formed across the entire cross-section of the chamber, with a more uniform distribution of stress on the tube plate without swirling flows.

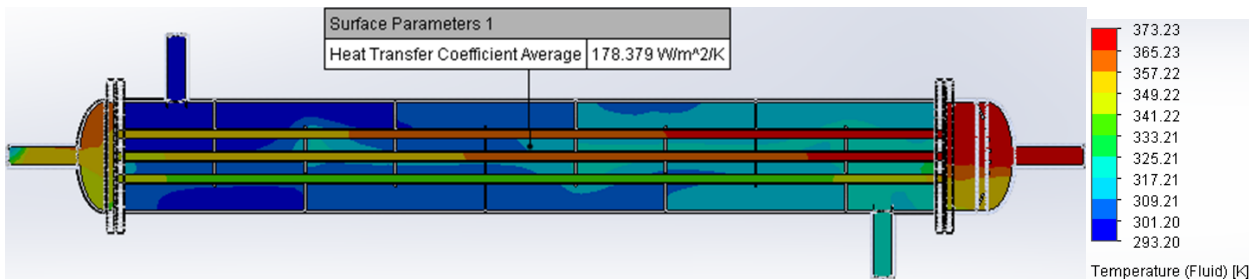
Research and analysis. To confirm the effectiveness of the application of the proposed technical solution, a simulation study of the heat exchange process was conducted. The comparison of research results was carried out for a standard heat exchanger without the use of a distributor, Fig. 2 (a), and with a distributor, Fig. 2 (b), under the same conditions. It is assumed that there is water in the tube space as a heat agent, and 19.4% recovered acetone in the innertube space.

According to the simulation results, the average values of heat transfer for the outer surfaces of the pipes were obtained, Figure 2, as well as the distribution of temperature and shear stress along the pipe grid, Figure 3.

The simulation results for a standard heat exchanger are shown in Fig. 2 (a) and Fig. 3 (a), confirm the non-uniformity of the temperature distribution throughout the tube plate, as well as the presence of local zones with increased stress.

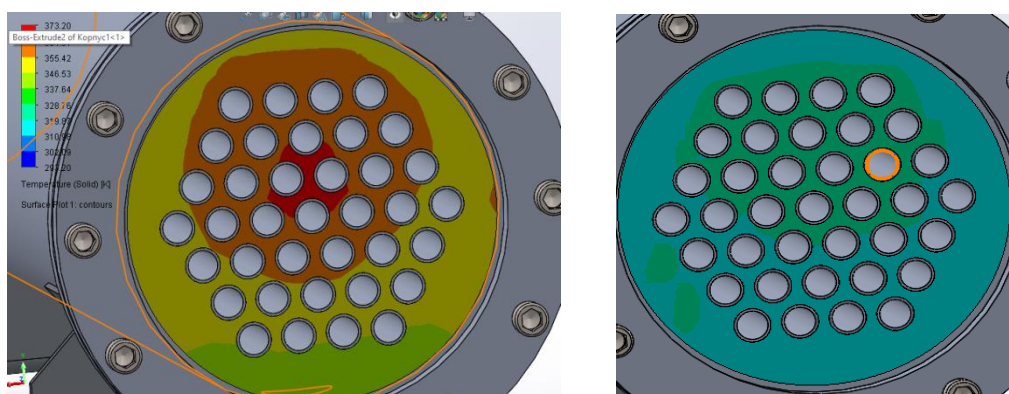


(a) standard heat exchanger

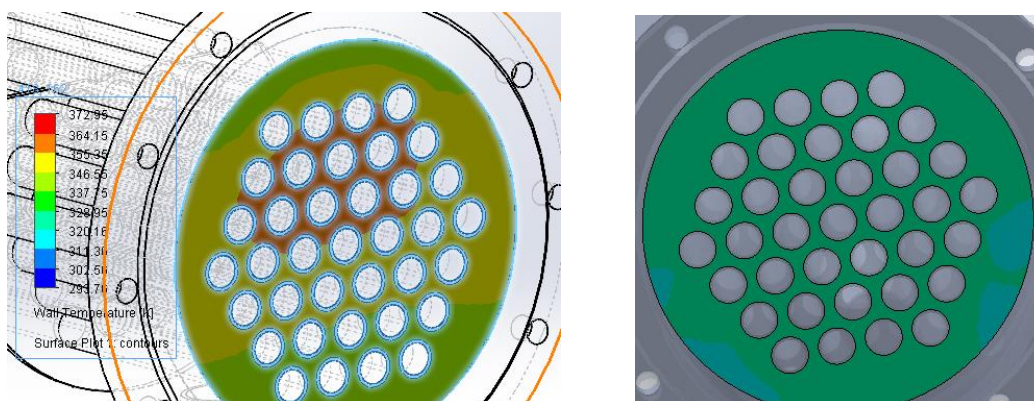


(b) modernized heat exchanger

Figure 2. Results of simulation



(a) standard heat exchanger



(b) modernized heat exchanger

Figure 3. Pipe plate simulation

Shown in Fig. 2 (b) and Fig. 3 (b) simulation results for a heat exchanger retrofitted with a distributor confirm that the addition of a distribution device provides an increase in the average heat transfer on the surface of the tube with a decrease in the local stress from the flow on the tube grid with an increase in the uniformity of the temperature stress distribution.

Conclusions. Thus, the proposed method of modernization of the shell-and-tube heat exchanger ensures the fulfillment of the set goal of increasing the efficiency of heat exchange, which is confirmed by the results of simulation modeling of the process.

References.

1. Acetone: Biochemistry, Production and Uses / Ed. by I. Kozłowska, Kl. Walczak. New York : Nova Science Publishers, 2018. 208 p.
2. Vladimirov Z.D. Modernization of the acetone recovery unit with the development of a rectification column and a heat exchanger/ Vladimirov Z.D. Naidai S. S. // Збірник тез доповідей XXXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництва підприємств будівельних матеріалів» 16 травня 2023 р. м. Київ / Укладач Я. М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2024. – 199 с.

UDC 66.047

**MODERNIZATION OF A DISTILLATION COLUMN
WITH A SIMULATION EXPERIMENT**

Student Lykhozhon P. M., Senior lecturer, Ph.D. Haidai S.S.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ANNOTATION: The apparatus was modernized with a simulation experiment.

KEY WORDS: OXYGEN, NITROGEN, PURIFICATION, SEPARATION,

AIR

**МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ
З СИМУЛЯЦІЙНИМ ЕКСПЕРИМЕНТОМ**

Студент Лихожон П. М., старший викладач, к.т.н. Гайдай С. С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: Зроблено модернізацію апарату з симуляційним експериментом.

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

Introduction. Mass transfer devices play an important role in various industries, ensuring the efficient separation of mixture components. In the case of plate distillation columns, the key element is the contact plates, which are responsible for the direct interaction of the liquid and vapor phases. Therefore, to increase the energy efficiency of the mass transfer process during rectification or the cost of manufacturing the unit, it is advisable to pay attention to this particular structural element of the column.

Problem statement. In order to expand the functionality of the mass transfer apparatus for rectification, a new design of the plate elements has been developed, which will improve the technical characteristics of the apparatus and increase its overall efficiency by reducing the cost of manufacturing and ensuring less splashing

during operation. The modernized element of the distillation column plate (cap), Fig. 1, consists of a base 1 with holes for the passage of the vapor phase and a curved cover 2. The cap is fixed to the base at a certain height (determined by calculation) so that there are gaps between them for the vapor phase to escape. At the outlet of the slots, the vapor phase comes into contact with the liquid phase, providing mass transfer with subsequent condensation of vapors and boiling of the binary mixture with the release of vapors with a higher concentration of the low-boiling component.

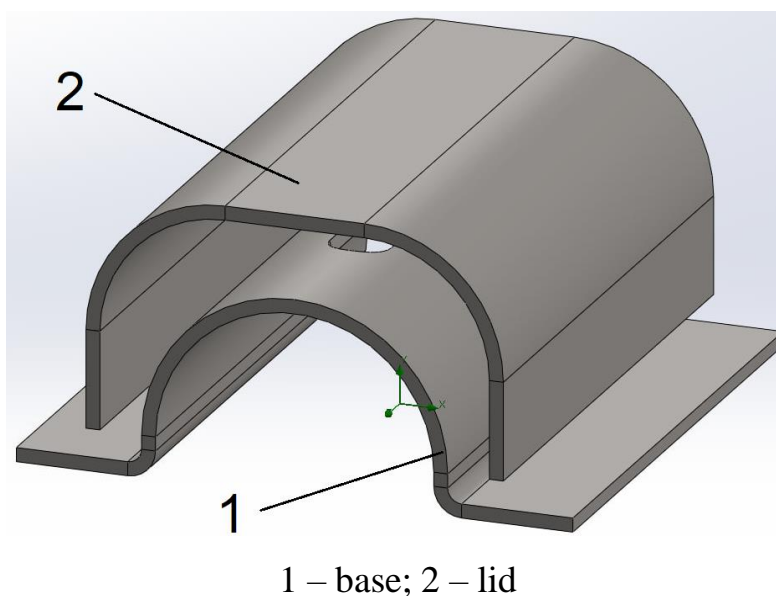


Figure 1. Modernization of the contact plate

Research and analysis. The results of modeling the movement of vapor phase flows when applying the proposed modernization of the column plate cap are shown in Figure 2. The obtained results confirm the implementation of the hydrodynamic regime, which ensures all the conditions for an efficient mass transfer process. In order to ensure the leakage-free operation of the plate when changing the vapor phase flow rate, it is possible to change the height of the gap between the base and the cap to ensure the required value of the vapor velocity at the outlet of the slits.

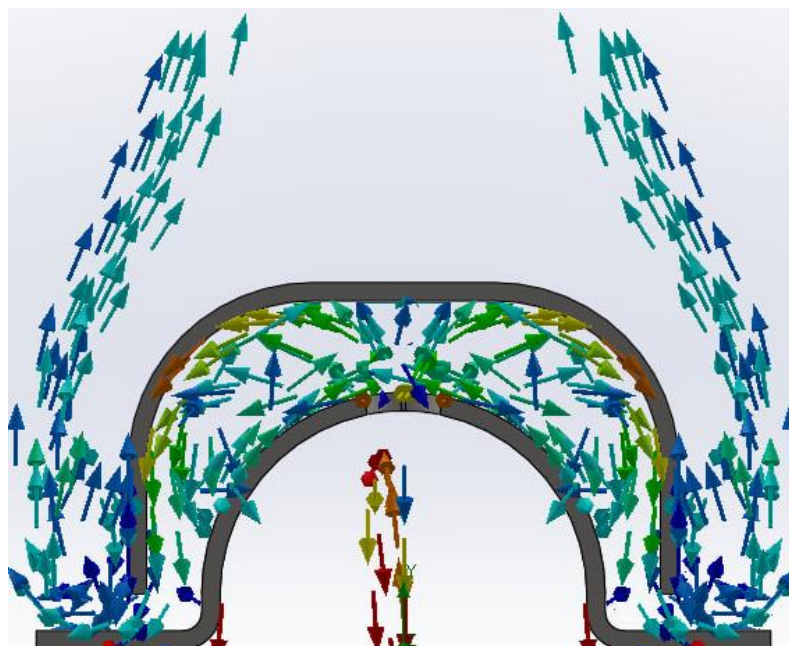


Figure 2. Results of vapor phase flow modeling

Conclusions. The proposed modernization will reduce the cost of manufacturing the distillation column plate elements while maintaining efficiency at constant pressures.

References.

1. Lazarev V. A. Chemical technology, 2016. – 421 p.
2. Michaelsky V. P. Technology of nitrogen fertilizers production, 2015. 312 p.
3. Processes and apparatus for chemical technology. Study guide. Part 2. Mass transfer processes and apparatus, 1995. 368 p.

UDC 66.048.8

MODERNIZATION OF THE AMMONIA COLUMN

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

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

***ABSTRACT:** The modernization of the caps of the plates of the ammonia column and a simulation experiment that confirms the feasibility of the modernization are presented*

***KEY WORDS:** PROCESSING, AMMONIA COLUMN, MODERNIZATION*

МОДЕРНІЗАЦІЯ АМІАЧНОЇ КОЛОНИ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

***АНОТАЦІЯ:** Наведено модернізацію ковпачків тарілок аміачної колони та симуляційний експеримент, який підтверджує доцільність модернізації.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПЕРЕРОБКА, АМІАЧНА КОЛОНА, МОДЕРНІЗАЦІЯ*

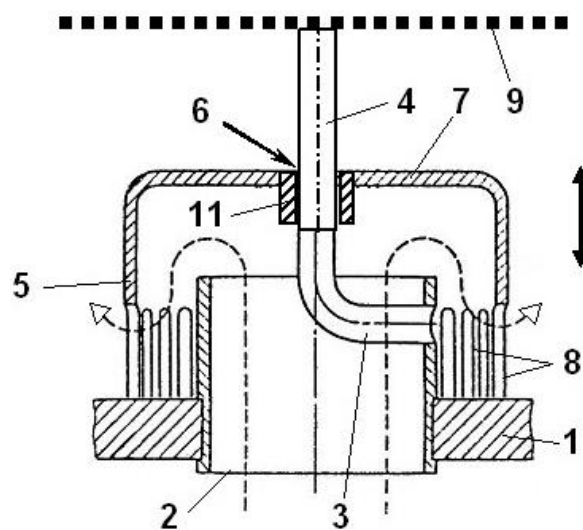
Introduction. Mass transfer apparatuses play a crucial role in various industries, ensuring efficient separation of mixture components. One of the essential elements of such devices is the contact plates, which facilitate direct interaction between liquid and vapor phases.

Problem statement. Continuous improvement of these components is necessary to enhance the overall efficiency of mass transfer processes and minimize losses.

To expand the functional capabilities of the plates and the mass transfer apparatus as a whole, a new design of a cap plates has been developed. This design allows for independent regulation of the passage cross-section for the light phase, as well as a significant reduction in entrainment losses, thereby considerably improving

the technical characteristics of the apparatus and achieving a higher level of operational efficiency.

The upgraded contact plates of the mass transfer apparatus, Fig. 1, includes a horizontal plate 1 with nozzles 2 for light phase passage, a bent rod 3 is installed on each nozzle. A cap 5 is placed on the vertical section 4 of this rod, allowing for vertical movement. The cap includes a central hole 6 on its top 7 and slots and gaps 8 at its lower end. Perforated horizontal plates 9 are proposed to be installed at the ends of the vertical sections 4 of the bent rods.



- 1 – horizontal plate; 2 – nozzle; 3 – bent rod; 4 – vertical rod section;
5 – cap; 6 – central hole; 7 – top; 8 – slit and gap; 9 – perforated horizontal plate

Figure 1. Longitudinal section of the contact plates in the mass transfer apparatus.

During the operation of the apparatus, the light phase passes from beneath the horizontal plate through the nozzles, flows between the nozzles and the caps, and then disperses through the slots or gaps at the bottom of the caps into the heavy phase flow moving along the plates surface. As the load of the light phase increases, the caps rise along the vertical sections of the rods under light phase pressure, increasing the passage cross-section between the caps and the horizontal plate. When the load

decreases, the caps lower. This design allows automatic regulation of the plate's throughput capacity for the light phase.

The installation of perforated plates at the ends of the rods effectively captures entrainment droplets, significantly enhancing the overall efficiency of both the plates and the mass transfer apparatus.

Research and analysis. The proposed upgraded contact plates significantly expand the technological capabilities of the mass transfer apparatus. The simulation of cap operation in a distillation column is shown on Fig. 2.

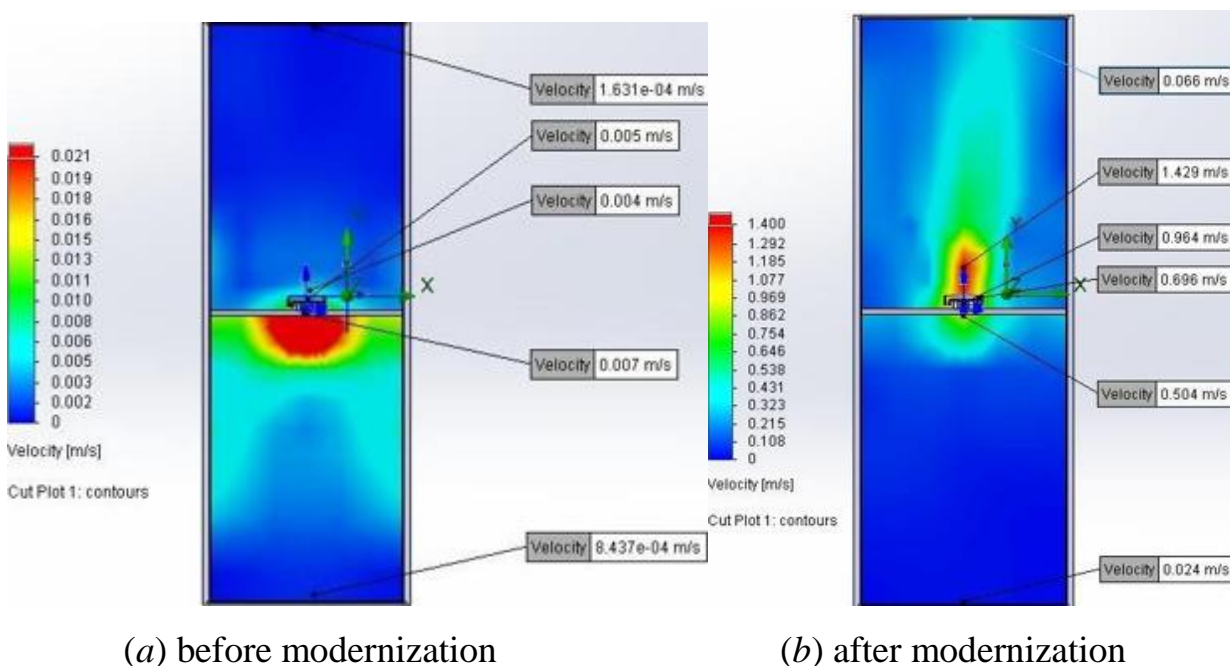


Figure 2. Cap operation simulation in a distillation column

Simulation results show that before the upgrade, Fig. 2 (a), the vapor phase speed after passing through the cap was 0.005 m/s. After the upgrade with the perforated plate installation, Fig. 2 (b), the caps rise under the pressure of the light phase, which effectively captures entrainment and improves the apparatus's overall efficiency, increasing the vapor phase speed after passing through the cap to 0.964 m/s.

Conclusions. The development of the new cap plates design expands the functional capabilities of the plates and the mass transfer apparatus as a whole, as it

allows for significantly improved technical characteristics of the apparatus and achieves a higher operational efficiency. The proposed physical model confirms the feasibility of this upgrade, as it significantly enhances droplet capture efficiency and the overall performance of the mass transfer apparatus.

References.

1. Лазарев В. А. Хімічна технологія. М.: Химия, 2016.
2. Плановский А.Н., Рамм А.Р., Коган Е.Р. Процеси та апарати хімічної технології – Л.: Хімія, 1987. – 856 с.
3. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч. / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. – К.: НТУУ «КПІ». – 2011. – Ч. 2. – 416 с.
4. Гурін В. В., Кожемякін В. І., Снігуров І. І. Технологія переробки надсмольної аміачної води. Журнал "Хімічна промисловість"ю – 2017. – № 1. – с. 45-49.

УДК 664.8.047

RESEARCH OF HEAT EXCHANGE AND HYDRODYNAMICS IN RECOVERY POLYMER HEAT EXCHANGER

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.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІНУ І ГІДРОДИНАМІКИ В РЕКУПЕРАТИВНОМУ ПОЛІМЕРНОМУ ТЕПЛООБМІННИКУ

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.

The purpose of the work. The current trend of creation of industrial heat technologies is the most complete disposal of the heat of waste heat flows for its further useful use. This task is effectively solved by the inclusion in the technological

lines of heat exchangers of various structures [1]. In the face of constant rising prices for metals, especially highly heat-conducted prices, for the utilization of the heat of low potential for attracting alternative polymeric materials for the manufacture of surfaces of heat exchange of heat exchange apparatus of the air-air.

Results. Polycarbonate with a cross section of 4 mm and a wall thickness of 0.15 mm was selected for the manufacture of the recuperative heat exchanger. The polycarbonate leaf dissolved in half, forming two swore walls with a size of 250x250 mm and the height of the rib 2 mm (Fig. 1). They were a support wall to the bottom at an angle of 90 ° relative to the longitudinal axes of WTO in a package of 150 mm high with cross -channels of 4x2 mm. As a result, channels for the entrance and exit of cold and warm coolant were formed.

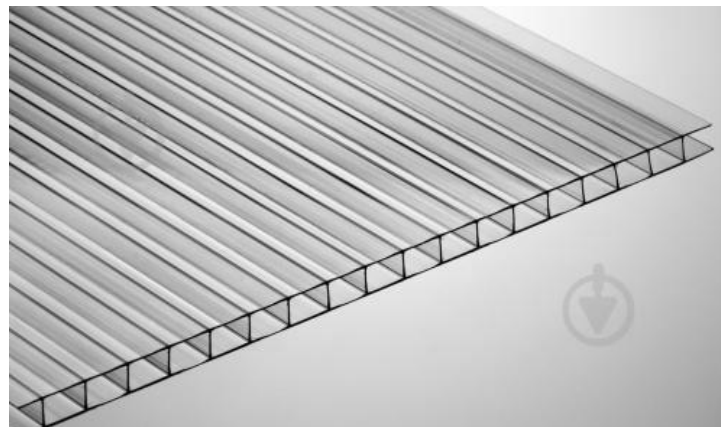


Fig. 1 – The appearance of a honeycomb polycarbonate sheet

To carry out studies of heat exchange processes and hydrodynamics in the created polymer heat exchanger, a laboratory installation was created at the ITTF of the National Academy of Sciences (Fig. 2), where the temperatures of cold and hot coolants at the inlet and outlet of the heat exchanger channels, as well as the pressures of the cold coolant at the inlet to the heat exchanger and of the hot coolant were measured at the exit from the heat exchanger.

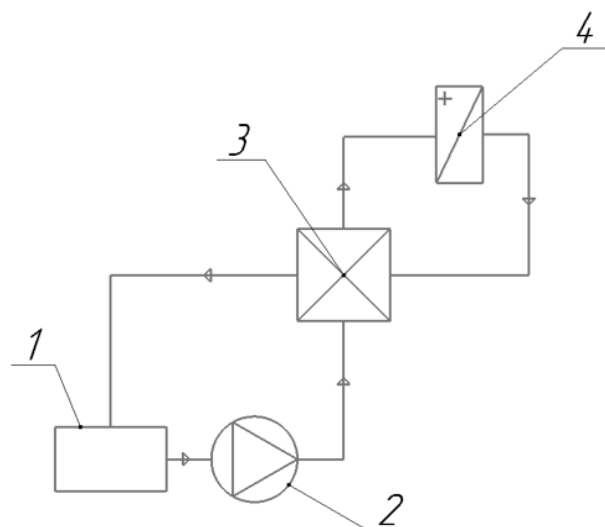


Fig. 2 – Schematic diagram of the laboratory installation

- 1 – premises; 2 – exhaust air fan; 3 – cross-flow polymer heat exchanger;
4 – electric air heater

The working element of the laboratory installation is a recuperative cross-flow polymer air-air heat exchanger 3. Air from room 1, in which the installation is located, is directed by fan 2 into the channels of the cold part of the heat exchanger. After passing through the cold part, the air enters the sealed channel in which the electric heater 4 is located. Passing through it, the air is heated and directed into the cross channels of the hot part of the heat exchanger. In the heat exchanger, heat transfer occurs between cold and hot air, after which the cooled air is discharged into room 1. The specified scheme ensures the same consumption of hot and cold coolant.

A series of experiments was carried out on a laboratory setup. The experiments were carried out in the range of coolant velocities from 2.2 to 9 m/s. A method of processing measured data has been developed. Calculated heat flows, heat transfer coefficients, pressure losses and efficiency of the heat exchanger depending on the speed of movement of heat carriers. The efficiency of the heat exchanger reaches 87% at a heat carrier speed of 2.2 m/s and decreases to almost 60% when the speed increases to 9 m/s. The dependence of the efficiency of the heat exchanger on the air speed is shown in Fig. 3.

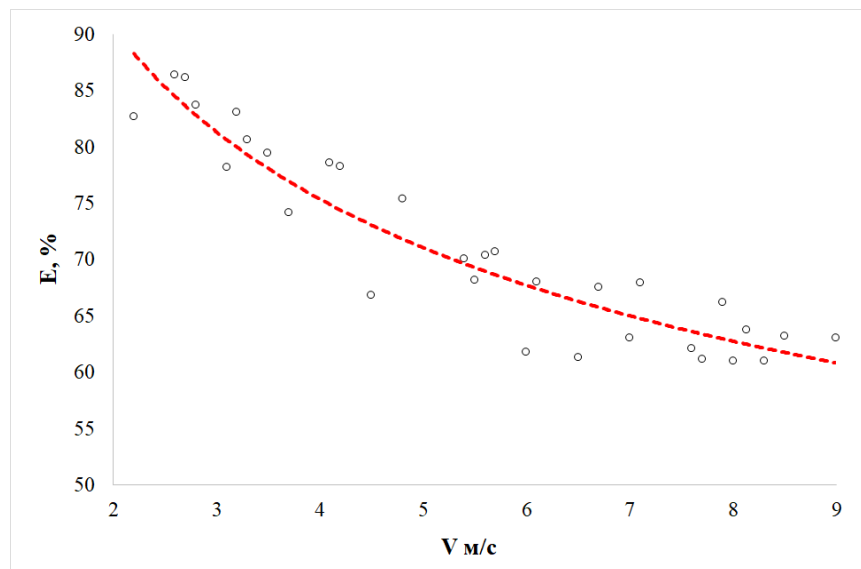


Fig. 3 – Dependence of the efficiency of the heat exchanger on the speed of the heat carriers

Conclusions. At low speeds of coolants (2-3 m/s), which are typical for convective dryers, as well as air ventilation systems, the efficiency of the polymer cross-flow heat exchanger reaches 87%. An increase in the speed of heat carriers reduces the efficiency of the heat exchanger due to the increase in the power of the exhaust fan. Thus, when the speed increases to 9 m/s, the efficiency of the heat exchanger decreases to almost 60%.

References:

3. Catalog of the manufacturer of ventilation equipment Blauberg Group AG (Luxembourg). Access code https://zern-engineering.com/device_type/plate-cross-flow-heat-exchangers/ (date of application: 15.04.2022)

УДК 662.636

АДСОРБЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕШТКІВ СОНЯШНИКУ

член-кореспондент НАН України, д.т.н., професор Петрова Ж.О., доктор філософії Новікова Ю.П., к.т.н. Самойленко К.М.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

Анотація. У роботі наведено адсорбційні дослідження біомаси, на прикладі рештків соняшнику.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АДСОРБЦІЯ, РЕШТКИ СОНЯШНИКУ

ADSORPTION STUDIES OF SUNFLOWER RESIDUES

Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor Petrova Zh., PhD Novikova Yu., Candidate of Technical Sciences Samoilenko K.M.

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Abstract. The paper presents the adsorption studies of biomass, using sunflower residues as an example.

KEY WORDS: ADSORPTION, SUNFLOWER RESIDUES.

Рівноважний вологовміст має значення для розробки технологій отримання палив з додаванням біомаси, що визначає кінцевий вологовміст при сушінні, а також умови зберігання.

Для визначення рівноважного вологовмісту досліджуваних зразків залежно від відносної вологості повітря φ застосовувався тензометричний (статичний) метод Ван Бамелена [1, 2].

Метою роботи є адсорбційні дослідження біомаси на прикладі рештків соняшнику.

Проведені дослідження адсорбції решток соняшника, а саме стебел та корзиночок. На рисунку 1 вказані кінетичні криві адсорбції водяної пари стеблом

соняшнику. За $\varphi = 0,4$ (рис. 1, крива 1) рівноважний стан встановлюється на 8 день; за $\varphi = 0,6$ (рис. 1, крива 2) на 8 день; за $\varphi = 0,8$ (рис. 1, крива 3) на 15 день; за $\varphi = 0,9$ (рис. 1, крива 4) на 23 день. Рівноважний вологовміст стебла соняшнику за $\varphi = 0,6$ становить 14,5 %.

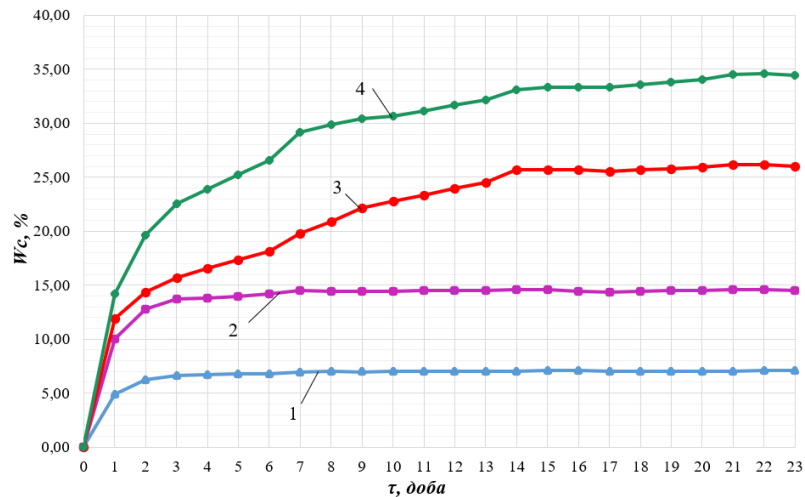


Рис.1. Кінетичні криві адсорбції водяної пари стеблом соняшнику: 1 – $\varphi = 0,4$;
2 – $\varphi = 0,6$; 3 – $\varphi = 0,8$; 4 – $\varphi = 0,9$

Кінетичні криві адсорбції корзинкою соняшнику зображені на рис. 2. Кінетичні криві корзинок порівняно стеблом за $\varphi = 0,8$ та $\varphi = 0,9$ мають нерівномірний характер, при цьому на 21 день за $\varphi = 0,9$ з'явилася пліснява в матеріалі.

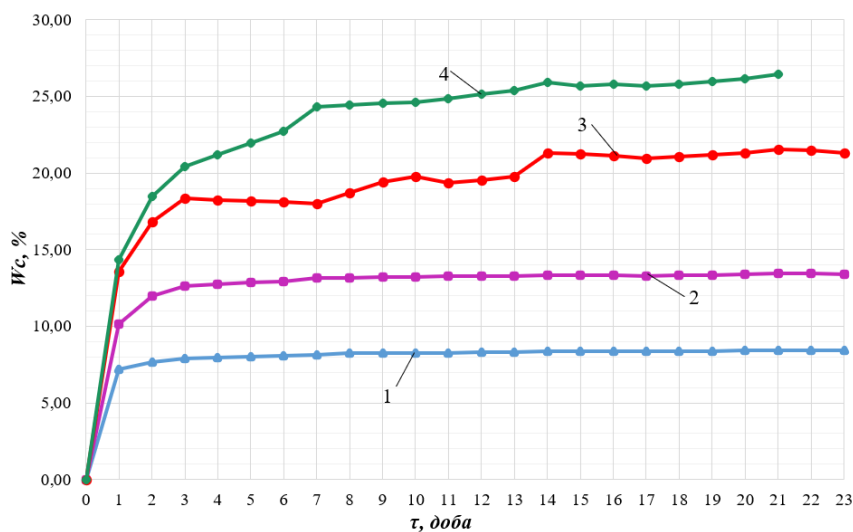


Рис. 2. Кінетичні криві адсорбції водяної пари корзинкою соняшнику:
1 – $\varphi = 0,4$; 2 – $\varphi = 0,6$; 3 – $\varphi = 0,8$; 4 – $\varphi = 0,9$

Рівноважний стан корзинки соняшнику встановлюється за $\varphi = 0,4$ (рис. 2, крива 1) на 8 добу; за $\varphi = 0,6$ (рис. 2, крива 2) на 8 добу; за $\varphi = 0,8$ (рис. 2, крива 3) на 20 добу; за $\varphi = 0,9$ (рис. 2, крива 4) на 21 добу. Рівноважний вологовміст за $\varphi = 0,6$ складає 13,4 %.

Криві ізотерм адсорбції рештків соняшнику зображені на рисунках 3.

На рис. 3 показані ізотерми адсорбції водяної пари рештками соняшнику. Як видно з рисунку 2.7 за $\varphi = 0,6$, $\varphi = 0,8$ та $\varphi = 0,9$ рівноважна вологість корзинки соняшнику менша за рівноважну вологість стебла. При цьому за $\varphi = 0,4$ рівноважний вологовміст корзинки соняшнику вищий.

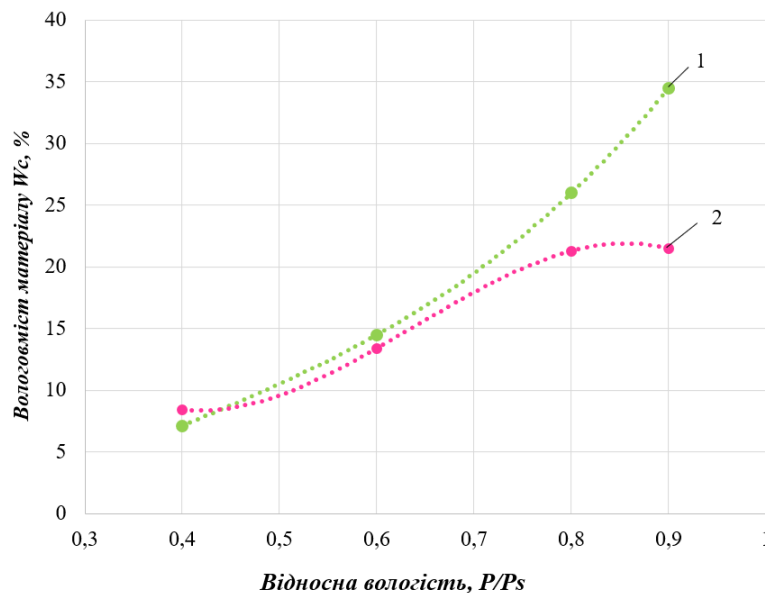


Рис. 3. Ізотерми адсорбції водяної пари рештків соняшнику: 1 – стебло соняшнику; 2 – корзинка соняшнику

Під час зберігання паливних матеріалів в складських приміщеннях, з метою стабілізації їх технологічних властивостей, рекомендуються підтримувати вологість повітря на рівні 60 - 70 %. Стандартна вологість для палива складає 20 %. Отриманий рівноважний вологовміст у рештків соняшників становить 13,4% та 14,5 % та не перевищує стандартну вологість.

Література:

1. Петрова, Ж.О., Самойленко К.М., Новікова Ю.П., Вишнівська Т.А. Адсорбція застарілих мулових відкладень, торфу, тирси та композицій з них.

Кераміка: наука і життя. – 2021. – 2 (51). – с. 13-18.

<https://doi.org/10.26909/csl.2.2021.2>.

2. Петрова, Ж.О. Самойленко К.М., Новікова Ю.П., Вишнівська Т.А. Адсорбція застарілих мулових відкладень, торфу, лузги гречки та композицій з них. Теплофізика та Теплоенергетика. – 2021. – 43 (4), - с. 92-97.

<https://doi.org/10.31472/tpe.4.2021.11>

UDC 536.24; 666.3

HEAT SUPPLY TO THE ENTERPRISE BASED ON HIGH DUST SER

Kremnev V., Timoshchenko A., Timoshchenko A., Korbut N.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

***ABSTRACT.** The work addresses the issues of improving the energy efficiency of basalt fiber production and thermal insulation based on them by using the second energy potential of the production for the sanitary needs of the enterprise.*

KEYWORDS: HEAT RECOVERY, SECOND ENERGY RESOURCE (SER), BASALT FIBERS

ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА НА ОСНОВІ ВИСОКОЗАПИЛЕНИХ ВЕР

Кремньов В.О., Тимощенко А.В., Тимощенко А.Б., Корбут Н.С.

Інститут технічної теплофізики НАН України

***АНОТАЦІЯ** Робота стосується питань підвищення енергетичної ефективності виробництва базальтових волокон та теплової ізоляції на їх основі шляхом використання енергетичного потенціалу теплових ВЕР на санітарно-технічні потреби підприємства.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ, ВЕР, БАЗАЛЬТОВІ ВОЛОКНА

The purpose of the work.

As part of a complex program for energy-efficient modernization of the production of staple basalt superfine fibers (duplex technology) and heat-insulating products based on them, various options for innovative technical solutions for the utilization of the energy potential of thermal power plants have been implemented.

The work concerns the system of utilization of the energy potential of the mixture of natural gas combustion products and shop air for the sanitary and

household needs of production - the heating system of domestic premises and the hot water supply system of the shop.

Results.

The following statements are true regarding the use of SER. On the one hand, the basic physical principles underlying heat and mass transfer processes, the main processes that determine the orientation and efficiency of the mechanisms of utilization of SER [1] are being studied more widely and more fully. Using the example of the operation of large energy-technological complexes, it is known that the larger the object, the more expedient are the measures to increase its efficiency, the higher the energy capacity of the object, the more promising and justified, primarily from an economic point of view, are measures for the deep utilization of fuels, heat and high pressure resources. On the other hand, the smaller the unit capacity of energy-technological facilities, the less economically justified are the measures for the deep utilization of these resources, the more individual are the decisions regarding their development.

Below is one of the options for mastering the thermal SER process of the production of basalt fibers.

Most of the production processes of basalt fibers and products based on them are characterized by small and medium capacities of technological equipment [2]. At the same time, the specificity of these processes determines the formation of high-potential thermal SER [3].

The source of the secondary resource is a high-temperature mixture of natural gas combustion products from bath basalt melting furnaces and workshop air. The mixture is contaminated with dust and fibers with particle sizes of 1-3 microns. The temperature of the combustion products of natural gas is 500-700 °C [3], the temperature of the gas mixture is 150-230 °C, the moisture content of the combustion products is 134-142 g w/kg d.s.p., the moisture content of the gas mixture is 34-36 g w/kg with. p., pollution of a gas mixture of 0.03-0.05 g/m³.

The possible power of the HPP source is 218 kW, the economically feasible power of the source is 65 kW, the actual power achieved in the recycling plant is 50 kW.

The decision on the use of secondary resources is based on the following scientific and practical theses:

a) cooling of the gas mixture below the dew point temperature is ensured, as a result of which the process of heat transfer in the heat exchanger is complicated by the mass transfer process, and the latent heat of the phase transition during condensation of water vapor is added to the physical heat of hot gases;

b) serial finned water-air heat exchangers of recuperative type are used as utilisers;

b) it is not envisaged to install filters to clean the gas flow, the role of filtering elements is performed by the heat exchange surfaces, the design of the heat exchanger provides for their periodic cleaning, an overestimated value of the heat exchange area is taken in order to reduce the impact of pollution on the efficiency of the heat exchanger, in the periods between surface cleaning;

d) the minimum values of the aerodynamic and hydraulic resistance of the utilizer are ensured in order to minimize operational costs for pumping media;

e) a short period of operation of the waste disposal heat recovery before its complete replacement is allowed, preference is given to a simple and cheap construction of the waste disposal heat recovery.

Conclusions.

The disposal system was developed and implemented at Chernivtsi TIM Plant (Ukraine, Chernivtsi). The value of the economic effect of the engineering solution at the scale of the enterprise is 1.20 million hryvnias/year (prices for equipment and energy carriers as of January 2022).

During the heating season, the available potential of the hydroelectric power plant is used in full, and during the rest of the year, hot water supply continues, and

heating is not carried out. We consider it expedient to develop an additional utilization system for the use of excess energy in the warm part of the year.

We offer two options for consideration.

1. Heating of the air directed to the heat generators of the dryers.
2. To develop a system of summer air conditioning in the hot shops of the enterprise with an absorption refrigerating machine that uses heated heating water.

References.

1. Назарова І.О. (2022). Утилізація теплоти димових газів котельних агрегатів у теплообмінному апараті контактного типу. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки, Том 33 (72) № 1, с. 212-216. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.1/32>.

2. Kremnev V., Basok B., Tymchyshyn S., & Timoshchenko A. (2018). Energy saving in construction by wide application of high-quality insulation based on basalt fibers. Journal of Modern Physics, 9(9), с. 1724-1734. DOI: <https://doi.org/10.4236/jmp.2018.99108>.

3. Басок Б.І., & Тимощенко А.В. (2019). Високотемпературний компактний керамічний регенеративний теплообмінний апарат. Енергетика: економіка, технології, екологія, 2 (56), с. 17-26. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2019.189990>.

УДК 66.02

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ, ЯК ЕЛЕМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

аспірант Гомонюк С.В.; к.т.н., доцент Семінський О.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Енергоефективність стала пріоритетним завданням у всіх галузях промисловості, особливо в такій енергоємній як хімічна, яка за споживанням електроенергії посідає друге місце після металургійної. Світовий попит на продукцію хімічної промисловості продовжує зростати, що призводить до збільшення споживання енергії. Це зумовлює необхідність впровадження технологій, що дають змогу знизити енергоспоживання зі збереженням або підвищенням продуктивності виробництв та забезпеченням заданого рівня якості продукції. Також важливо відмітити, що промисловість України найменш енергоефективна порівняно з країнами-сусідами з Центральної та Східної Європи. Наприклад, за енергоємністю ВВП Україна у 2 рази поступається Болгарії, в 3 рази – Румунії, в 7 разів – Німеччині [1].



Рис. 1. Розподілення споживання електроенергії за секторами [2]

Промислове виробництво споживає близько 42% світової електроенергії (рис.1), з якою близько 70% перетворюється в механічний рух за допомогою електричних двигунів [3]. Об'єкти хімічної галузі мають сотні різноманітних електромеханічних систем. На рис. 2 показано розподіл споживання електроенергії за типами обладнання [4]. Один з найбільших споживачів енергії це насосні системи, на які припадає 26% загального споживання електроенергії в цій галузі. Ефективність систем електропривода можна підвищити. Наприклад, робота насосів на постійній швидкості з використання традиційних методів регулювання потоку, таких як дроселювання, призводить до втрати великої кількості енергії. Модернізація електричних двигунів і електроприводів дозволить скоротити споживання електроенергії, одночасно підвищивши безпеку і надійність їх роботи, а також прибутковість виробництв.



Рис.2. Споживання електроенергії системами електроприводу в хімічній галузі за типом обладнання

Варто відмітити, що відбувається посилення світових вимог щодо рівня енергоспоживання та коефіцієнта корисної дії (ККД) електричних двигунів, тому заміна застарілих систем двигунів на двигуни з високим ККД одна з ключових задач [5]. Згідно з даними «Європейського комітету виробників електричних машин та силової електроніки» в період з 2015 по 2021 кількість електричних двигунів з класом енергоефективності IE1 та IE2 в Європі зменшилась з 27% до 13% та 56% до 14% відповідно, в той час кількість

двигунів класу IE3 та IE4 збільшилась з 16% до 69% та з 1% до 4% відповідно [5]. Підвищення ККД електричних двигунів важлива, оскільки інвестиції у його підвищення, навіть на 2-3%, швидко відшкодуються за рахунок зниження експлуатаційних витрат [6].

Використання нових конструкцій електродвигунів відіграє ключову роль в підвищенні їх енергоефективності. Прикладом такої конструкції є синхронно-асинхронні двигуни SynRM, які забезпечують енергоефективність рівня IE5, зменшуючи втрати енергії до 40% [3] у порівнянні з асинхронними двигунами стандарту IE3 та мають кілька переваг:

- вони перевершують традиційні асинхронні двигуни за енергоефективністю, особливо в умовах змінного навантаження;
- завдяки нижчим робочим температурам ці двигуни мають довший термін служби і потребують менше обслуговування;
- надійна робота в небезпечних умовах.

Підвищити енергоефективність електромеханічних систем дозволяє використання приводів з регульованою швидкістю. Дослідження показують, що зниження швидкості двигуна (наприклад, на 20%), в межах здійснення гнучкого управління технологічним процесом, може призвести до скорочення (до 50%) споживання енергії [7]. На додаток до економії енергії, використання приводів з регульованою швидкістю покращує управління процесом, зменшує механічне навантаження на обладнання та подовжує термін служби систем з електроприводом. Завдяки роботі двигунів на оптимальних швидкостях, а не на постійній повній потужності, вони мінімізують знос і знижують витрати на технічне обслуговування.

Мехатронні системи керування відіграють важливу роль у підвищенні енергоефективності [8]. Завдяки поєднанню механіки, електроніки та комп'ютерних систем, вони надають можливість точного контролю та управління робочих параметрів, що дозволяє зменшити втрати електроенергії, завдяки знаходженню точок оптимального управління та дозволяють

регулювати процеси в реальному часі, відповідно до поточних потреб виробництва, здійснювати віддалений моніторинг стану двигуна, продуктивності процесу та споживання енергії. Ці системи надають дані в режимі реального часу, допомагаючи безперервно відстежувати стан обладнання та впроваджувати стратегії профілактичного обслуговування, які зменшують втрати енергії, за рахунок уникнення непланових простоїв обладнання, та подовжують термін експлуатації двигунів і приводів.

Впровадження високоефективних систем електроприводу та мехатронних систем це важливий крок на шляху до скорочення енергоспоживання в хімічному виробництві. Ці технології не тільки скорочують витрати на енергію, але й сприяють досягненню ширших цілей сталого розвитку, таких як скорочення викидів парникових газів і підтримка переходу до низьковуглецевої економіки. Інвестиції в енергоефективні системи електроприводу сьогодні принесуть довгострокові вигоди, гарантуючи, що виробники хімічної продукції залишатимуться конкурентоспроможними, мінімізуючи свій вплив на навколишнє середовище.

Бібліографія:

1. Проект розпорядження Кабінету Міністрів України "Про схвалення Стратегії розвитку промислового комплексу України на період до 2025 року" – <https://me.gov.ua/Files/GetFile/1ac9bf22-8196-4519-823a-6938c5b6885e>
2. Key World Energy Statistics, IEA, 2021. – <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021/final-consumption>
3. ABB white paper. Energy efficiency opportunities in chemical, 2023 – https://library.e.abb.com/public/27d8a198b3154b2abe366a14ad1f5009/ABB_WhitePaper_Chemical%20manufacturing_20230911.pdf
4. Malinowski et al. "DOE Motor and Drive Assessment Leads to Energy Savings for Power Drive Systems", 2022. – <https://ieeepcic.com/2022conference/wp-content/uploads/sites/7/2022/09/2022-PCIC-0553.pdf>

5. Impact of Ecodesign regulation (EC) 640/2009 on the Electric Motor market (<https://cemep.eu/wp-content/uploads/2022/07/CEMEP-Motor-IE-Class-report-202207.pdf>)
6. Функціональне діагностування енергоефективності електромеханічних систем: Монографія / О.О. Закладний – К.: Видавництво «Лібра», 2013. – 195 с.: ил.
7. Simkoff, Jodie M. et al. Process Control and Energy Efficiency, <https://www.osti.gov/servlets/purl/1800922>
8. Mutaz Ryalat et al. The Integration of Advanced Mechatronic Systems into Industry 4.0 for Smart Manufacturing – <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/19/8504>

WATER VAPOR AND PARTICULATE MATTER CAPTURE FROM THE GAS STREAM IN THE PACKED BED SCRUBBER

postgraduate Ivan Tisnyi, Ph.D., associate professor Andriy Stepaniuk

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Annotation: Usage, design and working principle of packed bed scrubber are described, as well as object, subject and purpose of the research study.

Key words: SCRUBBER, CONDENSATION, CAPTURE, VAPOUR, PARTICLES.

ВЛОВЛЮВАННЯ ВОДЯНОЇ ПАРИ ТА ТВЕРДИХ ВКЛЮЧЕНЬ З ГАЗОВОГО ПОТОКУ В НАСАДКОВОМУ СКРУБЕРІ

аспірант Тісний І.С., к.т.н.. доцент Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Описано призначення скрубера, зроблено опис конструкції апарата, описано предмет, об'єкт та наукову новизну дослідження.

Ключові слова: СКРУБЕР, КОНДЕНСАЦІЯ, ВЛОВЛЮВАННЯ, ПАРА, ЧАСТИНКИ.

A wet scrubber is a filtration system designed to remove harmful pollutants from gas streams. In such scrubbers, a liquid, usually water, is used to capture high-dispersion particulate matter ($d < 10 \mu\text{m}$) [1].

The aim of this work is to modernize the packed bed scrubber, which uses special packing to increase the contact area between the contaminated gas and the liquid, allowing for higher energy and cleaning efficiency. The overall design of the packed bed scrubber is shown in Figure 1 [2].

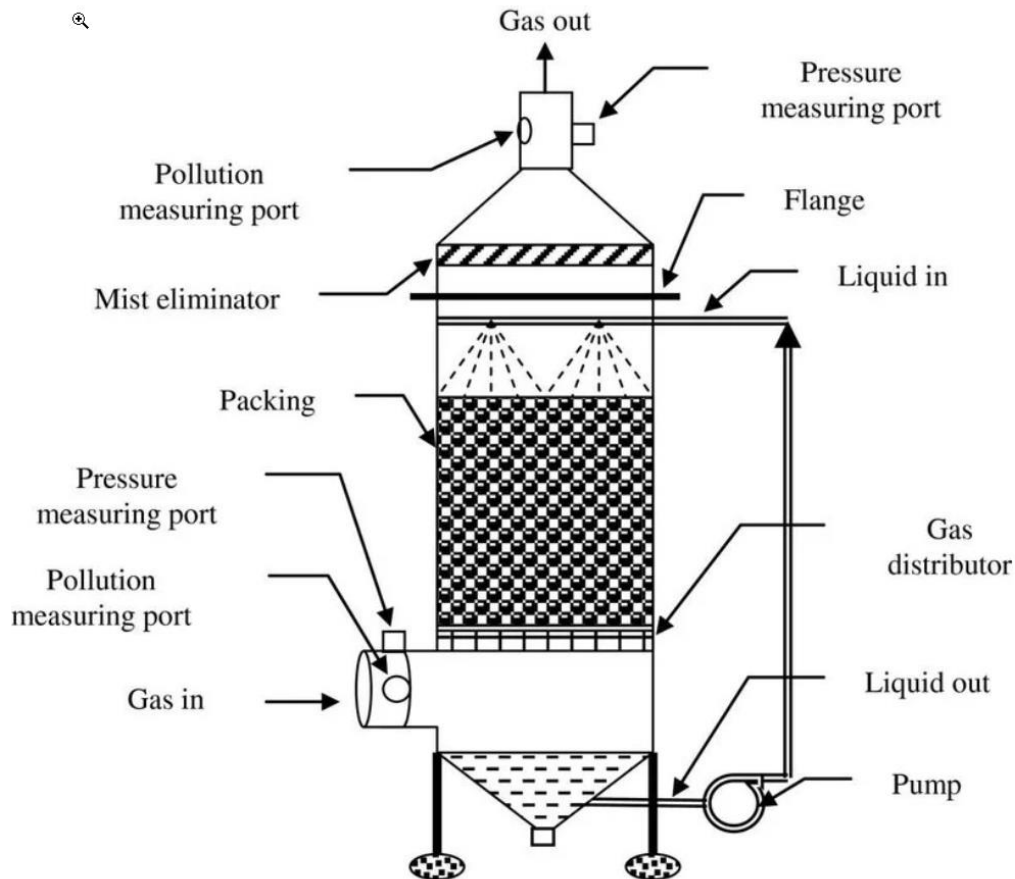


Figure 1 – Packed Bed Scrubber

Working Principle. Hot contaminated air enters the lower part of the scrubber chamber. Water is supplied from the upper part, which is evenly distributed over the packing forming a thin film that serves as the contact surface between the water and the contaminated air (which consists of gas contaminated with water-soluble particulate matter and water vapor). The capture of pollutants consists of simultaneous processes of cooling the gas stream, condensation of water vapor, and capture process the particles with their subsequent dissolution in water. Capture of particulate matter occurs due to the contact with the water film that flows over the surface of the packing. The packing is used to increase the surface area of contact between the particles and the liquid. Contaminated water is drained from the bottom of the scrubber, while cleaned air is extracted from the upper part of the scrubber [3].

Object of research: vapor condensation process and high-dispersion particulate matter capture from the gas stream in a packed bed scrubber.

Subject of research: technological parameters of the processes of vapor condensation and high-dispersion particulate matter capture from the gas stream in a packed bed scrubber.

Purpose of research: to establish patterns and improve the efficiency of the processes of vapor condensation and high-dispersion particulate matter capture from the gas stream in a packed bed scrubber.

Understanding of established patterns and optimal selection of technological parameters of the experimental apparatus will allow to reduce water and energy consumption, as well as to improve emission quality.

List of links:

1. Kornienko Y.M. Processes and equipment of chemical technology 2: textbook /Y.M. Kornienko, Yu.Yu. Lukach, I.O. Mikulonok, V.L. Rakytskyi, G.L. Ryabtsev - K.: NTUU "KPI", 2011 - Part 2 - 416 p.

2. Jafari at email. (2012), Influence of liquid and gas flow rates on sulfuric acid mist removal from air by packed bed tower, Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/235390349_Influence_of_liquid_and_gas_flow_rates_on_sulfuric_acid_mist_removal_from_air_by_packed_bed_tower.

20.11.2024

3. Harlan H. Bengtson (2002), *Air Pollution Control: Wet Scrubbers*, Course No: C05-021

УДК 66.047

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ З ВИГОТОВЛЕННЯ ХЛОРИСТОГО КАЛІЮ

студент Пугач Ярослав, доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Інноваційне рішення щодо підвищення довговічності теплообмінників полягає у модифікації конструкції штуцера шляхом додавання спеціальної перегородки. Це дозволить оптимізувати гідродинамічні характеристики потоку робочого середовища та значно знизити ризик розвитку ерозійних процесів.

Ключові слова: ТЕПЛООБМІННИК, ЕРОЗІЯ, ПАРА, КОНДЕНСАТ

Анотація: A novel approach to enhancing the lifespan of heat exchangers involves modifying the nozzle configuration by incorporating a specialized baffle. This modification optimizes the hydrodynamic characteristics of the working fluid flow and substantially diminishes the likelihood of erosion.

Ключові слова: HEAT EXCHANGER, EROSION, CONDENSATE

Теплообмінні апарати відіграють критичну роль у технологічному процесі виробництва хлориду калію. Вони забезпечують ефективний теплообмін, необхідний для проведення таких операцій, як нагрівання та охолодження розчинів, випарювання та конденсація.

В умовах виробництва хлориду калію теплообмінні апарати піддаються впливу агресивного середовища, що характеризується високою температурою, підвищеною концентрацією солей та інших хімічних сполук, а також абразивним зношуванням. Це призводить до інтенсивної корозії та ерозії металів конструкцій, що знижує їх експлуатаційні характеристики та вимагає проведення періодичних ремонтів.

Одною з таких проблем є ерозія пучка труб у місці входу пари що при [1]
Ерозія зображена на рисунку 1.

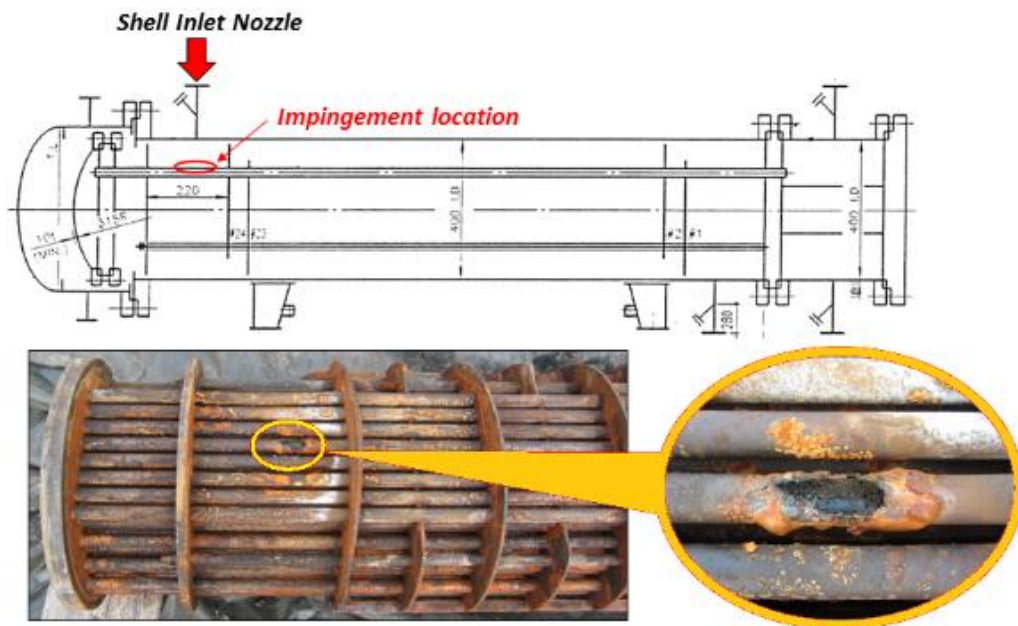


Рисунок 1 - ерозія труб теплообмінного апарату

Як рішення пропонується встановлення "відбійника" або перегородки. Така перегородка буде приймати на себе прямий потік пари, що спричиняє ерозію. І така перегородка буде періодично замінюватись.

Найпростішим методом кріплення перегородки буде приварювання її до пучка труб. Такий потік буде розсіюватись минаючи пучок труб. Що значно зекономить витрати на заміні пучка труб.

На рисунку 2 зображено симуляцію потоку рідини всередині теплообмінного апарату з використанням перегородки.

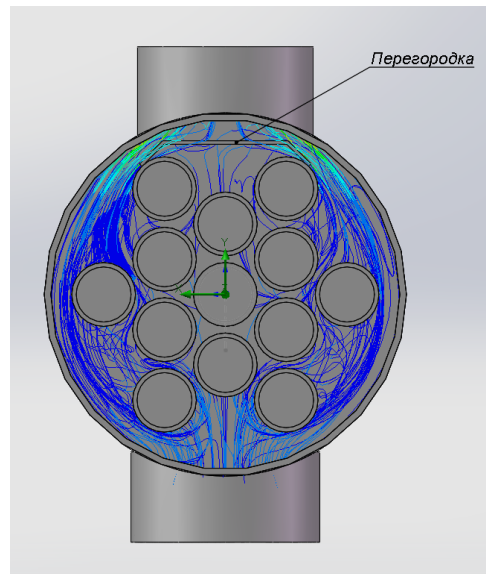


Рисунок 2 — Симуляція потоку рідини

Проаналізувавши рисунок, бачимо що перегородка запобігає прямому потоку пари на труби, що сприятиме довговічності пучка труб [2].

Пара що заходить у верхній штуцер відбивається від перегородки та починає рух обабіч труб.

На рисунку 3 зображено конструкцію даної перегородки

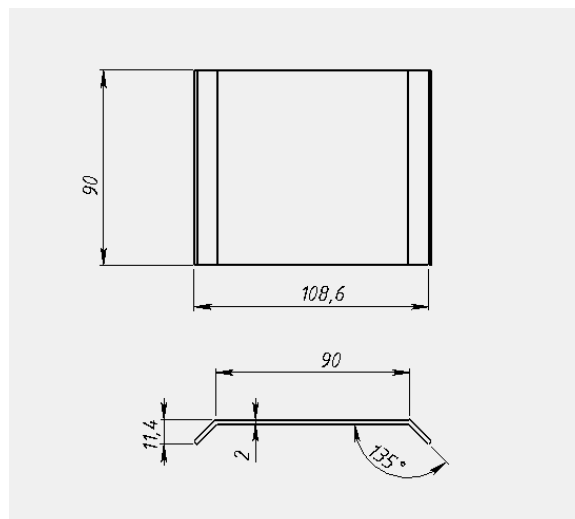


Рисунок 3 — конструктив перегородки

Конструктив перегородки являє собою зігнуту певним чином, з листа металу товщиною 2 мм пластини. Плоска поверхня такої пластини має бути більшою за діаметр штуцера. А карая загнуті під кутом 45° для того щоб

передбачити різке відбивання пари по кожуху теплообмінника. Адже це тягне за собою ерозію обичайки апарату.

При куті в 45° пара обтікає пучок труб збоку. Таким чином ми забезпечуємо ідеальну траєкторію пари що дозволить зменшити її вплив на складові теплообмінника

Перелік посилань:

1. Typical location of corrosion on heat exchanger. *AMARINE*.
URL: <https://amarineblog.com/2020/01/14/typical-location-of-corrosion-on-heat-exchanger/> (date of access: 31.10.2024).
2. Baffle (heat transfer) - the engineering concepts. *The Engineering Concepts*.
URL: <https://www.theengineeringconcepts.com/baffle-heat-transfer/> (date of access: 31.10.2024).

УДК 532.137: 666.97

MODERNIZATION OF THE VIBROEXTRUSION PLANT

Anastasiia Dovhopol, Igor Andreiev

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

***Abstract.** The article describes the modernization of a fiber-reinforced concrete products vibroextrusion plant. The use of a cascade vibratory extruder instead of two basic mixers for mixing the components of the mixture provides the required total shear deformations and leads to a lower metal consumption of the entire installation.*

KEY WORDS: VIBROEXTRUSION, MIXING, FIBER CONCRETE.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВІБРОЕКСТРУЗІЙНОЇ УСТАНОВКИ

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

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

***Анотація.** Наведено модернізацію установки віброекструзії фібробетонних виробів. Застосування для змішування компонентів суміші каскадного віброекструдера замість двох базових змішувачів забезпечує необхідні сумарні зсувні деформації і призводить до меншої металоємності всієї установки.*

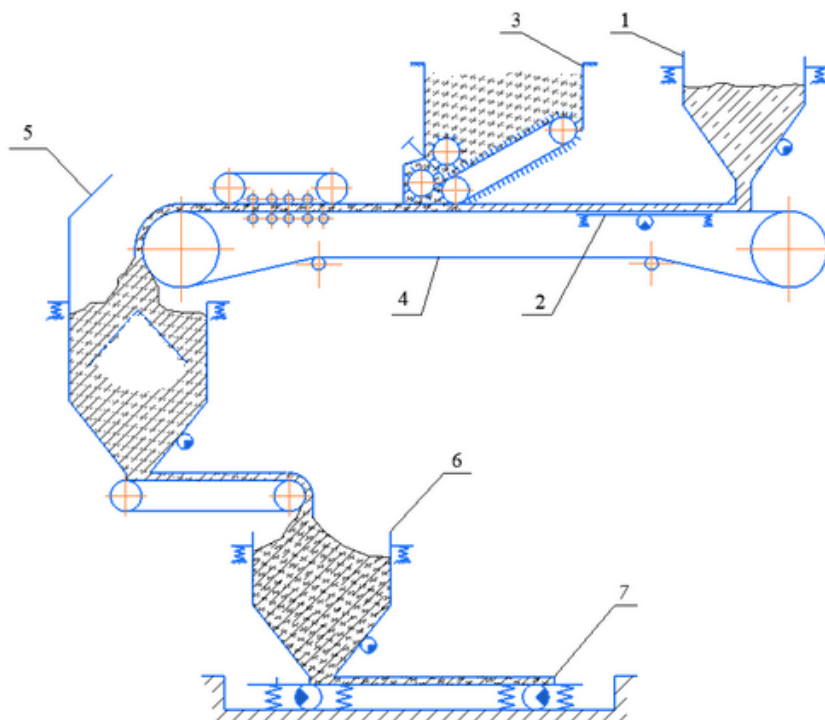
КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВІБРОЕКСТРУЗИЯ, ПЕРЕМІШУВАННЯ, ФІБРОБЕТОН.

The vibro-extrusion plant is designed to produce fiber-concrete products for construction needs.

The modernization of the basic installation consists in replacing two vibratory extruders for mixing the mixture with one cascade 5, in which additional compartments are formed by the inclined partitions and walls of the vibratory extruder hopper (see

figure). In this case, the mixture in each compartment is redistributed anew, as a result of which it is subjected to more uniform shear deformation. By adjusting the size of the dispensing windows of the compartments, you can change the amount of shear deformation to which the processed mixture is subjected.

Due to the presence of two parallel mixing sections in the cascade vibratory extruder 5, the productivity of the entire installation is increased.



1 – cement mortar feeders, 2 – vibrating table, 3 – fiber feeder, 4 – conveyor, 5 – mixing vibroextruder, 6 – forming vibroextruder, 7 – vibrating table

Fig. - Vibroextrusion unit

The modernized mobile vibroextrusion unit is mounted on a self-propelled chassis and consists of cement mortar feeders 1 and fiber reinforcement 3, vibrating tables 2 and 7, conveyor 4, mixing 5 and forming 6 vibroextruders, and electrical equipment.

At the site of obtaining a thin layer of mortar, the cement mortar from the feeder-dispenser 1 flows onto the conveyor belt in the form of four harnesses of adjustable cross-section. Under the influence of vibration transmitted from the vibrating table 2,

the cement harnesses spread over the entire width of the belt, forming a layer of mortar with a thickness of $(2...8) \cdot 10^{-3}$ m.

The coarse basalt fiber feeder 3 ensures continuous uniform feeding of fibers to the moving mortar layer.

The productivity of the fiber feeder is regulated by a gate with a manual screw drive and the speed of the conveyor and is 0.08...0.7 kg/s.

Conveyor 4 is designed to supply a layer of solution with distributed and fixed fibers to the first mixing vibroextruder. The conveyor has a drive with adjustable speed of the 0.65 m wide conveyor belt from 0.05 to 1.5 m/s.

The final mixing of the fibers with the mortar and the formation of the required profile is carried out in the forming vibratory extruder 6.

The self-propelled chassis is designed to accommodate the installation units and move the wind turbine along the railroad track. The self-propelled chassis is a welded portal with a travel drive. The upper frame of the portal has a platform for wind turbine maintenance and placement of the plant units. The travel drive provides a working speed of $(4...25) \cdot 10^{-3}$ m/s with stepless regulation and transport movement of the plant with a constant speed of 0.42 m/s.

УДК 661.833.321

MODERNISATION OF THE 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 utility model discloses a reverse osmosis membrane element, and relates to the technical field of filtering devices.*

KEY WORDS: *REVERSE OSMOSIS MEMBRANE ELEMENT, FILTERING, MEMBRANE APPARATUS.*

МОДЕРНІЗАЦІЯ МЕМБРАННОГО АПАРАТУ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

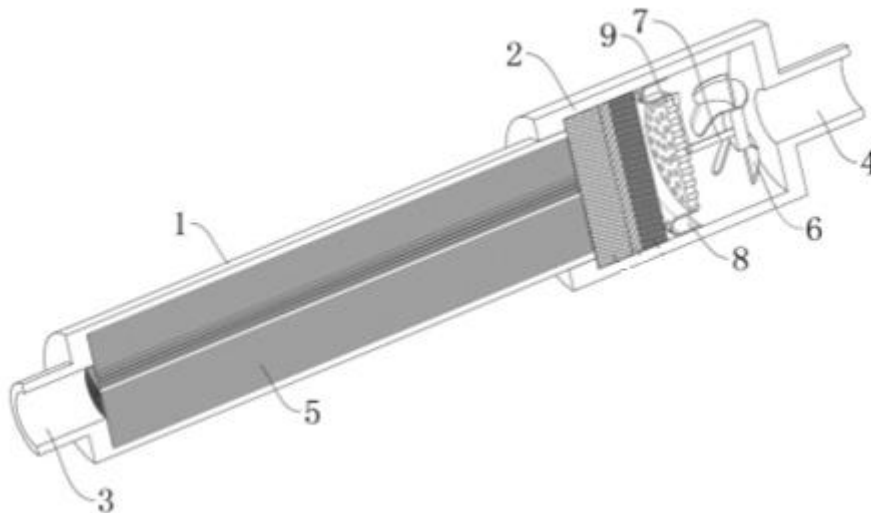
АНОТАЦІЯ: *Корисна модель розкриває зворотньоосмотичний мембранний елемент і відноситься до галузі техніки фільтруючих пристроїв.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *ЗВОРОТНЬООСМОТИЧНИЙ МЕМБРАННИЙ ЕЛЕМЕНТ, ФІЛЬТРУВАННЯ, МЕМБРАННИЙ АПАРАТ.*

Reverse osmosis membrane element, a serial communication port, including first casing (1), first casing (1) input fixed mounting and intercommunication have second casing (2), first casing (1) output fixed mounting and intercommunication have outlet pipe (3), second casing (2) input fixed mounting and intercommunication have inlet tube (4), install reverse osmosis piece (5) in first casing (1), dwang (7) are installed in second casing (2) rotation, dwang (7) the position with inlet tube (4) assorted, second casing (2) internal fixed mounting has impurity to collect shell (8), impurity is collected the center department fixed mounting of shell (8) and is had

filter (9), be equipped with first filtration pore on impurity collection shell (8), be equipped with second filtration pore on filter (9) and rotate on filter (9) and install rotation push away piece, rotation push away on rotation push piece fixed mounting has dwang (7), dwang (7) and paddle (6) fixed connection.

Membrane apparatus is shown in Figure 1.



1 – first casing; 2 – second casing; 3 – outlet pipe; 4 – inlet tube; 5 – reverse osmosis piece; 6 – paddle; 7 – dwang; 8 – impurity collection shell; 9 – filter

Figure 1 - Membrane apparatus

This design is suitable as a prototype for modernization.

References:

1. Patent № CN 221557769 U. Reverse osmosis membrane element. HAITAI MINGCHUANG BEIJING TECHNOLOGY CO LTD. Pub. Date: August 20, 24.

УДК 661.965

**MODERNIZATION OF A HYDROGEN PRODUCTION PLANT BY
APPLYING A BIMETALLIC CATALYST**

student Danikhno R.M.; associate professor, Ph.D. Novokhat O.A.

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract: The significance of hydrogen production is discussed, the advantages of different types of catalytic are presented.

KEY WORDS: STEAM GAS REFORMING, CATALYTIC SURFACE, COPPER, PALLADIUM.

In the near future, the world economy should switch to the mass use of hydrogen as an energy carrier and raw materials for industry [1].

There are several reasons for this:

- Hydrogen does not release greenhouse gases when burned, making it safe for the climate.
- Hydrogen is the most abundant chemical element, with numerous sources and technologies for its production.
- Hydrogen provides three times more energy per unit weight than hydrocarbons.
- It can be accumulated, stored and transported over long distances both in its pure form and in the form of ammonia.
- Hydrogen has the potential for wide application in metallurgy and the chemical industry, in particular, in the production of nitrogen fertilizers.

However, for its mass commercial use, a number of technical challenges need to be overcome, including the environmental consequences of modern hydrogen production methods and the high costs of obtaining environmentally clean hydrogen.

Currently, one of the most common methods of hydrogen production is the steam conversion of natural gas or methanol. The technological scheme is presented in Fig. 1 [2].

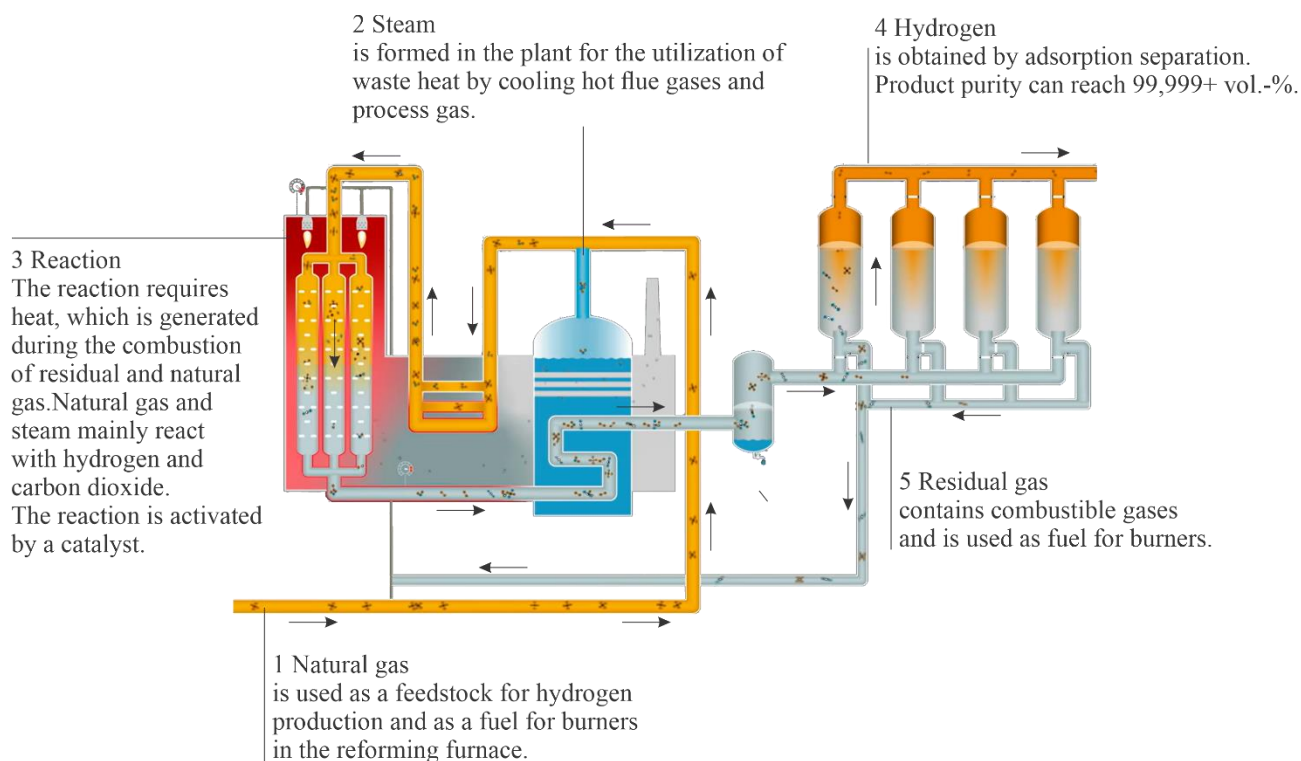
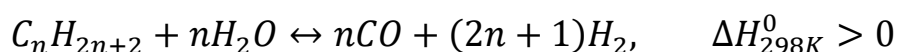


Figure 1 – Technological scheme of hydrogen production by the method of steam conversion

Catalyst deactivation by coking and the presence of sulfur in the feedstock can reduce hydrogen production in steam conversion processes. Large-scale research is being conducted in this field to develop more stable and cheaper catalysts [3].

The main reactions of steam conversion of natural gas are:



Copper-based catalysts show high catalytic efficiency even at low temperatures (about 250 °C), but they are easy to deactivate. On the other hand, palladium-based catalysts are very stable but exhibit low steam conversion selectivity, producing high

concentrations of CO as a byproduct [4].

In the Laboratory of Engineering, Environment, Biotechnology and Energy of the University of Porto, bimetallic catalysts to which copper is added as a promoter to increase the selectivity of the steam conversion of gas to palladium have been investigated.

Both methanol conversion and steam conversion selectivity were higher for the CuPd-rich surface catalyst compared to the Pd-rich surface catalyst (see Fig. 2).

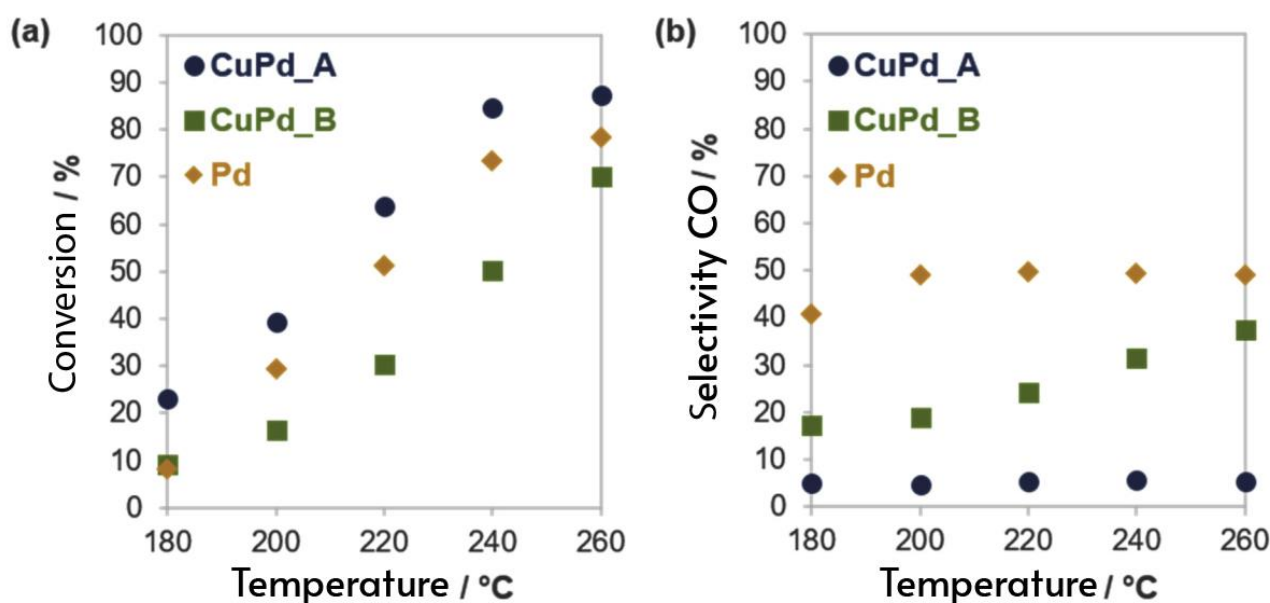


Figure 2 - (a) Methanol conversion (%) and (b) CO selectivity (%) as a function of temperature for CuPd and Pd catalysts..

The results obtained here suggest that the synthesis conditions play a significant role in the degree of interaction between the metal ions and the base, which is enhanced when Pd is initially infiltrated. This inclusion sequence promotes uniform distribution of Cu and Pd on the support surface, resulting in finer CuPd particles that are well mixed. On the other hand, when Cu is loaded first, more isolated clusters of Cu and Pd are formed, leading to poor interaction. In this way, two different catalytic surfaces were obtained, which indicates different characteristics of steam conversion. Due to the synergistic effect between Cu and Pd,

the electronegativity of Pd was adjusted, leading to different interactions with the reaction intermediates and thus extremely low CO selectivity.

The results of the experiments well illustrate the influence of the synthesis conditions on the catalytic and physicochemical properties, as well as how the correct choice of the former can lead to the development of highly efficient steam conversion catalysts.

The considered type of hydrogen production is relevant for today. However, there are also other types, the improvement of process technology of which is also relevant.

Перелік посилань:

1. Novikov V. Hydrogen production in Ukraine: economic and technological problems. Business censor. 08/21/2023.

URL: <https://biz.censor.net/m3438680>

2. Hydrogen Generation by Steam Reforming. *Mahler AGS*. URL: <https://www.mahler-ags.com/plants/hydrogen-plant-c/>

3. Subramani V., Basile A., Veziroglu T. Compendium of Hydrogen Energy Volume 1: Hydrogen Production and Purification, *Cambridge*, UK, 2015.

4. Azenha C., Lagarteira T. Production of hydrogen from methanol steam reforming using CuPd/ZrO₂ catalysts — Influence of the catalytic surface on methanol conversion and CO selectivity. *International Journal of Hydrogen Energy*. Volume 46, Issue 33, 13 May 2021, Pages 17490-17499

URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.04.040>

УДК 66.06

**CFD-АНАЛІЗ ТЕЧІЇ РІДИНИ В ЦИЛІНДРИЧНІЙ МОДЕЛІ КАНАЛУ
МЕМБРАННОГО МОДУЛЯ ЗІ СПЕЙСЕРОМ**

Гулієнко С.В., Ясеньчук В. В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: У даних тезах розглядається важливість та можливості використання CFD-аналізу в сучасних дослідженнях мембран. Розповідається про створення моделі циліндричного каналу зі спейсером, перші результати, які були отримані при моделюванні в програмному забезпеченні OpenFOAM та подальші наші кроки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: CFD МОДЕЛЮВАННЯ, СПЕЙСЕР, FREECAD, МЕМБРАНИ, OPENFOAM, КРИВИЗНА КАНАЛІВ.

Abstract: These theses consider the importance and possibilities of using CFD analysis in modern membrane research. It tells about the creation of a model of a cylindrical channel with a spacer, the first results that were obtained during modeling in the OpenFOAM software, and our next steps

KEY WORDS: CFD MODELING, SPACER, FREECAD, MEMBRANES, OPENFOAM, CHANNEL CURVATURE.

CFD (Computational Fluid Dynamics) моделювання має величезне значення для аналізу та оптимізації проектних розробок на ранніх стадіях, що сприяє зниженню їх вартості. Все це допомагає проектним організаціям скоротити цикл розробки, що складається у виготовленні зразків-прототипів, їх випробувань, а також виключити дорогий процес доопрацювання виробів.[1]

В мембранних процесах CFD моделювання дозволяє точно визначити поведінку рідини, оцінити розподіл тиску, швидкість потоку, та інші гідродинамічні параметри. Завдяки CFD можна легко визначити оптимальну

форму і розмір каналів і спейсерів, що в свою чергу сильно полегшує та здешевлює процес проектування. Це критично важливо, оскільки неправильна геометрія спейсера може підвищувати гідравлічний опір і знижувати ефективність процесу. Це робить їх важливим об'єктом дослідження, особливо при моделюванні гідравлічного опору та ефективності мембранних систем. [2]

Більшість досліджуваних моделей є плоскими, тоді як промислові модулі є рулонними, тому за мету роботи ми ставили перевірити вплив кривизни каналів та спейсера на гідродинаміку процесу. На цьому етапі ми зайнялися створенням моделі циліндричного каналу зі спейсером (рисунок 1), використовуючи програму FreeCad.

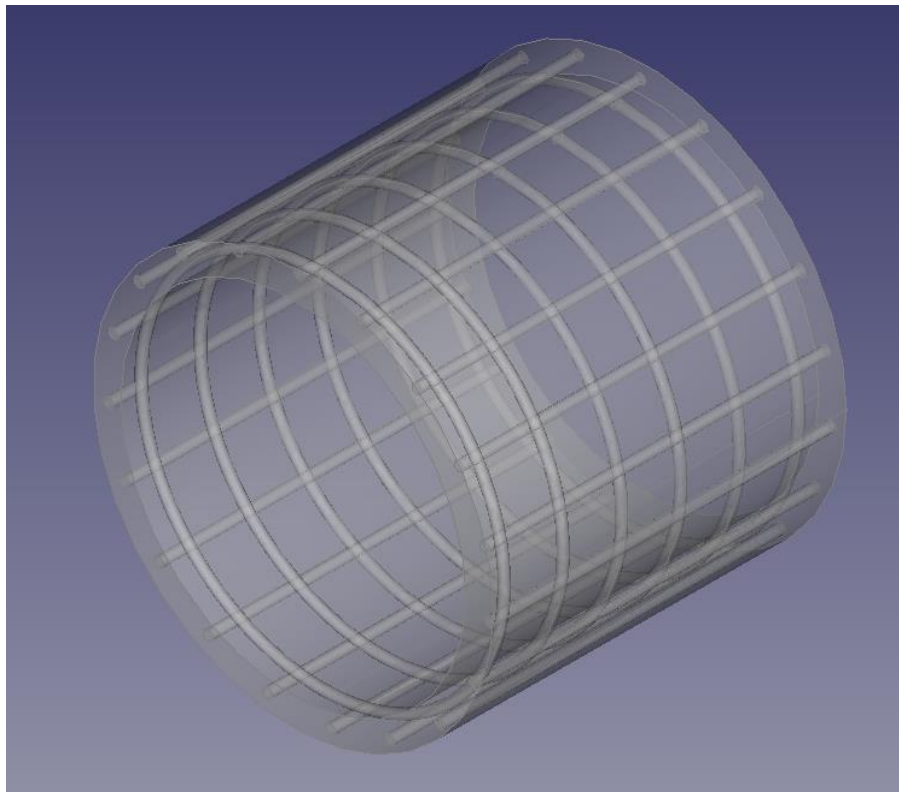


Рисунок 1 – Модель каналу мембранного модуля зі спейсером

Результати показують, що змоделювати течію в таких каналах можливо з використанням програмного забезпечення OpenFOAM (Open-source Field Operation and Manipulation). На рисунку 2 показано, що нам вдалося отримати поле швидкостей в в циліндричній моделі мембранного каналу зі спейсером..

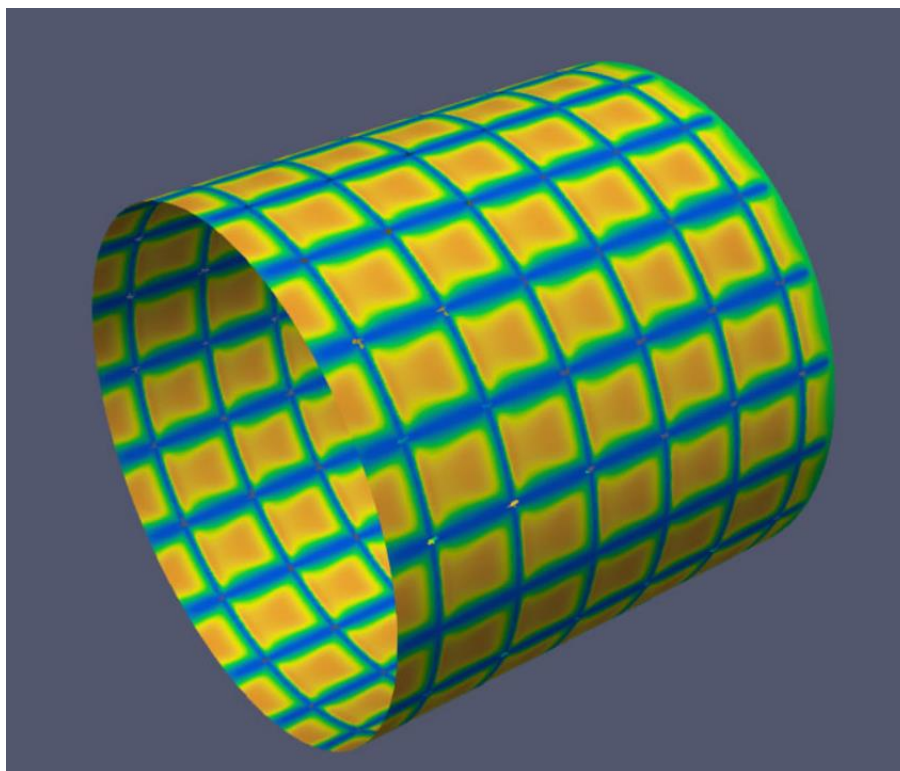


Рисунок 2 – Поле швидкостей в циліндричній моделі мембранного каналу зі спейсером (циліндрична поверхня проходить через середину спейсра)

Такі результати показують, що змоделювати течію в каналах зі спейсером за допомогою OpenFOAM можливо і це відкриває перспективи для дослідження методом CFD течій в циліндричних та кривих каналах зі спейсером, та встановити вплив кривизни на гідродинаміку в каналі.

Перелік посилань:

1. CFD-модельовання процесів теплообміну і гідродинаміки засобами програмного комплексу : монографія / О. В. Баранюк, М. В. Воробйов, А. Ю. Рачинський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – 164 с.
2. Evaluation of the Influence of the Channel Curvature on the Flow Characteristics in the Channel of Spiral Wound Membrane Modules Using CFDOF Serhii Hulienko(B) , Yaroslav Korniyenko , and Vitalii Yasenchuk //Information Technology for Education, Science, and Technics Proceedings of ITEST 2024, Volume 1

УДК 661.832.321

**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: У роботі розглядаються різні конструкції випарних апаратів, аналізуються їх технічні характеристики, переваги та недоліки.

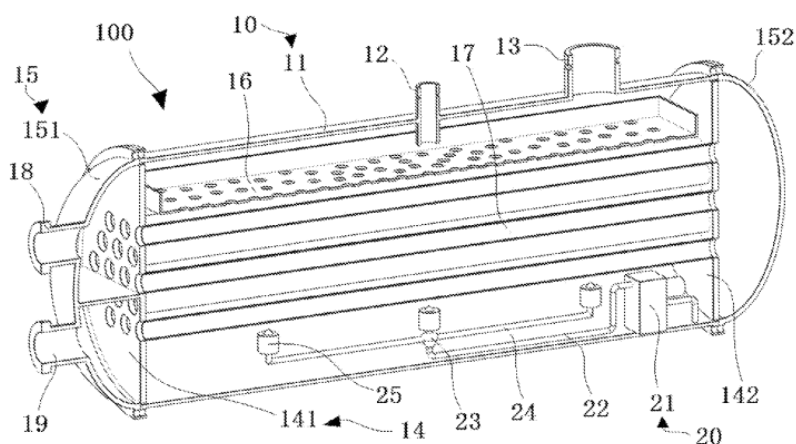
КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВИПАРНИЙ АПАРАТ, СЕПАРАТОР, КАМЕРА ВИПАРОВУВАННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ВИРОБНИЦТВО.

Abstract: *The article considers various designs of evaporators, analyses their technical characteristics, advantages and disadvantages.*

KEY WORDS: EVAPORATOR, SEPARATOR, EVAPORATION CHAMBER, ENERGY EFFICIENCY, PRODUCTION.

The production of potassium chloride is an important process in the chemical industry, requiring efficient methods of concentrating and separating the product from solution. One of the key elements of this process is evaporators, which ensure that the solution is converted from a liquid state to a more concentrated state by evaporation. In modern industry, various types of evaporators are used, which differ in design and principle of operation [1].

The patent [2] describes a horizontal falling film evaporator equipped with a compensation device using ultrasonic atomisation. The apparatus is shown in Fig. 1, it consists of a horizontal cylindrical body, inside which there are tubes for the passage of the coolant, which ensures the heating of the evaporated solution. The main feature is an ultrasonic atomisation device, which is located on the top of the housing and is designed to spray the liquid evenly onto the surface of the evaporation tubes. This contributes to the uniform distribution of the liquid film, prevents its accumulation and improves the heat transfer process.



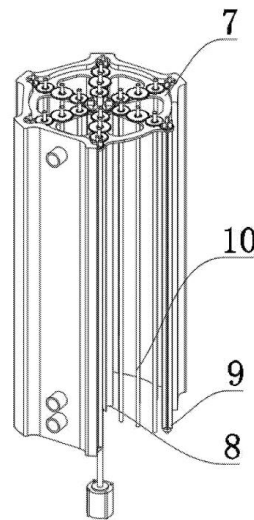
100 - horizontal evaporator, 10 - evaporation device, 11 - housing, 12 - inlet, 13 - outlet, 14 - tube grid, 141 - front tube plate, 142 - rear tube plate, 15 - head, 151 - front head, 152 - rear head, 16 - liquid distributor, 17 - heat exchange tube bundle, 18 - coolant inlet, 19 - coolant outlet, 20 - ultrasonic spray compensation device, 21 - micropump, 22 - liquid collection tube, 23 - liquid dosing head, 24 - distribution tube, 25 - ultrasonic spray nozzle.

Figure 1 – Schematic of a horizontal evaporator [2]

Although this device ensures uniform evaporation due to ultrasonic atomisation, its disadvantages include the high design complexity and the need for additional power consumption to operate the ultrasonic device. Furthermore, ultrasonic components require regular maintenance and can fail due to exposure to aggressive liquids or high temperatures. In some cases, uneven spraying of the liquid is possible when the properties of the starting solution change, which can reduce the

process efficiency.

The patent [3] describes an evaporator (Fig. 2, of the 'tube in a shell' type, the main components of which are an outer shell that acts as a condenser and a set of light-transmitting heat exchange tubes located inside the shell. These tubes allow light to pass through them, which helps to reduce the sediment on their inner surface. In addition, the evaporator is equipped with liquid inlet and outlet connections and a vapour extraction system.



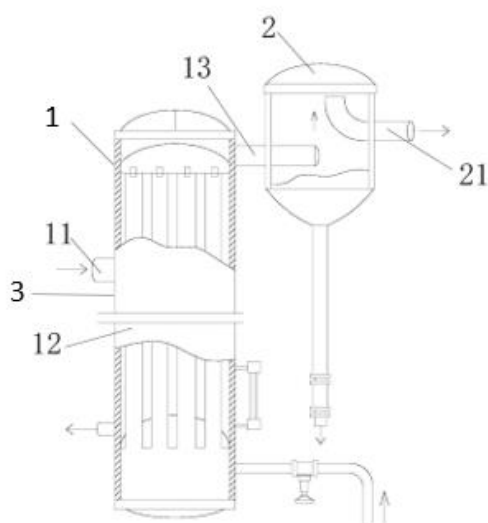
7 - scraper, 8 - blades, 9 - auxiliary blades, 10 - transmission tubes.

Figure 2 – Schematic of the evaporator [3]

This design improves heat transfer due to the transparent tubes, but its use is limited due to the sensitivity of the tubes to chemically aggressive environments. Light-transmitting tubes can be more fragile and susceptible to corrosion, which leads to a reduction in the life of the device. In addition, such tubes can be sensitive to mechanical damage during installation or operation. The light transmission properties of the tubes can decrease over time due to the formation of sediment on their surface, which requires frequent cleaning, which means additional maintenance costs.

The patent [4] describes an evaporator (Fig. 3) for workshop use with an energy-saving effect. This apparatus includes a housing made of heat-insulating materials to minimise heat loss. Inside the casing are heat exchange tubes through which the coolant circulates. The evaporator is also equipped with a separator to

separate the vapour from the liquid and a circulation system to ensure that the liquid is evenly distributed over the heat exchange surface.



1 - body, 2 - separator, 3 - heat-insulating sleeve, 11 - inlet pipe, 12 - evaporation chamber, 13 - steam outlet pipe, 21 - secondary steam outlet pipe.

Figure 3 – Schematic of the evaporator [4]

Despite its energy efficiency advantages, the main disadvantage of this design is its dependence on stable operating conditions. The device can lose its energy-saving properties if conditions change, such as temperature changes or system pressure. In addition, the thermal insulation of the case needs to be carefully monitored and maintained, as if the insulation layer is damaged or worn, the device begins to lose heat, which reduces its overall efficiency. An additional disadvantage is the possible increase in design complexity, which increases production and installation costs.

The analysis of evaporator designs shows the importance of selecting technologies that provide a balance between energy efficiency, reliability and ease of operation. The use of ultrasonic devices can improve evaporation uniformity, but requires additional maintenance costs. Light-transmitting tubes reduce the likelihood of sedimentation, but have a limited service life in aggressive environments. Thermal insulation devices reduce heat loss but require careful monitoring of operating

conditions. Thus, the modernisation of evaporation plants should include a combination of modern technologies to achieve maximum efficiency in potash production.

Перелік посилань:

1. Don W. Green, Robert H. Perry, James O. Maloney (1997) Perry's chemical engineers' handbook. – 2641 P.

2. Patent №. CN 118416505 A. Horizontal falling film evaporator with ultrasonic atomization compensation device. UNIV OF SHANGHAI FOR SCIENCE & TECHNOLOGY. Pub. Date: August 02, 2024.

3. Patent №. CN 118384516 A. Shell and tube type light tube evaporator. XUZHOU YINGLIANG INTELLIGENT TECH CO LTD. Pub. Date: July 26, 2024.

4. Patent №. CN 221385213 U. Workshop evaporator with energy-saving effect. SUZHOU KESHENGTONG NEW MATERIAL TECH CO LTD. Pub. Date: July 23, 2024.

UDC 631.8

**SIMULATION OF COMBINED CAPTURE OF SOLID PARTICLES
AND WATER VAPOR**

graduate student Andriy Dmytruk. V., Ph.D., associate professor Stepaniuk A. R.
**National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic
Institute"**

ANNOTATION. *The process of simultaneous capture of solid water-soluble dust and water vapor in a modernized cyclone apparatus is considered. Stimulation experiment of capturing solid water-soluble dust and water vapor was carried out.*

KEY WORDS:CYCLONE, CAPTURE, DUST. WATER VAPOR, MODELING, SIMULATION EXPERIMENT.

**МОДЕЛЮВАННЯ СУМІСНОГО ВЛОВЛЮВАННЯ ТВЕРДИХ
ЧАСТИНОК І ПАРІВ ВОДИ**

аспірант Дмитрук Андрій. В., к.т.н.. доцент Степанюк А. Р.

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

АНОТАЦІЯ. Розглянуто процес сумісного вловлювання в модернізованому циклонному апараті твердого водорозчинного пилу та водяної пари. Проведено стимуляційний експеримент вловлювання твердого водорозчинного пилу та водяної пари.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИКЛОН, ВЛОВЛЮВАННЯ, ПИЛ. ВОДЯНЯ ПАРА, МОДЕЛЮВАННЯ, СИМУЛЯЦІЙНОЇ ЕКСПЕРИМЕНТ.

Solution problems of providing the population with food leads to increased demand for agricultural products, therefore it is important to create modern complex fertilizers. however, during the granulation process, up to 10% of solids emissions and water vapor, which was the solvent, are generated. Traditionally, dust collectors

of the wet type are used, which are able to effectively separate small particles in the range from 0.3 to 1.0 microns. But they have a number of disadvantages [1-2].

The purpose of the work modeling of the device for simultaneous capture of solid and vapor emissions. It is suggested to use a cyclone device for catching [1-4].

The physical model of trapping solid particles is shown in Figure 1.

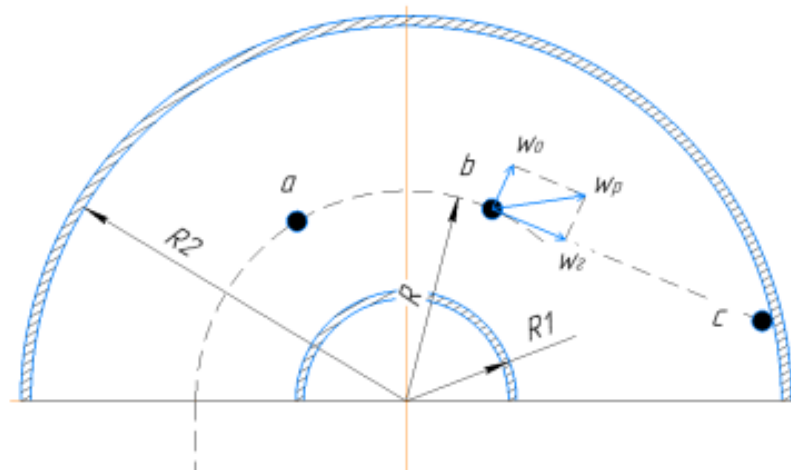


Figure 1 -Scheme of deposition of solid particles

The centrifugal force acting on a particle directly depends on its mass and, as a result, on its size. That is, the smaller the particle, the less centrifugal force acts on it. At certain sizes, the centrifugal force may not be sufficient for their capture, such particles will not settle and will be removed from the apparatus.

It is suggested to use irrigation to catch such particles, cool and condense water vapor. That is, the supply of water to the walls of the cyclone, which leads to the formation of a water film. Water vapor will condense on the surface of this film, creating an additional area that can trap particles.

The introduction of water irrigation creates favorable conditions for the capture of solid particles and will reduce the formation of secondary emissions (Figure 2 and Figure 3).

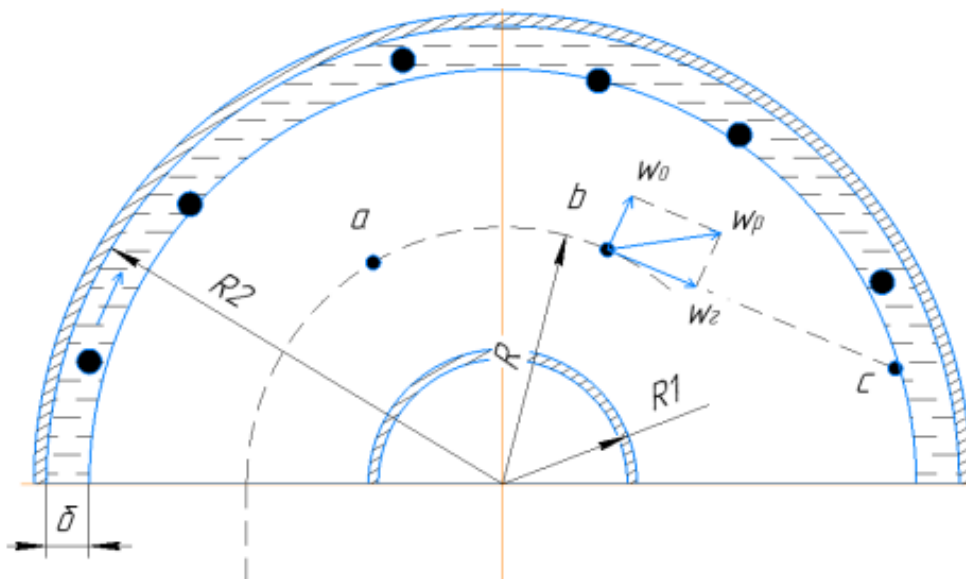


Figure 2 – Scheme of deposition in a horizontal section

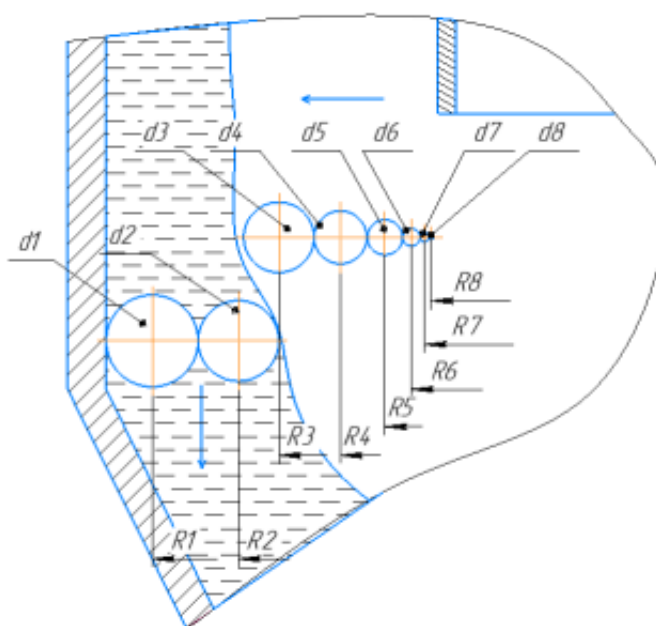


Figure 3 – Scheme of deposition in a vertical section

In addition, for additional cooling, it is suggested to make the body of the device with an outer shell, where the cooling water will be supplied. Physical model of the process shown in Figure 4.

The picture shows:

δ_4 – the thickness of the shell body,

δ_3 – the thickness of the cooling chamber,

δ_2 – the thickness of the cyclone body,

δ_1 – the thickness of the irrigation melt and condensed steam,

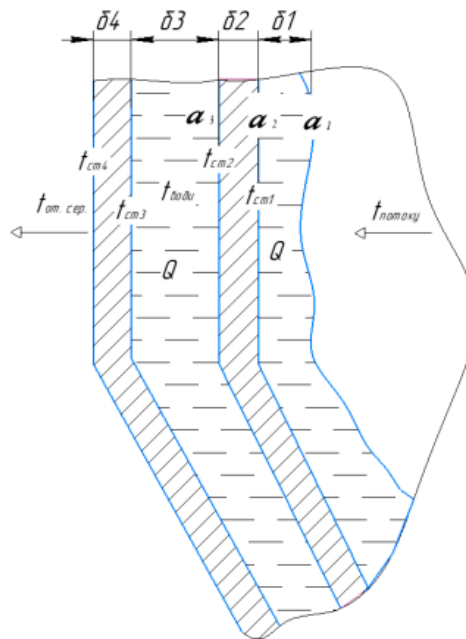


Figure 4 – Scheme of cooling and condensation in a cyclone

For condensation to catch water vapor, it is necessary to cool the walls of the cyclone and the air flow to the temperature of the dew point. After that, a layer of suspension consisting of condensed water and dust will form on the surface of the wall.

The SolidWorks system was used for the simulation experiment. The results are shown in Figures 5 and 6. According to the results of the simulation experiment, the value of the heat transfer coefficient was obtained with a water supply speed of 2 m/s and 3 m/s.

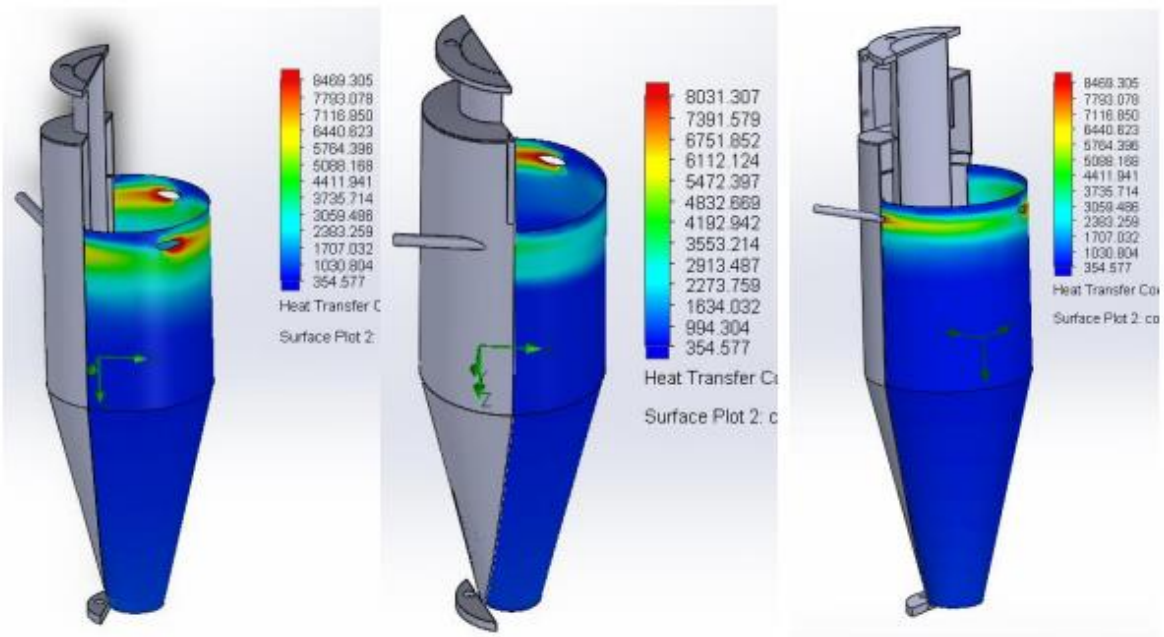


Figure 5 - The heat transfer coefficient was determined with a water supply speed of 2 m/s and: a – 3 nozzles with a diameter of 8 mm; b – 2 nozzles with a diameter of 8 mm; c – 3 nozzles with a diameter of 6 mm

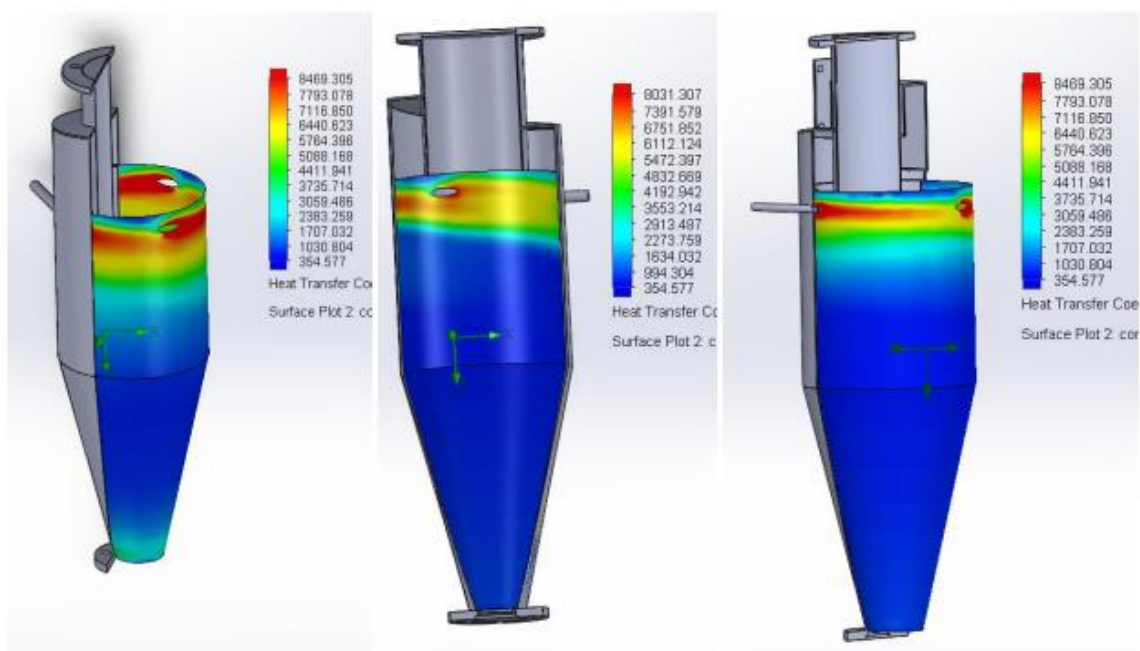


Figure 6 - The heat transfer coefficient was determined with a water supply speed of 3 m/s and: a – 3 nozzles with a diameter of 8 mm; b – 2 nozzles with a diameter of 8 mm; c – 3 nozzles with a diameter of 6 mm

As a result, it was established that an increase in the water supply rate contributes to an increase in the efficiency of heat transfer, which, in turn, improves the process of condensation of water vapor and the formation of a film on the walls of the cyclone.

List of links.

1. Stepaniuk, A. R., Kornienko, Y. M., & Dmytruk, A. V. (2024). Separation of multicomponent gas mixtures. Bulletin of NTUU "KPI named after Igor Sikorskyi". Series: Chemical engineering, ecology and resource conservation, (3), 39–49. <https://doi.org/10.20535/2617-9741.3.2024.312418>

2. Andriy Dmytruk, Andriy Stepaniuk / SIMULATION OF CYCLONES FOR CAPTURE OF HIGHLY DISPERSED PARTICLES AND WATER VAPOR Andriy Dmytruk, Andriy Stepaniuk Collection of Abstracts of Reports of the XXVI International Scientific and Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists "Resource-Energy-Saving Technologies and Equipment" (May 16, 2024 Kyiv) / Compiled by Y.M. Kornienko. - K.: "KPI named after Igor Sikorsky", 2024. - 198 p.

3. Jun-Ho Jia, Jungho Hwang, Gwi-Nam Bae. Particle charging and agglomeration in DC and AC electric fields. Volume 61, 2004, Pages 57–68.

4. Junchao Xu, Yan Yu, Yanshan Yin. Heterogeneous condensation coupled with partial gas circulation

УДК 66.047

INFLUENCE OF THE PROTECTIVE ENVIRONMENT ON THE KINETIC CHARACTERISTICS OF PHYTOHORMONE DRYING

PhD Pereiaslavitseva O.O., leading engineer Protsenko E.M

Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine Kyiv, Ukraine

***Abstract:** The paper presents the results of studies of the kinetics of dehydration of single drops of biosuspension of phytohormone of plant growth. An analysis of the effect of various components of the protective medium on the change in the nature of the kinetic curves and the intensity of moisture transfer in the evaporative and drying stages is presented. The rational composition of the component of the protective medium and the range of air temperatures at the entrance to the drying chamber were determined for further research of the spray drying process in production conditions.*

***Анотація:** В роботі представлено результати досліджень кінетики зневоднення поодиноких крапель біосупензії фітогормону росту рослин. Наведено аналіз впливу різних компонентів захисного середовища на зміну характеру кінетичних кривих та інтенсивність вологовіддачі у випарній та сушільних стадіях. Визначено раціональний склад компоненту захисного середовища та діапазон температур повітря на вході в сушільну камеру для подальшого дослідження процесу розпилювального сушіння в виробничих умовах.*

KEY WORDS: PHYTOHORMONE, SPRAY DRYING, DEHYDRATION KINETICS, PROTECTIVE ENVIRONMENT.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ФІТОГОРМОН, РОЗПИЛЮВАЛЬНЕ СУШІННЯ, КІНЕТИКА ЗНЕВОДНЕННЯ, ЗАХИСНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.

Phytohormone biosuspension for stimulating the growth of agricultural plants under investigation includes cultures of 4 strains: *Pseudomonas stutzeri*; *Pseudomonas mendocina*; *Pseudomonas alkaligenes*, *Azomonas species*. Given that the quality indicator for such a preparation is not the number of viable cells, but the content of a number of the main active components of cells and their quantity that contribute to the active growth of plants, the possibility of obtaining its dry form by the method of dehydration spraying is being considered. Since the studied bacterial preparation is a complex, high-moisture, multicomponent system, the study of the kinetics of its dehydration is one of the important stages in the complex of studies of the spray drying process.

The Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine has created experimental stands for studying the kinetics of the thermal dehydration process in order to identify the degree of influence of the internal heat-moisture transfer processes in a single drop (particle) on the intensity and duration of dehydration [1]. In addition, the stands allow you to simulate the processes taking place in the chamber of the spraying installation. During the research, the change in drop temperature during dehydration in a high-temperature environment was studied; the number of periods of dehydration, their duration and nature of the course were determined; the size and weight of the drop at critical points and at the end of the drying process were determined, which allows to evaluate the intensity of heat and moisture transfer processes, as well as to judge the density of the dry particle itself; the behavior of the product was visually studied for certain periods. An analysis of the influence of the components of the protective medium on the change in the nature of the kinetic curves and the intensity of moisture transfer in the evaporative and drying stages was carried out. Finely dispersed chalk and urea recommended by the developers of the drug were tested as such components, which were introduced in a mass ratio of 1:1 to biomass. It was determined that the introduction of components of the protective medium with different physicochemical properties contributes to the change in the structure of the drop crust, which affects the intensity of dehydration, as

well as the absence or presence of the boiling period and its duration. This makes it possible to choose the optimal composition of the protective environment from the proposed components. Thus, studies of the kinetic regularities of the process of drying a phytohormone biosuspension with various protective components showed the advantage of using finely dispersed chalk, which was further confirmed by experimental studies of the spray dehydration process on a spray installation.

In addition, the obtained results make it possible to determine the range of air temperatures at the entrance to the drying chamber for further research into the process of spray drying of bacterial preparations in production conditions in order to establish optimal drying modes.

LITERATURE:

1. Распылительная сушка. Теплофизические основы. Методы интенсификации и энергосбережения / А.А. Долинский, К.Д. Малецкая .-т.1.- Академперіодика.- 2011.-376 с.

UDC 661.715.3

JUSTIFICATION OF THE SELECTION OF THE DESIGN OF THE DRYER FOR THE INSTALLATION OF THE PRODUCTION OF BARIUM CHLORIDE BY THE CHLORCALCIUM METHOD

Student Furman A.V., associate professor, Ph.D. Hulienko S.V.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract: The drying process is considered, and the choice of the device is substantiated with a comparison with analogues

KEY WORDS: BARIUM CHLORIDE, DRYER, MOISTURE-PROOF

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ СУШАРКИ ДЛЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ХЛОРИСТОГО БАРІЮ ХЛОРКАЛЬЦІЄВИМ МЕТОДОМ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто процес сушіння, та обґрунтовано вибір апарату з порівнянням з аналогами

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ХЛОРИД БАРІЮ, СУШАРКА, ВОЛОГОВМІСТ

Барабанна сушарка є ключовим, та фінальним компонентом у технологічному процесі виробництва хлориду барію, забезпечуючи ефективно видалення залишкової вологи з продукту. Для досягнення високої якості кінцевого продукту важливо контролювати рівень вологовмісту, і саме барабанна сушарка сприяє цьому, забезпечуючи рівномірне та швидке сушіння.[1]

Завдяки своїй конструкції, що дозволяє постійне перемішування матеріалу всередині барабана, сушарка створює оптимальні умови для сушіння,

що сприяє підвищенню продуктивності процесу та покращенню характеристик готового продукту.

Розуміючи що сушіння це фінальний процес виробництва хлориду барію, потрібно використовувати найкращий варіант для зменшення вологовмісту у матеріалі. Для цього був проведений дослід різних сушарок та їхньої ефективності в даній технологічній схемі виробництва хлориду барію (рис.1).

Порівняння сушильних апаратів

Основні технологічні показники	Конвективна сушарка	Інфрачервона сушарка	Кондуктивна сушарка	Барабанна сушарка
Продуктивність	3	2	3	5
Рівномірність сушіння	4	3	4	5
Енергоефективність	3	4	3	4
Складність обслуговування	3	4	3	4
Можливість масштабування	3	2	3	5

На основі цього порівняння можна зробити наступні висновки:

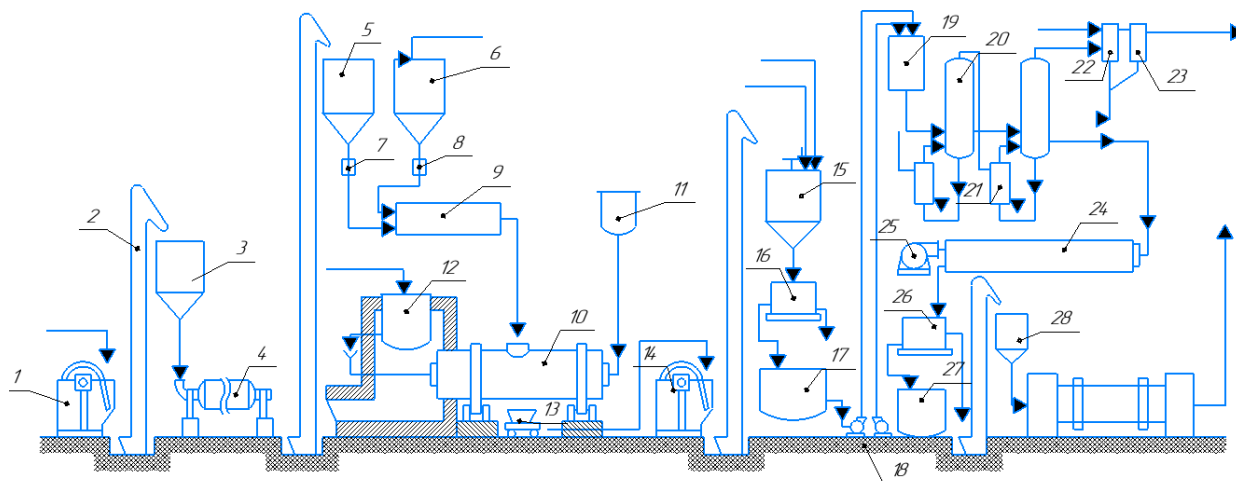
1. Конвективна сушарка має середній рівень продуктивності та забезпечує достатню рівномірність сушіння, однак її енергоефективність дещо нижча через непрямий характер передачі тепла.

2. Інфрачервона сушарка добре підходить для швидкого сушіння на невеликих обсягах продукту завдяки високій ефективності інфрачервоного випромінювання. Однак вона менш придатна для промислових масштабів через складність обслуговування та високу вартість.

3. Кондуктивна сушарка забезпечує достатню рівномірність та енергоефективність, але є обмеженою за масштабами через особливості

конструкції, що ускладнює її обслуговування.

4. Барабанна сушарка є найоптимальнішим варіантом для виробництва хлориду барію. Вона має найвищу продуктивність та забезпечує високу рівномірність сушіння, оскільки продукт постійно перемішується всередині барабана. Крім того, барабанні сушарки прості в обслуговуванні та легко масштабуються для великих обсягів виробництва.[2]



1 - щоква 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 - щоква дробарка для плава; 15 - вилуговувач плава; 16 - центрифуга для відділення шлама; 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 хлоркальцевим

методом[3]

Є доцільним обрати саме апарат з обертовим механізмом як барабанна сушарка. Її висока продуктивність, рівномірне сушіння та масштабованість дозволяють задовольнити вимоги промислового виробництва. Барабанна сушарка також знижує витрати на енергію та забезпечує якість кінцевого продукту.

References

1. Perry's Chemical engineers' handbook. (2019). New York :McGraw-Hill
2. Towler G., Sinnott R. (2022). Chemical Engineering Design. Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design. Oxford: Butterworth-Heinemann
3. Furman A.V. Modernization of the barium chloride production facility with the development of a drum dryer and a heat exchanger/ Furman A.V. Hulienko S.V. // Збірник тез доповідей XXXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів" 16 травня 2023 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2024. – с. 199

UDC 621.928.3

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF CAPTURE OF SOLID PARTICLES IN CYCLONE SEPARATORS OF DIFFERENT DESIGNS

graduate student Maksym Dyshkant, Ph.D., Assoc. Andrii Stepaniuk

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: This work analyzes the efficiency of trapping solid particles in cyclone separators of various designs. The purpose, subject, and object of the research are defined in this work

KEY WORDS: CYCLONE SEPARATORS, CAPTURE EFFICIENCY, GAS PURIFICATION, CYCLONE DESIGN, FLOW VELOCITY, PROCESS OPTIMIZATION

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ УЛОВЛЮВАННЯ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК В ЦИКЛОННИХ АПАРАТАХ РІЗНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

аспірант Дишкант М.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

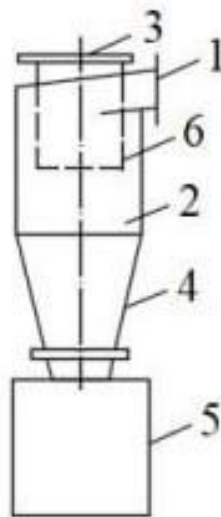
АНОТАЦІЯ: *В даній роботі аналізується ефективність уловлювання твердих частинок у циклонних апаратах різної конструкції. Сформульовано мета роботи, предмет та об'єкт досліджень*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИКЛОННІ АПАРАТИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ УЛОВЛЮВАННЯ, ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ, КОНСТРУКЦІЯ ЦИКЛОНУ, ШВИДКІСТЬ ПОТОКУ, ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ

Cyclones are used to clean gases from solid particles, which is important for reducing air pollution and improving environmental quality. The efficiency of particle capture depends on many factors, including the design of cyclones, the rate of gas flow, as well as the physical properties of the particles themselves. Analysis of the

efficiency of solid particle capture in cyclone separators is an important task in the field of ecology and industrial safety. [1].

The design of the cyclone (Figure 1) includes an inlet pipe (1) through which dusty air is supplied to the cylindrical body (2) in which solid particles are captured. Next, the air enters the conical part (4). Where the dedusted flow returns and enters the outlet nozzle (6). The dusty air entering through the inlet nozzle starts a rotary-transitional motion in the space between the housing and the outlet nozzle. Dust particles move to the inner surface of the housing, then rotate around the axis and move down to the outlet in the hopper (5). The cleaned air is discharged through the nozzle (3).



1 – inlet pipe; 2 – cylindrical body; 3 – fitting for the removal of purified gas; 4 – conical body; 5 – bunker; 6 – outlet pipe for purified gas;

Figure 1 – Scheme of the SRI of Gas cyclone of the "CN" type

One of the key aspects affecting the capture efficiency is the hydrodynamics of the process. A change in the gas flow rate can significantly affect the efficiency of trapping solid particles [2]. A high flow rate can lead to insufficient time for the particles to settle and a secondary entrainment effect, while too low a flow rate can reduce the overall performance of the cyclone apparatus. Thus, the balance between flow rate and capture efficiency is critical for optimal results.

To increase efficiency, multi-stage cyclone separators are used to demonstrate

higher cleaning efficiency compared to single-stage ones [3]. This is due to the fact that multi-stage systems allow more detailed processing of gas flows, which leads to better capture of particles of different sizes.

Also important are the physical characteristics of solid particles, such as their size, shape, and density. For example, smaller particles may be more difficult to capture due to their ability to remain suspended in the gas stream [2]. At the same time, particles with a higher density have a higher probability of settling, which can be used to improve the design of cyclones. Modeling the trajectory of particle movement in cyclone separators allows for a better understanding of these processes and to improve designs to achieve greater efficiency [4].

An important aspect is also the influence of external factors, such as temperature and humidity, on the efficiency of trapping. An increase in humidity can reduce the efficiency of capture due to the formation of agglomerates from particles, which complicates their sedimentation [5]. This emphasizes the need to take into account the operating conditions of cyclone separators when designing and using them.

The aim of the work is to increase the efficiency of trapping solid particles in the cyclone device by studying the influence of various process parameters and conditions and developing recommendations for their optimization.

The object of research is the process of removing solid particles from a gaseous medium.

The subject of the research is the efficiency of trapping solid particles in cyclone separators and the influence of various parameters, such as device geometry, gas flow rate, and physical properties of particles on cleaning results.

Analysis of the efficiency of trapping solid particles in cyclone separators of various designs indicates the importance of an integrated approach to the design and operation of these systems. Taking into account design features, hydrodynamics, physical characteristics of particles and external conditions are critically important for achieving high gas purification efficiency. Further research in this area could lead to

significant improvements in treatment technologies, which in turn would help reduce environmental pollution and improve air quality.

References:

1. A. Lyasheniuk, Yu. Lyuty, L. Tysovskiy, Yu. Dadak, "Theory and practice of using cyclones at woodworking enterprises", Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine, vol. 29, No. 10, p. 97-103, 2019.

2. V. Ryzhov, "Improvement of the calculation method of cyclone dust collectors", Technological audit and production reserves, vol. 4, No. 3(48), p. 20-25, 2019.

3. V. Aftanyuk, "Development of an integrated scrubber project for ship power plants", Ship Power Plants, vol. 45, No. 1, p. 103-108, 2022.

4. V. Shcherbina, "Modeling of the separation process in cyclone separators", Bulletin of NTUU "KPI" Series: Chemical engineering, ecology and resource conservation, vol. 0, No. 1, p. 40-51, 2019.

5. Lee et al., "Effect of Particle Moisture on Separation Efficiency for an Axial Cyclone Separator," *Advanced Powder Technology*, vol. 30, No. 4, p. 724-731, 2019.

СЕКЦІЯ 2

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

UDC 676

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF COLORED CARDBOARD

Master's Student Serhii Diachuk, Assoc. Prof. Vita Halysk

¹ – Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,

² – O.O. Chuiko Institute of Surface Chemistry of NASU

ABSTRACT: *This paper presents technical measures to ensure energy efficiency in the production of colored cardboard. The dependence of steam consumption in the drying section on the initial dryness of the cardboard sheet is shown.*

KEY WORDS: CARDBOARD, DRYING, STEAM

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ КАРТОНУ ЗАБАРВЛЕНОГО

Магістрант Сергій Дячук, доцент Віта Галиш

¹ – КПІ ім. Ігоря Сікорського,

² – Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка, НАНУ

АНОТАЦІЯ: *У даній роботі представлено заходи технічного характеру для забезпечення енергоефективності виробництва картону забарвленого. Показана залежність витрат пари у сушильній частині від початкової сухості картонного листа.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КАРТОН, СУШІННЯ, ПАРА

Energy efficiency in cardboard production is a crucial aspect of the manufacturing process that has significant implications for both environmental sustainability and economic viability. Cardboard production, which involves energy-intensive processes such as pulping, drying, and sheet formation, accounts for a substantial share of energy consumption within the pulp and paper industry [1, 2]. The reliance on non-renewable energy sources contributes to high operational costs and a notable carbon footprint, raising concerns about environmental impacts,

including greenhouse gas emissions [3]. The energy required for cardboard production primarily comes from non-renewable sources, leading to fluctuating costs that can challenge manufacturers.

Consequently, the industry's need to improve energy efficiency has become increasingly critical amid rising energy prices and growing regulatory pressures to adopt sustainable practices. The cardboard industry is notable for its ongoing efforts to implement innovative technologies and strategies aimed at reducing energy consumption. Recent advancements in manufacturing processes, such as enhanced drying techniques and the integration of renewable energy sources, have demonstrated potential for significant energy savings and reduced environmental impacts.

The purpose of the work is to improve the technology for manufacturing colored cardboard by modernizing the press part in order to reduce energy consumption for drying the cardboard sheet.

The multi-nip press configuration, designated as TRI-NIP, represents one of the viable arrangements of press rolls within the press apparatus (Fig. 1).

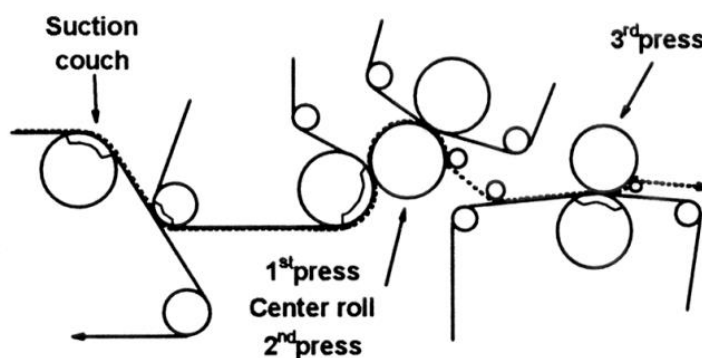


Figure 1 - possible TRI-NIP press design.

The TRI-NIP comprises a compact assembly of four press rolls, which collectively generate three distinct nips. This arrangement is particularly advantageous for the design of the press section that incorporates a shoe-press

module at the location of the third nip. Serving as the central roll between the first and second nips, a three-chamber suction roll is employed, which features two chambers operating under high vacuum conditions to facilitate the extraction of moisture from the felt at the nip interface and an additional chamber operating under low vacuum to enable the transfer of the paper sheet from the first nip to the second nip. In the role of the central press roll for the second and third nips, a smooth press roll devoid of felt is strategically positioned. This roll is engineered to accommodate two nips with a linear load capacity of up to 1200 kN/m. The smooth surface of the roll promotes efficient transfer of the paper from the second nip to the third nip. A synergistic combination of a shoe-press module and a stationary press roll is implemented at the third nip position, allowing for the application of a greater linear load in the broader nip, thus enhancing the dewatering process of the paper.

The use of such press parts in combination with other presses allows to increase the dryness of the cardboard sheet from 45 to 53%, which will reduce the consumption of steam for drying in the drying part and thus ensure energy savings for steam generation. In summary, energy efficiency in cardboard production is a critical component of the industry's efforts to balance economic performance with environmental responsibility.

References:

1. Batouta, K. I., Aouhassi, S., & Mansouri, K. (2024). Energy saving potential in steam systems: A techno-economic analysis of a recycling pulp and paper mill industry in Morocco. *Scientific African*, 26, e02375.
 2. Hubbe, M. A. (2021). Energy efficiency challenges in pulp and paper manufacturing: A tutorial review. *BioResources*, 16(4), 8567.
- Kong, L., Hasanbeigi, A., & Price, L. (2016). Assessment of emerging energy-efficiency technologies for the pulp and paper industry: a technical review. *Journal of Cleaner Production*, 122, 5-28.

УДК 628.1

IMPACT OF POLYVINYL ALCOHOL USAGE ON THE QUALITY OF FILTERING MATERIAL

Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor Iryna TREMBUS,

Ph.D. Student Anna HAPONIUK

Modern industrial development is increasingly focused on the implementation of sustainable technologies that consider environmental, social, and economic aspects. One of the key challenges is replacing traditional synthetic materials in membrane production, which are often toxic and difficult to dispose of, with environmentally friendly alternatives. The use of biopolymers, such as cellulose and polyvinyl alcohol (PVA), opens up new opportunities for creating filtering materials to replace conventional synthetic ones [1-3].

Cellulose, as one of the most widespread biopolymers, plays a vital role in the development of environmentally friendly filtering materials. Its renewability, biodegradability, and modifiability make it an indispensable component in membrane production. The interaction between cellulose and PVA enables the creation of composites with enhanced mechanical and sorption properties, which is crucial for addressing environmental challenges and ensuring high efficiency in filtration processes [2].

The production of cellulose from renewable resources, such as Miscanthus, is a key component of sustainable development aimed at reducing dependence on traditional raw material sources. Miscanthus stands out for its high productivity, minimal maintenance requirements, and ability to grow on marginal soils, making it an economically and environmentally advantageous raw material.

Delignification processes, particularly organosolv or oxidative methods, enable the production of cellulose with a high α -cellulose content and a stable structure [4]. The integration of polyvinyl alcohol with the obtained cellulose facilitates the creation of materials with enhanced mechanical and sorption properties.

Oxidative-organosolv cellulose from miscanthus was obtained using acetic acid, hydrogen peroxide, and citric acid as a catalyst, ensuring efficient removal of lignin and hemicelluloses. This approach allows for the production of cellulose with superior physicochemical properties, meeting the requirements of sustainable technologies [4]. The cellulose was refined to 94 ± 2 °SR and modified with an amination mixture at a temperature of 40 °C for 60 minutes. After obtaining the modified fiber, prior to forming the filtering material on the sheet-forming apparatus LA-2, PVA was added to the fibrous suspension in quantities ranging from 10 to 40% of the absolutely dry fiber mass.

The obtained samples of the filtering material were tested in a non-flow cell using a model solution of sodium humate with a concentration of 100 mg/dm³. The initial coloration intensity ranged from 1642 to 1688 degrees.

The research results determined the membrane's selectivity for coloration removal and its productivity (Figs. 1-2).

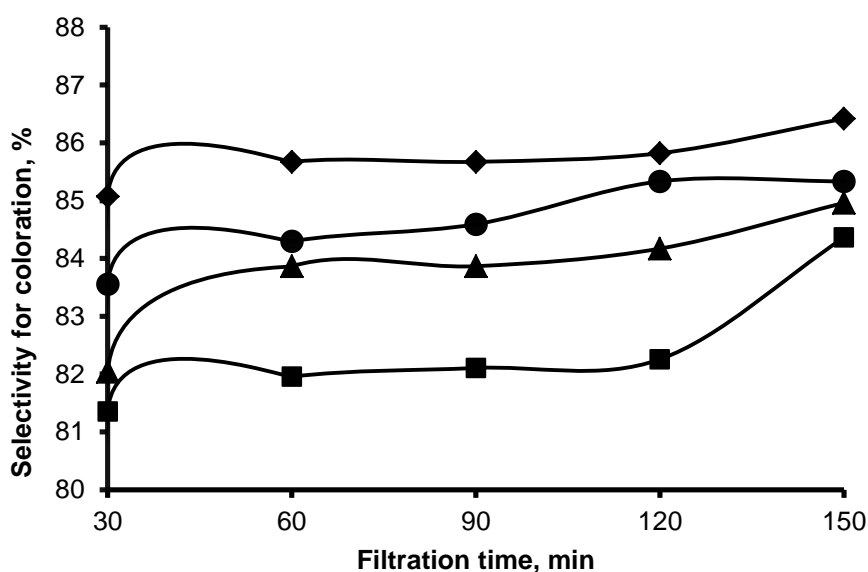


Figure 1 – Dependence of PVA dosage on the removal selectivity for coloration of the filtering material: ■ – 10%, ◆ – 20%, ▲ – 30%, ● – 40%.

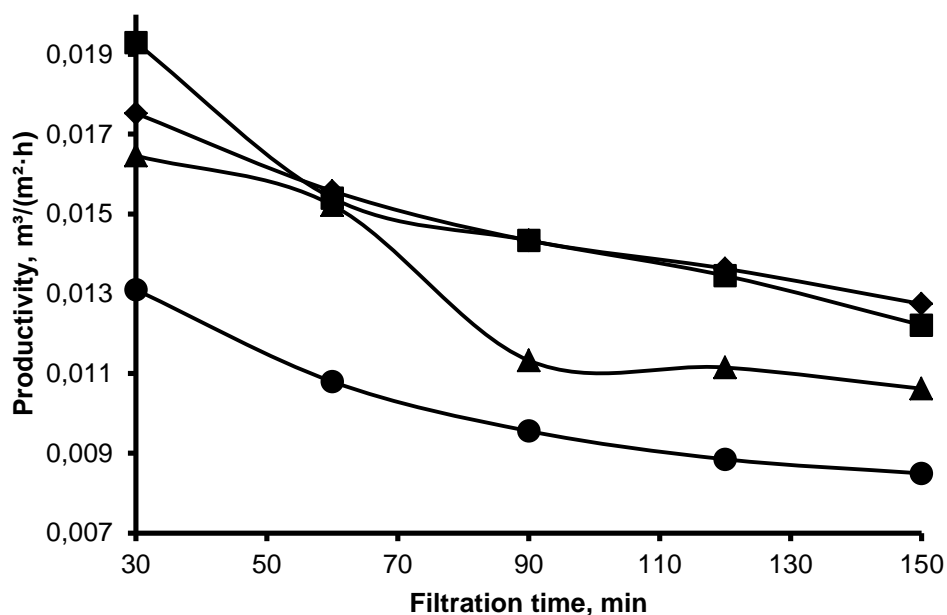


Figure 2 – Dependence of PVA dosage on the productivity of the filtering material: ■ – 10%, ◆ – 20%, ▲ – 30%, ● – 40%.

The use of PVA in the production of filtering material enhances its sorption and mechanical properties. Optimal selectivity for color removal and productivity are achieved with a PVA dosage of 20% of the absolutely dry fiber mass, ensuring filtration efficiency and mechanical stability of the material.

REFERENCES

1. Rame, Purwanto, Sudarno, Industry 5.0 and sustainability: An overview of emerging trends and challenges for a green future, Innovation and Green Development, Volume 3, Issue 4, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.igd.2024.100173>
2. Trembus I.V., Mykhailenko N.V, Hondovska A.S. Membranes on modified cellulose fibers a review. Vcheni Zapysky TNU imeni V. I. Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni Nauky. Tom 34 (73) Vypusk 2, 2023. s. 40-45.
3. V. Vatanpour, O.O. Teber, M. Mehrabi, I. Koyuncu. Polyvinyl alcohol-based separation membranes: a comprehensive review on fabrication techniques, applications and future prospective. Materials Today Chemistry, Volume 28, 2023,

<https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2023.101381>

4. Трембус І. В., Михайленко Н. В., Гондовська А. С. Спосіб отримання окисно-органосольвентної целюлози. № 155049 зареєстровано в Державному реєстрі України корисних моделей 10.01.2024.

UDC 676.062.014.362

METHODS FOR DETERMINING ARTIFICIAL AGING OF CELLULOSE FIBERS

V. Tsykalova, master, R. Cherepkina, Assoc. Prof.,
National Technical University of Ukraine
"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract

The methods for determining the artificial aging of cellulose fibers are considered. The main approaches, including ISO, TAPPI, and ASTM standards, are analyzed.

Анотація

Розглянуто методики визначення штучного старіння целюлозних волокон. Проаналізовано основні підходи, зокрема стандарти ISO, TAPPI та ASTM.

Cellulose is a material of high industrial importance, with applications in various fields, including industry, medicine, cosmetology, agriculture, and especially paper-based products. Depending on consumer properties, certain types of paper and cardboard require durability and longevity.

The International Organization for Standardization (ISO) established a standard in 1993 (ISO 9706 – Information and Documentation – Paper for Documents – Requirements for Permanence [1]).

The terms permanence and durability have been used differently. Permanence often refers to maintaining strength and colour during aging, while durability refers to retaining mechanical properties during use.

Cellulose, which constitutes the majority of paper products, is stable enough to last hundreds of years. However, it is susceptible to acid hydrolysis, which results in its degradation. Over time, chemical and physical changes occur depending on the

composition of the cellulose fibres, processing conditions, and environmental factors. These changes decrease the degree of cellulose polymerization, mechanical strength, and optical properties. This process of irreversible changes in the fibres is known as the aging of cellulose and paper.

Natural or artificial aging methods are employed to study the changes that occur in fibres over time. Natural aging of cellulose occurs slowly, as under environmental conditions, it can take years or even decades to produce statistically significant changes. On the other hand, artificial aging is achieved through exposure to aggressive environments, such as polluted atmospheres, elevated temperatures, humidity, or light. These tests are essential for evaluating the resistance of paper and cellulose to pollution, thermal impact, and light, which are critical factors in paper deterioration [2].

The aim of the work is to analyze the methods of accelerated aging of cellulose fibers.

The method of overcoming the problem of harmful effects is to use aggressive environments to which paper and cellulose samples are exposed.

The earliest and most common approach involves exposure to elevated temperatures, known as thermally accelerated aging. The temperature range for thermally accelerated aging starts at ambient levels and can reach up to 105°C. Experimental setups range from dry ovens to moist ovens and sealed containers.

The ASTM D6819-02e3 standard is an American testing method for the accelerated thermal aging of printing and writing paper using a dry oven apparatus [3]. This method assesses the relative stability of mechanical strength over time for various paper types under normal conditions, assuming proper use. However, it does not provide specific estimates of the expected lifespan of the paper.

Aging is performed in sealed glass tubes by exposing them to an oven temperature of 105±2 °C. Sealed glass containers are recommended to keep decomposition products in contact with the paper, better simulating natural aging conditions in closed books. Following this method, Polish researchers analyzed the

physical and chemical characteristics of six samples that underwent natural aging for 27 years and artificial aging for three days at 105 ± 2 °C. High temperature and humidity were used to accelerate aging. However, kinetic studies in closed and open systems, measuring the degree of polymerization and breaking length, revealed no statistically significant differences in degradation rates [4].

The TAPPI T-453 standard, Effect of Dry Heat on the Properties of Paper and Board [5], regulates methods for determining changes in paper's physical and chemical characteristics under the influence of dry heat in controlled conditions. Initially developed for writing paper, this method can also be applied to other paper types. Samples are conditioned under standard conditions (23 °C and 50 % relative humidity) for at least 24 hours before being exposed to a temperature of 105 °C in a drying chamber. Depending on the experimental goal, temperatures may vary from 150 °C to lower values. After one hour, samples are cooled and tested for physical-mechanical properties. Before and after aging, physical-mechanical properties (breaking strength, tear resistance, number of double folds), optical properties (whiteness, yellowness), and chemical properties (pH, alkali solubility) can be compared.

The ISO 5630-3:1996 standard method for Moist Heat Aging [6] involves exposing samples to 80 °C and 65 % relative humidity, accelerating chemical processes such as hydrolysis and oxidation that typically occur over many years. Samples are placed in an accelerated aging chamber in a way that prevents contact, ensuring uniform exposure to heat and humidity. The study duration usually spans 24, 48, or 72 hours, depending on the experiment's purpose. After aging, samples are assessed for changes in physical-chemical properties such as mechanical strength (breaking or tensile strength), optical properties (whiteness, yellowness), and acidity (pH).

Conclusions:

Research into accelerated paper aging methods demonstrates that various standards, such as ASTM, TAPPI, and ISO, allow the modelling of the effects of

temperature, humidity, and pollutants on the longevity of paper materials. These methods accurately assess changes in physical-chemical properties, helping predict the lifespan of documents and archival materials.

References:

1. The ANSI/NISO Z39.48 Standard and Other Standards/
<https://cool.culturalheritage.org/byorg/abbey/napp/std.html>
2. Arnold, R. B. (2003). "ASTM's paper aging research program," <http://cool-palimpsest.stanford.edu/byauth/arnold/astm-aging-research/> (accessed 06 Dec 2010).
3. Standard Test Method for Accelerated Temperature Aging of Printing and Writing Paper by Dry Oven Exposure Apparatus <https://www.astm.org/d6819-02e03.html>
4. Sawoszczuk, T, Baranski, A, Lagan, J. M., Lojewski, T., and Zieba, K. (2008). "On the use of ASTM closed vessel tests in accelerated aging research," *Journal of Cultural Heritage* 9(4), 401-411.
5. Effect of dry heat on properties of paper and board
<https://www.tappi.org/content/tag/sarg/t453.pdf>
6. ISO 5630-3:1996 – Paper and board – Accelerated ageing – Part 3: Moist heat treatment at 80 degrees C and 65% relative humidity

УДК 556.5

**THE IMPACT OF SEASONAL FLUCTUATIONS ON THE
HYDROCHEMICAL COMPOSITION OF WATER BODIES IN THE CITY
OF KYIV**

M.Sc. student, Yeroshov O.¹, Ph.D., Head of Department Koliabina I.²,

D.Sc., Khokhotva O.¹., Ph.D., Tech. Sc. Yaroshenko K.²

¹National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic
Institute",

²Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Ukraine

***Abstract.** The study examines the hydrochemical state of urban water bodies, evaluating the impact of seasonal fluctuations to identify risks to the city's environmental situation. Special attention was given to the development of a program to optimize the cleaning of underground rivers from heavy metals and to practical recommendations for effective measures to reduce emissions and pollution of water bodies.*

***Анотація.** У дослідженні вивчається гідрохімічний стан водних об'єктів міста Києва, з оцінкою впливу сезонних коливань для визначення ризиків екологічної ситуації міста. Особлива увага приділялась розробці програми з оптимізації очищення підземних річок від важких металів та практичним рекомендаціям щодо ефективних заходів зменшення викидів та забруднення водою.*

KEYWORDS: WATER BODIES, MONITORING, WATER POLLUTION, HYDROCHEMICAL COMPOSITION, SEASONAL FLUCTUATIONS.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВОДНІ ОБ'ЄКТИ, МОНІТОРИНГ, ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЮ, ГІДРОХІМІЧНИЙ СКЛАД, СЕЗОННІ КОЛИВАННЯ.

Water resources are one of the primary natural components that sustain ecosystems and human life. However, due to intensive urbanization, industrial

activities, insufficient monitoring of pollutant emissions, and inefficient purification methods, water bodies of Kyiv suffer from pollution, which has negative consequences for both ecosystems and human health.

In 2020, pollution of surface water bodies of Ukraine with oil products from wastewater reached significant levels. Based on the data obtained, the area of the water surface covered by a thin oil film could exceed 200 mln m². Such a film hinders gas exchange, causing oxygen deficiency in water bodies, which leads to fish mortality [1].

It is necessary to have a multi-level water supply system that is as resilient as possible to any emergencies, including wartime. Such a system should include the following elements: in case of centralized water supply systems – at least two water supply sources (one of which must be groundwater); a backup power supply system; a highly protected water intake and treatment system [2].

Where necessary, provisions should be made for water quality improvement systems. For local drinking water supply: pumping stations (water kiosks) with maximum protection for equipment and people waiting in line for water; an autonomous backup power system for pumps to duplicate central power; and, if required, water quality improvement tools [2].

The waters of the Cenomanian-Kellaway complex are of higher quality than those of the Bajocian horizon. For both aquifer systems, waters whose cation composition is largely determined by ion exchange are of better quality. Ion exchange processes can be regulated to some extent by managing water extraction from wells, which can also help regulate water quality. Another way to regulate water quality is by mixing water from the two horizons during water preparation. This approach can balance the drawbacks of each horizon's water while ensuring the constant operation of wells, thereby maintaining relatively stable physical and chemical processes within them [3].

Seasonal sampling was conducted at key water bodies in Kyiv, including the Syrets, Orikhuvatka, and Lybid Rivers, as well as lakes such as Yordanske,

Andriivske, Ptashyne, Opechen, Kyrylivske, Nyzhniy Telbin, and Verkhne Vyhurivske.

Observations of water bodies of Kyiv during the spring and autumn seasons revealed noticeable changes reflecting the influence of air temperature, seasonal phenomena, and natural processes on water ecosystems. In spring, as air temperature began to rise after winter, tadpoles appeared in the water bodies, signaling active recovery of aquatic fauna. Tadpoles, as an intermediate stage in amphibian development, indicate the stability of aquatic ecosystems.

Conversely, in autumn, when air temperatures began to drop again, intensified water blooming was observed. This process was associated with the proliferation of microscopic algae, particularly cyanobacteria, which reached peak activity before the temperature dropped to critical winter levels. Water blooming was accompanied by an unpleasant odor caused by the decomposition of organic matter and the release of volatile compounds, such as hydrogen sulfide.

In water bodies such as Opechen and Kyrylivske Lakes, Na^+ and K^+ concentrations remained stable during spring and autumn, indicating a relatively low impact of seasonal changes or anthropogenic factors. This stability is likely due to their location, hydrological characteristics, or limited exposure to urban runoff.

In contrast, lakes such as Opechen, Yordanske, and Andriivske showed nearly double the levels of Ca^{2+} in autumn, attributed to water evaporation during the summer, leading to the concentration of dissolved substances. A particularly significant increase in calcium concentrations was observed in the Lybid and Syrets Rivers, where autumn values greatly exceeded spring levels. This increase indicates heightened anthropogenic pressure, including the influx of runoff from nearby areas, leaching of minerals from soils, and the use of fertilizers.

A rise in chloride concentrations was recorded in all studied water bodies during the autumn season, with significant changes noted in the Syrets and Orikhuvatka Rivers. The calcium content in drinking water should not exceed 350 mg/m^3 , yet, according to the study, its concentration reached as high as

1898.6 mg/m³ in the Orikhuvatka River – far exceeding the standard. This river originates from a collector beneath a highway, and the sharp increase in chloride concentration is linked to rainwater runoff containing chlorides from road reagents.

In lakes, nitrate concentrations were significantly higher in spring but declined substantially or fell below the detection threshold in autumn. The reduction in NO₃⁻ concentrations in autumn indicates a natural decrease in organic residues after the summer period of active blooming and their gradual decomposition.

Based on the balance assessment of the main anions and cations, stable water bodies include Opechen and Kyrylivske Lakes, which demonstrate equilibrium in cation and anion content, indicating relatively stable hydrochemical conditions and minimal external impact.

Overall, seasonal observations confirmed that spring and autumn are critical periods for the ecological state of water bodies of Kyiv. Spring is characterized by increased biological activity and water volume, while autumn highlights issues of eutrophication and pollution concentration.

REFERENCES

1. Хохотва, О., Іваненко, О., & Терещенко, О. (2023) Розробка новітніх ресурсоефективних підходів до вирішення проблеми очистки нафтовмістних стічних вод. Каталіз та нафтохімія, №34, 92-101. DOI: <https://doi.org/10.15407/kataliz2023.34.092>
2. Shestopalov, V., Rudenko, Y., Koliabina, I., Stetsenko, B., & Yaroshenko, K. (2024). Groundwater for urban water supply in Ukraine: a case study of Mykolaiv (Military challenges and lessons for the future). *Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater*, 13(3), 79-89. DOI: <https://doi.org/10.7343/as-2024-772>
3. Колябіна, І., Шестопапов, В., & Кастельцева, Н. (2021). Механізми формування хімічного складу питних підземних вод київського родовища (на прикладі водозабору «оболонь»). *Геологічний журнал*, (2), 24-46. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.2.230063>

UDC 676

RESOURCE SAVING IN THE PRODUCTION OF PAPER AND CARDBOARD FROM WASTE PAPER

PhD Student Yevhenii Mukalo, Assoc. Prof. Vita Halysch

¹ – Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,

² – O.O. Chuiko Institute of Surface Chemistry of NASU

ABSTRACT: *This paper proposes measures to ensure resource saving on paper-based paper products. The need to ensure sustainable development of the domestic paper industry is substantiated.*

KEY WORDS: CARDBOARD, PAPER, WASTE PAPER, RESOURCE CONSERVATION

РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ПАПЕРУ ТА КАРТОНУ З МАКУЛАТУРИ

Аспірант Євгеній Мукало, доцент Віта Галиш

¹ – КПІ ім. Ігоря Сікорського,

² – Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка, НАНУ

АНОТАЦІЯ: *У даній роботі запропоновано заходи щодо забезпечення ресурсозбереження на паперових баффриках. Обґрунтована необхідність забезпечення сталого розвитку вітчизняної паперової промисловості.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КАРТОН, ПАПІР, МАКУЛАТУРА, РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

In Ukraine, recent years have witnessed enhancements in the processes related to the production of paper and cardboard, driven by economic and environmental constraints, specifically due to the insufficiency of domestic manufacturing of primary fibrous semi-finished products [1, 2]. These advancements have primarily focused on augmenting the proportion of recycled paper utilization, which consequently results in considerable contamination of production wastewater

and an increased demand for processed natural water within technological operations. Moreover, the issue pertaining to the generation of substantial quantities of fibrous-inorganic waste resulting from water treatment, manifesting as hydrophilic sediments with elevated moisture content, is becoming increasingly pressing. The potential for repurposing fiber extracted during local wastewater treatment processes is constrained by the stringent quality standards imposed on the final product. The challenges associated with effectively treating industrial wastewater generated from paper production, in order to eliminate contaminants during the initial stages of local treatment and to produce water amenable to reuse throughout various phases of the technological process, alongside the difficulties in processing secondary waste from water treatment, persist unresolved. Consequently, it is imperative to devise pertinent strategies aimed at facilitating the sustainable development of the industry.

The purpose of the work is to propose ways of developing the industry, taking into account the achievements of chemical technology and engineering. This can be achieved by combining innovative methods of obtaining cardboard sheets with the use of highly effective sizing agents and the use of effective water purification technologies for the reuse of purified water in technological processes. Considering that waste paper is a polydisperse material containing fibers of various sizes and various chemical substances of organic and inorganic nature, it is obvious that some of these substances enter wastewater during the formation of a cardboard sheet. By settling such wastewater, a fibrous-inorganic sludge is formed, the characteristics of which are presented in Table 1 in comparison with waste paper.

The quantity of sludge generated is contingent upon the specific production process, potentially attaining volumes of 80-100 dm³ (with a moisture content ranging from 95-99%) for every 1 m³ of wastewater processed. Generally, the management of sludge disposal constitutes a significant and multifaceted challenge. It is feasible to reintegrate a portion of the sludge into the production cycle, utilizing it in the formulation of paper and cardboard in quantities not exceeding 10%, as surpassing this threshold adversely affects the mechanical properties of the final

product and the quality of the effluent water. High content of short fibers in the paper composition degrades both production performance and product quality. This is primarily due to the retention of mass on the paper machine wire and the fine fiber washes in the forming section of the cardboard making machine.

Table 1 - Fractional composition of waste paper pulp and sludge from wastewater settling

Fraction, mm	The proportion of fiber fraction in the material, %	
	Waste paper pulp	Sludg
0,20-0,60	65,3	73,1
0,61-1,20	25,4	24,7
1,2-2,00	7,7	2,14
2,00-3,00	1,5	0,1
3,00-7,00	0,1	0,0

The advancement of both the domestic and international pulp and paper sectors must occur in alignment with the principle of sustainable production. In this context, several primary strategic directions have been delineated: minimizing the consumption of freshwater; augmenting the proportion of recycled fibers; exploring alternative sources of fibrous materials; mitigating greenhouse gas emissions; promotion clean production methodologies.

References:

1. Halysh, V., Trus, I., Radovenchyk, I., Shabliy, T., Ivanchenko, A., Nikolaichuk, A., & Gomelya, N. (2022). Application of paper mill sludge and additional chemical substances in the production of container cardboard. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(6 (119)), 22-29.
2. Ostapenko, A. A., Gomelya, M. D., Movchaniuk, O. M., & Halysh, V. V. (2024). DETERMINATION OF THE AZETIDE GROUPS RELATIVE CONTENT IN THE COMPOSITION OF AMPHOTERIC POLYMER RESINS. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 2024, (3), 122–129

УДК 676.252

SUSTAINABLE TETRA PAK RECYCLED CELLULOSE

Master Martseniuk Nataliia, master Oliferuk Ivanna;

Senior Lecturer Ostapenko Alina

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

The utilization of natural resources, including fossil fuels, water, and plant biomass, is linked to their depletion and the generation of substantial quantities of environmentally hazardous waste [1]. The implementation of more stringent environmental regulations has compelled producers to prioritize the enhancement of their technological processes and the expansion of rational waste disposal practices. This approach is driven by the dual objectives of energy conservation and environmental preservation [2].

Paper or cardboard laminated with plastic film and/or aluminum foil serves as the primary raw material for the production of packaging for liquid and paste-like food products, including Tetra Pak bags of various shapes and capacities. The waste resulting from the production of sacks and used sacks represents a significant volume of recyclable material. This waste is classified as Group G, grade MS-12G [3]. The value of this raw material lies in its ability to be transformed into fiber, polyethylene, or polyethylene-aluminum sinter. The global annual volume of such raw materials is in the millions of tons.

However, the difficulty of adequately separating cellulose fibres from plastic film and aluminium foil, coupled with the lack of effective technologies for selective separation of components, has resulted in the continued underutilisation of MS-12G waste paper resources. The relevance and potential for recycling MS-12G waste paper lies in its capacity to facilitate the environmentally beneficial removal of large-tonnage waste materials belonging to hazard class 4, which exhibit a natural decay period exceeding 400 years [4].

The Tetra Pak packaging base for the production of bags is characterised by a multilayer structure. The alternating layers of polyethylene, cardboard, and aluminum foil provide the structure with the requisite frame strength and absolute barrier to the influence of unwanted environmental factors. Furthermore, the MS-12G waste paper, in its commercial form, is a mixture of deformed and contaminated used bags or scraps from die-cutting bags (clean waste) of varying degrees.

The specific characteristics of Tetra Pak packaging, including its appearance and structure, influence the recycling process for this type of waste paper. The material is highly durable and water-impermeable, which presents unique challenges during the dissolution stage. To facilitate the penetration of water into the cardboard and subsequent separation of fibers, an intense mechanical component is essential.

The primary component of Tetra Pak that presents an interesting source of high-quality fiber is the layer of cotton. The distinctive characteristics of this component can be summarized as follows [4]:

- a) The cellulose in the carton is derived exclusively from primary sources (cellulose, semi-cellulose, and wood cellulose);
- b) The fiber has undergone only one stage of processing to become a carton.

References:

1. Тверді побутові відходи в Україні: потенціал розвитку, 2015. 114 с.
URL: <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/504c5765-89d4-4be1-916e-ea27aa94feaf/22+.pdf?MOD=AJPERES&CVID=INpI3Ew>.
2. Movchaniuk O., Koval A. Speed of liquid absorption by fiber layer of aseptic packaging // Results of modern scientific research and development. Proceedings of the 10th International scientific and practical conference. Madrid, Spain. 12-14 December 2021.
3. Макулатура паперова й картонна. Технічні умови : ДСТУ 3500:2019. – [Чинний від 2020–07–01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2019. – IV, 11 с. – (Національний стандарт України).

4. Oskars Platnieks, Anda Barkane, Nika Ijudina, Gerda Gaidukova, Vijay Kumar Thakur, Sergejs Gaidukovs // Sustainable tetra pak recycled cellulose / Poly(Butylene succinate) based woody-like composites for a circular economy.- Journal of Cleaner Production, 2020, p. 122321

УДК 676.026.15+676.026.25

ФОРМУВАННЯ БАГАТОШАРОВОГО ПОЛОТНА КАРТОНУ

магістрантка Карпенко Х.О., к.т.н., доц. Мовчанюк О.М.

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

Досвід експлуатації картоноробних машин показав, що перспективнішими є ті конструкції сіткових частин, що дозволяють формувати багатошарове полотно. Багатошарове формування відкриває можливість використання різних напівфабрикатів для різних шарів, що допомагає оптимізувати співвідношення ціни та якості, дає змогу отримувати міцні зовнішні шари картону з поліпшеною естетичною привабливістю та високою жорсткістю, водночас зменшуючи собівартість за рахунок використання дешевшої вторинної сировини у нижніх або внутрішніх шарах.

Першим варіантом багатошарового формування були круглосіткові картоноробні машини. Однак, не дивлячись на модернізацію, ліквідувати їх основний недолік – обмежену швидкість – так і не вдалося. Тому сьогодні вони практично витіснені плоскосітковими машинами.

Існують дві технології формування багатошарового полотна на плоскосіткових машинах:

1) окреме формування кожного шару на індивідуальному сітковому столі з напірним ящиком та подальшим об'єднанням шарів;

2) формування багатошарової структури на одному сітковому столі, з використанням одного напускного пристрою.

Мета роботи — підвищити продуктивність картоноробної машини та покращити якість картону шляхом застосування сучасних технологій формування багатошарового полотна.

Однією з інноваційних технологій формування багатошарового картону

є використання напірного ящика OptiFlo Layering Fourdrinier (рис. 1) і аква-технології компанії Valmet [1].



Рис. 1. Напірний ящик OptiFlo Layering Fourdrinier [1]

Нова аква-технологія базується на використанні тонкого шару води (рис. 2), що діє як клин між двома волокнистими шарами, для забезпечення їх стабілізації і рівномірності під час з'єднання. Це запобігає змішуванню волокон шарів, знижує ризик утворення дефектів у полотні, а також відкриває можливості подачі функціональних добавок з аква-шаром. Цей тип формування багат шаровості дає можливість регулювати показники якості картону, особливо міцнісні. Міцність на стиснення можна покращити на 15%, при цьому знижуючи на 30% витрату крохмалю. Така багат шарова структура картону забезпечує не лише покращену механічну міцність, але й дозволяє регулювати властивості поверхні, що є особливо важливим для зовнішнього шару майбутньої упаковки. Економії можна досягти, наприклад, шляхом використання іншої якості оброблення, дешевшого напівфабрикату та функціональних добавок між шарами [1].

Напірний ящик OptiFlo Layering Fourdrinier з новою аква-технологією дозволяє формувати дво- та тришарове полотно картону, підтримує високу швидкість виробництва та стабільність процесу, що є важливим для сучасних високопродуктивних машин [1].

Інтеграція напірного ящика OptiFlo Layering Fourdrinier з формувальною частиною OptiFormer Hybrid (рис. 3) забезпечує ще більшу ефективність у процесі формування. Особливість конструкції OptiFormer Hybrid полягає в тому, що ця формувальна частина поєднує системи одно- і двосіткового формування, а це сприяє оптимальному зневодненню полотна. У зоні контакту двох сіток реалізується двостороннє зневоднення, що не лише пришвидшує процес, але й підвищує рівномірність розподілу волокон [2].

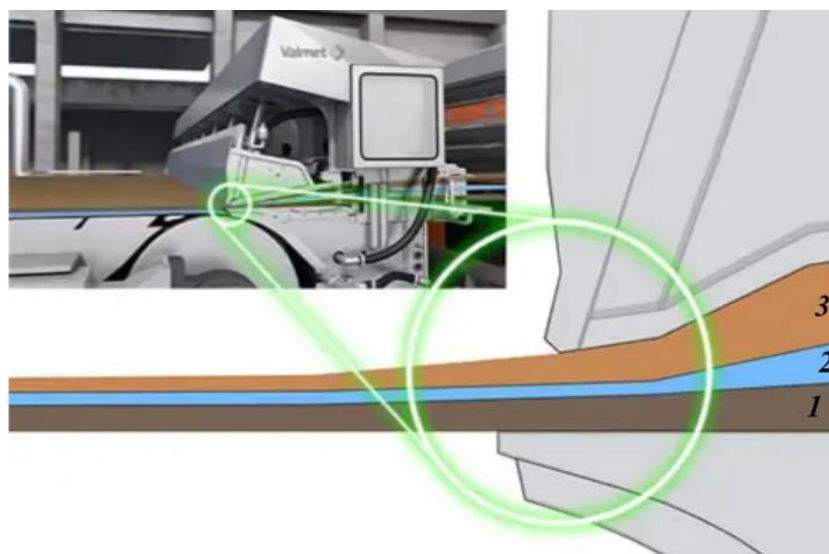


Рис. 2. Схема формування багатошарового полотна картону у напірному ящику OptiFlo Layering Fourdrinier з використанням аква-технології [1]:

1, 3 – волокнисті шари; 2 – шар води

Комбінація OptiFlo Layering Fourdrinier і OptiFormer Hybrid дозволяє досягти швидкості роботи машини до 1200 – 1500 м/хв, крім того, скорочує час переходу між замовленнями різного асортименту, що значно підвищує продуктивність виробництва та гнучкість процесів. Завдяки цьому підприємства можуть швидше реагувати на зміну попиту та виробляти широкий асортимент продукції.

OptiFormer Hybrid використовує унікальну технологію VacuShoe для підвищення якості продукції та потужності нових і реконструйованих машин в широкому діапазоні швидкості машин та маси картону. VacuShoe — це

вигнутий елемент, який монтується всередині верхньої сітки і призначений для зневоднення полотна за рахунок створення вакууму. Завдяки технології VacuShoe процес зневоднення значно пришвидшується.

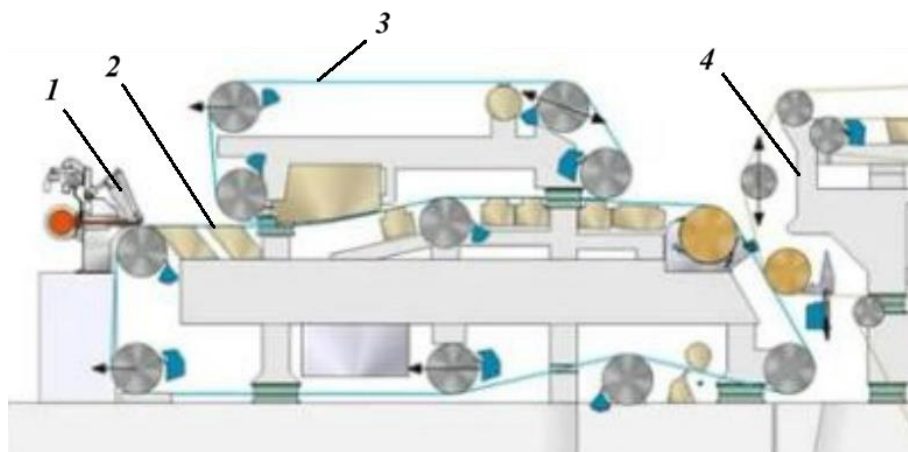


Рис. 3. Формуюча частина OptiFormer Hybrid [2]:

1 – напірний ящик; 2 – сітковий стіл; 3 – верхня сітка; 4 – пресова частина

Формувальний пристрій OptiFormer Hybrid забезпечує високу швидкість зневоднення і дозволяє збільшити швидкість машини. Реконструкція формувальної частини картоноробної машини із встановленням OptiFormer Hybrid покращує продуктивність машини і якість продукції, що скорочує час окупності капіталовкладень.

Таким чином, технологія формування багатошарового полотна картону за допомогою напірного ящика OptiFlo Layering Fourdrinier та формуючої частини OptiFormer Hybrid відкриває нові можливості для підвищення продуктивності та енергоефективності картоноробної машини, а також підвищення якості, розширення асортименту і зниження собівартості картонної продукції.

Перелік посилань:

1. OptiFlo Layering Fourdrinier headbox. Two- or Three-Layer headbox for lightweight containerboards. URL: <https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/forming/optiformer-hybrid-with-shoe-blade/>

(date of access: 23.11.2024).

2. OptiFormer Hybrid with shoe and blade technology. Innovative top forming unit boosts dewatering. URL: <https://www.valmet.com/board-and-paper/board-and-paper-machines/forming/optiformer-hybrid-with-shoe-blade/>

(date of access: 23.11.2024).

УДК 676.2

USING THE HEDEMORA ARC SCREEN FROM GL&V FOR WASTEWATER TREATMENT

Master Oliferuk Ivanna, , master Martseniuk Nataliia

Senior Lecturer Ostapenko Alina

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

References: GL&V's Hedemora Arc Screen is designed for additional cleaning of waste from filtrate screening. The main function of the arc screen is to maximise the recovery of usable fibre from the incoming waste stream, consisting of small fibres, pieces of film and plastic, which have a similar specific gravity to waste paper fibres and have not passed through the perforations of the filtrate screening screens, and to select filtrate for dilution in the primary hydropulper [1]. The diagram of the arc screen is shown on figure 1.

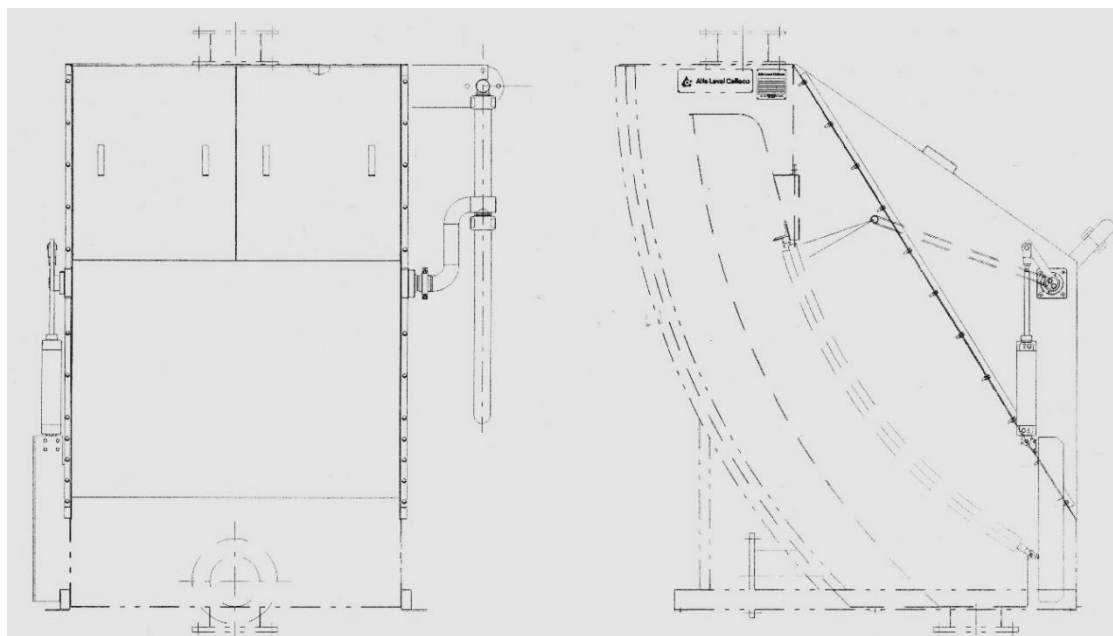


Figure 1. The diagram of the arc screen

The Hedemora arc screen consists of the following main units:

1. The body

2. Slotted screen
3. Pneumatic swing shower
4. Inlet branch
5. Cleaned filtrate outlet
6. Waste discharge branch

The filtrate containing small light inclusions (pieces of film, unscattered fibres, etc.) comes from the filtrate sorting waste line and is distributed in a uniform flow over the surface of the upper part of the arch screen through the inlet pipe [2]. The screen is made in the shape of an arc and has 0.25 mm wide slots. The shape of the screen increases the passage time of the filtrate flow through it, which makes it possible to catch suitable fibres smaller than the size of the slit and to achieve maximum dewatering of the waste sent for disposal. The filtrate stream with the captured fibre is sent to the primary hydropulper for mass dilution and the dewatered waste is discharged through a trough into the screw conveyor hopper. In order to prevent waste from clogging the gaps, a pneumatically driven oscillating shower is provided. The response time of the shower and the time between starts are set by the operator in the control system as required to achieve the highest quality of rinsing. The pneumatic drive of the Hedemora swing shower is automatically controlled according to the process flow chart.

References:

1. <https://www.valmet.com/investors/valmet-as-an-investment/acquisitions-and-disposals/glv/>
2. Yang S., Li W., Zhang W., Wen Y., Ni Y. Treatment of paper mill wastewater using a composite inorganic coagulant prepared from steel mill waste pickling liquor. *Separation and Purification Technology* 209, 238, 2019.

UDC 676

THE NEWEST MEMBRANES BASED ON THE COMPONENTS OF PLANT RAW MATERIALS

PhD Student Sergii Mylokost, Assoc. Prof. Vita Halysch

¹ – Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,

² – O.O. Chuiko Institute of Surface Chemistry of NASU

ABSTRACT: *This document investigates the possibility of obtaining ceramic membranes using plant raw materials components to form a porous structure. Technological solutions have been developed for the effective implementation of the carbonization process.*

KEY WORDS: CELLULOSE, LIGNIN, CERAMIC MEMBRANE, WASTEWATER TREATMENT

НОВІТНІ МЕМБРАНИ НА ОСНОВІ КОМПОНЕНТІВ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Аспірант Сергій Милокост, доцент Віта Галиш

¹ – КПІ ім. Ігоря Сікорського,

² – Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка, НАНУ

АНОТАЦІЯ: *У даній роботі досліджено можливість одержання керамічних мембран з використанням компонентів рослинної сировини для формування поруватої структури. Розроблено технологічні рішення для ефективного реалізації процесу карбонізації.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦЕЛЮЛОЗА, ЛІГНІН, КЕРАМІЧНА МЕМБРАНА, ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Membrane water purification represents a sophisticated technological advancement that proficiently addresses the challenges associated with water pollution and scarcity. This technique employs an array of membrane types to isolate impurities from water, thereby enhancing the overall quality of the water. The effluent produced following this treatment process is rendered appropriate for either

reclamation or secure disposal. This approach has garnered significant interest owing to its effectiveness and adaptability [1]. Membranes exhibit considerable variability in their pore dimensions and structural configurations, which subsequently influences their efficacy across diverse applications [2]. The undoubted advantage of using membrane technologies is that wastewater after such treatment becomes suitable for reuse or safe disposal [3].

Membranes employed in the treatment of wastewater can be systematically categorized into distinct classifications, each exhibiting specific characteristics and applications. The primary classifications encompass polymeric membranes, ceramic membranes, and hybrid membranes, with membrane technologies presently being implemented across a multitude of sectors, including industrial, agricultural, and residential wastewater treatment [4]. The economic feasibility of membrane technologies often depends on the cost of materials. That is why the use of renewable and cheap natural polymers of plant origin in the production of membranes is an important factor in ensuring the sustainable development of membrane technologies.

Therefore, the aim of the work was to establish the possibility of using aromatic and polysaccharide components of plant raw materials in the production of ceramic membranes. It is advisable to use plant polymers in the form of powdered materials to ensure effective homogenization with inorganic components before carbonization; accordingly, from this point of view, microcrystalline cellulose, kraft lignin, and hydrolysis lignin can be considered (Fig. 1).



Figure 1 - Initial plant polymers for the production of ceramic membranes:

1 - microcrystalline cellulose; 2 - kraft lignin; 3 - hydrolysis lignin.

The difference in the chemical structure of the selected polymers has a significant impact on the efficiency of the carbonization processes of plant materials and the formation of a carbonized residue. In the case of polysaccharide components, the physical transformation is pronounced and about 8% of carbon is formed. In the case of using lignins, the aromatic component of plant raw materials gives a carbon yield of 20-25%. Thus, greater weight losses of plant raw materials occur when using cellulose, which mostly decomposes with the release of aliphatic compounds, carbon dioxide and water.

Innovations in membrane technologies are perceived as necessary and promising for achieving sustainable water management and supporting a circular economy.

References:

1. Трус, І. М., Гомеля, М. Д., & Радовенчик, В. М. (2013). Вплив попереднього механічного доочищення води на ефективність зворотньоосмотичного опріснення води. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, (9), 198.

2. Kerkulah, E. N., Jin, G., Huang, J., Huang, X., Liu, Y., & Peng, H. (2023). A mini review on treatment of wastewater with membrane technology. *Journal of Basic & Applied Sciences*, 19, 86-96.

3. Гомеля, М. Д., Іванова, В. П., Трус, І. М., & Булгаков, Є. С. (2018). Застосування баромембранних методів в процесі очищення води від іонів важких металів. Вісник Вінницького політехнічного інституту, (3), 23-27.

4. Ismail, N. H., Salleh, W. N. W., Ismail, A. F., Hasbullah, H., Yusof, N., Aziz, F., & Jaafar, J. (2020). Hydrophilic polymer-based membrane for oily wastewater treatment: A review. *Separation and Purification Technology*, 233, 116007.

УДК 676.2:082

ОБЛАГОРОДЖЕННЯ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ СПОСОБОМ ПРОМИВАННЯ

Б. Скуратівський, магістрант, Р. Черьопкіна, доцент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

***Анотація.** Запропоновано схему облагородження макулатури способом промивання для виробництва паперу-основи санітарно-гігієнічного призначення.*

REFINING OF WASTE PAPER BY WASHING METHOD

B. Skuratovsky, master, R. Cherepkina, Assoc. Prof.,

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

***Abstract.** A scheme for refining waste paper by washing for the production of base paper for sanitary and hygienic purposes is proposed.*

Санітарно-гігієнічні види паперу за своїми властивостями принципово відрізняються від інших видів. Вони характеризуються спеціальними вимогами – високою поглинаючою здатністю, підвищеною м'яккістю, пухлістю за відносно невисокої механічної міцності та низької маси 1 м², значенням рН водної витяжки.

Для виробництва паперу-основи нині використовують напівфабрикати на основі первинного волокна та макулатуру. Під час вибору волокнистих напівфабрикатів необхідно поряд з комплексом основних споживчих властивостей враховувати економічні показники та гігієнічні характеристики. Продукція, що виробляється на основі цих напівфабрикатів конкурує, в основному, за ціною, а не за якістю.

Використання до 100 % макулатури у виробництві масових видів паперу санітарно-гігієнічного призначення дозволяє розширити сировинну базу, знизити собівартість продукції, зберегти целюлозу і деревну масу, а також зменшити долю відходів на звалилищах.

Однак макулатура як сировина досить не однорідна за складом і з кожним циклом перероблення якість її знижується. Це призводить до вмісту у ній більше коротких волокон та обривків для утримання яких, використовують хімічно-допоміжні речовини [1].

Найбільш цінною макулатурою для виробництва паперу-основи є макулатура марок: МС-1А та МС-2А, яка містить мінімальну кількість забруднень, відсутність запечатки, в композиції переважають первинні вибілені целюлозні напівфабрикати [2].

Однак нині спостерігається постійний дефіцит макулатури як цих марок, так і загалом, в основному, із-за низького використання паперу. Тому підприємства все частіше вводять у композицію паперу-основи макулатуру марок МС-3А, МС-5Б, МС-6Б, МС-7Б/1, МС-7Б/2, МС-7Б/3, МС-8В/1, МС - 8В/2, МС-12В згідно ДСТУ 3500:2019 [2].

Такі види макулатури містять вологоміцний папір, запечатаний друкарський, з кольоровим друком, документний та інші, що вимагає значно більш складної технології підготовки вторинного волокна. Крім волокна у композиції паперу містяться різні наповнювачі, мінеральні включення з полігонів збору, фарба та ін. Для більш ефективного використання макулатури і підвищення якості паперу, у технологічному потоці необхідно перебачити установки для очищення маси від грубих включень та облагородження макулатури з метою видалення друкарської фарби, знебарвлення та підвищення її білості способами промивання, флотації [3].

Облагородження волокна починається вже на стадії розволокнення з відділення частинок фарби під впливом лужних реагентів. Волокна у лужному середовищі набухають, що сприяє відриву частинок фарби від поверхні.

Відлення і диспергування частинок фарби відбувається також під час сортування та розмелювання.

Видалення відділених від волокна і добре диспергованих частинок фарби пропонується проводити способом фізико-механічним – промиванням, а також флотацією – фізико-хімічним [3].

Вибір технологічної схеми облагородження макулатури із застосуванням способу промивання залежить від початкової та кінцевої концентрації волокнистої суспензії, з якої потрібно видалити частинки типографської фарби, а також від наявного виду обладнання (рис.1).

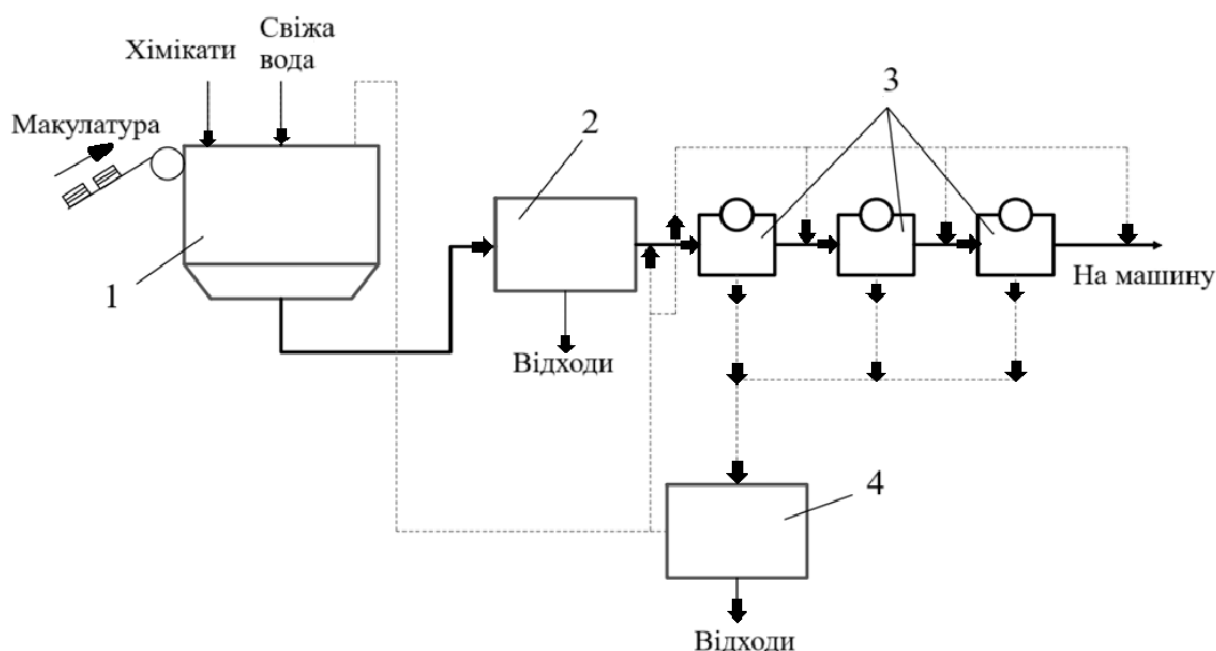


Рисунок 1 – Принципова схема облагородження макулатури способом промивання:

1 – гідророзбивач; 2 – гідроциклони та сортування; 3 – згущувачі; 4 – пристрій для освітлення води

У залежності від фракційного складу, виду макулатури, концентрації та ступеня млива маси, продуктивності обладнання, промивання макулатурної маси здійснюють, зазвичай, із застосуванням декількох ступенів, наприклад

згущувачів. За умови добре диспергованих частинок фарби, на одному ступені промивання можна видалити до 85 % частинок [3].

Процес промивання супроводжується фільтрацією волокнистої суспензії. На поверхні циліндра утворюється шар маси через який фільтрат проходить всередині і виводиться наповнений тонкодисперсними домішками, частинками фарби. Після промивання макулатурної маси стадія очищення фільтрату є обов'язковою з використанням спеціальних ловушок, які обладнані установками для мікрофлотації. Очищення фільтрату є необхідною умовою, оскільки це єдиний спосіб виведення фарби із системи водообороту.

Висновок. Запропонована схема облагородження макулатури може бути використана у технологічному потоці підготовки макулатури для виготовлення паперу-основи побутового та санітарно-гігієнічного призначення високої якості.

Список літератури.

1. ДСТУ 3500:2019 Макулатура паперова й картонна. Технічні умови. На заміну ДСТУ 3500:2009; чинний від 2020-07-01. Вид. офіц. Київ. Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»), 2019. 11 с.

2. Вплив циклічності перероблення напівфабрикатів із деревини павловнії на показники міцності паперу для гофрування. Черьопкіна Р.І., Денисенко А.М., Яценко С.Ю., Кушмітько О.В. Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». 2024. № 2 (23). – С.71 – 87

3. Промивання макулатурної маси [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студентів спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / О. М. Мовчанюк, А. А. Остапенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,37 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 55 с.

СЕКЦІЯ 3

«ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 678.057

**ВИРОБНИЦТВО НЕТКАНИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ
МЕТОДОМ MELT BLOWN: ПЕРСПЕКТИВИ, ПРОБЛЕМИ ТА
ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ**

Євлашкін М.В., Сокольський О.Л., Сівецький В.І.

Анотація. У роботі висвітлено актуальність вивчення впливу параметрів процесу і обладнання на характеристики отриманого методом Melt Blown нетканого полімерного матеріалу.

Ключові слова: НЕТКАНІ МАТЕРІАЛИ, MELT BLOWN, ЕКСТРУДЕР, БІОРОЗКЛАДНІ МАТЕРІАЛИ, ЕКСТРУЗІЙНА НАСАДКА.

Неткані полімерні матеріали відіграють критичну роль у сучасній промисловості завдяки їхнім унікальним властивостям, таким як легкість, міцність, гнучкість та здатність забезпечувати ефективну фільтрацію.

Попит на неткані полімерні матеріали постійно зростає завдяки їх широкому спектру застосувань. У медицині [1] вони забезпечують захист від мікробіологічних загроз у вигляді масок, захисних костюмів та стерильних серветок. У сфері очищення ці матеріали використовуються у фільтрах для повітря та води, що особливо актуально у зв'язку з екологічними викликами. Будівельна та автомобільна галузі застосовують неткані полотна як ізоляційні матеріали, які поєднують легкість із високою ефективністю. Водночас забезпечення високої якості та екологічності цих матеріалів вимагає постійного вдосконалення виробничих процесів.

Виробництво нетканих матеріалів в Україні демонструє стабільне зростання. Згідно з даними Державної служби статистики України [2], у 2018 році виробництво нетканих матеріалів без покриття з поверхневою щільністю більше 150 г/м² склало 12 376 тони, а у 2019 році цей показник склав 14052 тони. Це включає вироби з нетканих матеріалів, окрім предметів одягу.

Глобальний ринок нетканих матеріалів також демонструє позитивну динаміку. Згідно з прогнозами, очікується, що до 2025 року обсяг ринку досягне значних показників, що свідчить про зростаючий попит на ці матеріали в різних галузях, включаючи медицину, будівництво та виробництво засобів індивідуального захисту.

Гіпотеза цього дослідження полягає в тому, що вдосконалення параметрів формувального устаткування може значно покращити структуру та функціональні характеристики нетканих матеріалів, забезпечуючи їхню відповідність сучасним вимогам.

Сьогодні Melt Blown [5] є однією з провідних процесів виробництва нетканих матеріалів завдяки здатності отримувати ультратонкі волокна на мікро- та нанорівнях. Процес можливий завдяки плавленню полімеру в екструдері, що забезпечує рівномірний потік розплавленої сировини. Розплавлена сировина формується у струмінь, проходячи через насадку. Високошвидкісний потік гарячого повітря обдуває ці струмені, розтягуючи їх у надтонкі волокна з діаметром від 0,3 до 0,9 мкм. Геометрія насадки і повітряного сопла, а також співвідношення швидкостей і температур визначають параметри кінцевого продукту. Утворені волокна хаотично осідають на рухому поверхню, створюючи неткане полотно. Під час осадження волокна можуть частково сплавлятися між собою, що сприяє формуванню міцної структури матеріалу. Полотно охолоджується, а структура волокон стабілізується, забезпечуючи необхідні механічні властивості. Отримане полотно збирається і намотується для подальшої обробки.

Незважаючи на технологічний прогрес, галузь виробництва нетканих полімерних матеріалів стикається з низкою суттєвих викликів, що обмежують її ефективність. Однією з головних проблем є висока вартість обладнання, зумовлена складністю конструкції екструзійних насадок та необхідністю їх високоточного налаштування. Це значно збільшує витрати на виробництво. Крім того, процес Melt Blown є енергоємним, що підвищує собівартість

продукції та ставить під питання її конкурентоспроможність. Ще одним викликом є дефіцит традиційних полімерів, які не завжди доступні або екологічно безпечні. Виробничі лінії часто характеризуються обмеженою гнучкістю, потребуючи значного часу для переналаштування [7]. З пластикових відходів підкреслює необхідність переходу до використання біорозкладних матеріалів, що може суттєво зменшити негативний вплив на довкілля.

Дослідження впливу конструктивних параметрів екструзійної насадки пропонує низку ефективних рішень для подолання цих проблем [4]:

1. Використання спеціалізованих насадок для роботи з біорозкладними полімерними матеріалами [5]: Конструкції, адаптовані до властивостей біополімерів, дозволяють забезпечити стабільний потік розплаву та уникнути забруднення навколишнього середовища під час виробництва.

2. Інтеграція насадок з автоматичним регулюванням параметрів: Насадки з вбудованими датчиками та системами контролю температури та тиску здатні в режимі реального часу адаптуватися до змін у виробничому процесі, забезпечуючи рівномірність волокон.

3. Модульна конструкція насадок для спрощення обслуговування: Розбірні модулі дозволяють швидко змінювати геометрію отворів насадки, що впливає на товщину волокон і якість осадження, зменшуючи час простоїв та витрати на модернізацію.

4. Оптимізація насадок через комп'ютерне моделювання: Завдяки симуляціям можна проектувати насадки з покращеними повітряними каналами та отворами, що забезпечує рівномірний розподіл волокон і стабільність потоку під час виробництва Melt Blown матеріалів.

Розуміння взаємозв'язків між параметрами екструзійної насадки та кінцевими властивостями матеріалів є критичним для розробки ефективних виробничих систем. Проведення експериментів і теоретичних дослідів допоможе визначити ці залежності та запропонувати універсальний підхід до їх оптимізації [6]. Актуальність цієї теми підкріплена зростанням попиту на

високоякісні та екологічно чисті матеріали, а також потребою у вдосконаленні технологій виробництва.

Результати дослідження не лише підвищать якість нетканих матеріалів, а й сприятимуть зниженню витрат і підвищенню конкурентоспроможності виробництва. Запропоновані підходи дозволяють вирішити низку проблем галузі, зокрема підвищити ефективність процесу та забезпечити відповідність продукції найвищим стандартам. Таким чином, результати цього дослідження сприятимуть сталому розвитку промисловості та розширенню сфер застосування нетканих матеріалів в Україні.

Список використаних джерел:

1. Авраменко В. Л., Підгорна Л. П., Черкашина Г. М., Близнюк О. В. *Технологія виробництва та переробки полімерів медико-біологічного призначення: навчальний посібник*. Харків: Видавництво та друкарня «Технологічний Центр», 2018. – 356 с.
2. **Державна служба статистики України**. Виробництво промислової продукції за видами за 2018 рік.
3. **Державна служба статистики України**. Виробництво та реалізація промислової продукції за видами за 2019 рік.
4. Колесник Ю. М., Лясковський О. М., Печенін А. І. *Технології одержання виробів із полімерів*. Харків: НТУ "ХПІ", 2024 URL: <https://web.kpi.kharkov.ua/tpm/wp-content/uploads/sites/26/2024/02/Tehnologiyi-oderzhannya-virobiv-iz-polimeriv.pdf>
5. Герасименко В. О., Синиця С. Є., Малиновський О. В. *Сучасні полімерні матеріали: монографія*. Київ: НТУУ "КПІ", 2011. URL: https://cpsm.kpi.ua/Doc/Mono_MIO-2011.pdf
6. Zhao, R. *Melt Blown Technology: A Hot Innovation Spot*. Textiles and Nonwovens Development Center (TANDEC), University of Tennessee, Knoxville. URL:

https://www.researchgate.net/publication/287188123_Melt_Blowing_Technology_A_Hot_Innovation_Spot

7. Geus H.-G. 5 - *Developments in manufacturing techniques for technical nonwovens*. Advances in Technical Nonwovens, 2016. P. 133-153.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100575-0.00005-X>

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008100575000005X>).

УДК 66.07:661.9

**ПЛОТНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ
ГІДРУВАННЯ ДВООКСИДУ ВУГЛЕЦЮ ВОДНЕМ**

К.т.н. Цюпяшук А.М., к.т.н. Соловійов Г.І., к.т.н. Костогрив К.П.

Інститут газу Національної академії Наук України

**RESEARCH OF HEAT AND MASS EXCHANGE PROCESSES
IN AN APPARATUS WITH A CIRCULATING FLOW**

Ph.D. Tsiupiyashuk A.M., Ph.D. Kostohryz K.P., Ph.D. Solovjov G.I.

Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine

АНОТАЦІЯ: вказано на важливість досліджень у напрямку заміщення традиційних палив, представлено схему пілотного стенду для дослідження реакції гідрування двооксиду вуглецю воднем, описано його особливості.

ABSTRACT: the importance of research in the direction of replacing traditional fuels is pointed out, the scheme of a pilot stand for researching the hydrogenation reaction of carbon dioxide with hydrogen is presented, its features are described.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЛЬТЕРНАТИВНІ ПАЛИВА, "POWER TO GAS", МЕТАНІЗАЦІЯ, ГЕТЕРОГЕННІ КАТАЛІЗАТОРИ.

KEYWORDS: ALTERNATIVE FUELS, POWER TO GAS, METHANATION, HETEROGENEOUS CATALYSTS.

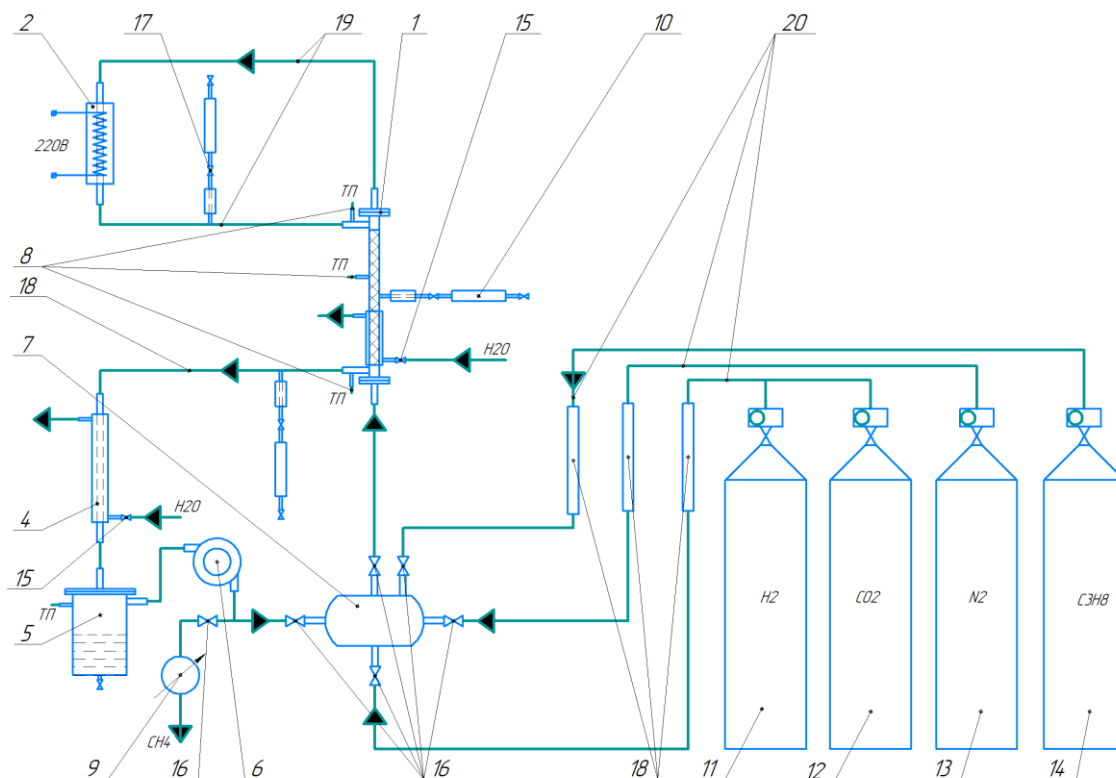
Одним з основних елементів технологій "power to gas", які необхідні для декарбонізації [1], є технології перетворення двооксиду вуглецю на метан шляхом його гідратації (метанізації) «зеленим» воднем: $\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CH}_4$. Ця технологія може бути застосована як для акумуляції електричної енергії

так і для «зв'язування» вловленого CO₂, наприклад з димових або інших технологічних скидних газів, так і для приведення біогазу до стану, який відповідає вимогам «Технічного регламенту природного газу» по остаточному вмісту CO₂ (не більше 2,5%). В сучасних умовах, пов'язаних з військовою агресією росії, технології заміщення традиційних палив альтернативними необхідно розглядати як елемент що потенційно може підвищити енергетичну стійкість України [2].

В Інституті газу НАН України виконуються дослідження [3] для розробки оптимальних процесів декарбонізації та дослідження гетерогенних каталізаторів та каталітичних процесів. Розроблено також пілотний стенд для дослідження реакції гідрування двооксиду вуглецю воднем (реакція «Сабатьє»). Пілотний стенд (рис. 1) розміщено на металевому каркасі. Основою стенду є пілотний каталітичний реактор 1. У кільцевий зазор реактора 1 між внутрішнім діаметром зовнішньої труби та зовнішнім діаметром внутрішньої труби, яка виконую функції теплообмінника-рекуператора, завантажують гранульовану форму серійного Ni каталізатора (марки ГІАП-3-6Н), висота шару каталізатора складає 0,5 м, Площа вмонтованого у реактор 1 теплообмінника-рекуператора системи «газ-газ» складає 0,04082 м². Площа додаткового теплообмінника системи «газ-вода» для більш глибокого відведення тепла реакції складає: 0,04 м².

Передбачене безперервне вимірювання температури у декількох точках по висоті реактора та відбір проб синтетичного газу для наступного його аналізу у газоаналітичній лабораторії Інституту газу НАН України.

Пілотний стенд є універсальним, він може збиратися в декількох варіантах, які відрізнятимуться один від одного розмірами та взаємним розташуванням елементів. Тому на стенді можна проводити дослідження інших каталізаторів та гетерогенних каталітичних реакцій та процесів, підключати інше устаткування.



1 – пілотний реактор; 2 – електричний нагрівач;
3 – реостат, 4 – теплообмінник-конденсатор; 5 – сепаратор; 6 – компресор; 7 – ресивер-накопичувач; 8 – термопари; 9 – лічильник газовий; 10 – скляні газові піпетки; 11 – балон водневий з редуктором; 12 – балон вуглекислотний з редуктором; 13 – балон азотний з редуктором; 14 – балон пропановий з редуктором; 15 – крани; 16 – крани газові; 17 – крани для відбору газових проб; 18 – ротаметри; 19 – труба металева теплоізольована; 20 – шланги газові

Рисунок 1 – Пілотний стенд

Перелік посилань

1. Gotz M., Lefebvre J., Mors F., Koch A.M., Graf F., Bajohr S., Reimert R., Kolb T. Renewable power-togas: A technological and economic review. Renewable Energy, 85, pp. 1371-1390, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.066>

2. Басок Б.І. Воднева енергетика і не тільки: «про» та «contra». Басок Б.І., Базєєв Є.Т., Костоґриз К.П., & Ільєнко Б.К. // Енерготехнології та ресурсозбереження. - 2024, № 2(79), с.110-125. <https://doi.org/10.33070/etars.2.2024.08>.

3. А.М. Цюпяшук. Розробка енергозберігаючої технології виробництва синтетичного метану з диоксиду вуглецю. 1. Дослідження кінетики та макрокінетики реакції Сабатьє на каталізаторах NI/A-AL₂O₃. А.М. Цюпяшук, К.П. Костоґриз, В.В. Колесник, Г.І. Соловійов // Енерготехнології та ресурсозбереження. - 2024, № 3(80), с.94-108. <https://doi.org/10.33070/etars.3.2024.06>

References

1. Gotz M., Lefebvre J., Mors F., Koch A.M., Graf F., Bajohr S., Reimert R., Kolb T. Renewable power-to-gas: A technological and economic review. Renewable Energy, 85, pp. 1371-1390, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.066>

2. Basok B.I. Hydrogen energy and not only: "pro" and "contra". Basok B.I., Bazeev Y.T., Kostogryz K.P., Ilyenko B.K. // Energy technologies and resource conservation. - 2024, No. 2(79), pp. 110-125. <https://doi.org/10.33070/etars.2.2024.08>.

3. A.M. Tsyupyashuk Development of energy-saving technology for the production of synthetic methane from carbon dioxide. 1. Study of the kinetics and macrokinetics of the Sabatier reaction on NI/A-AL₂O₃ catalysts. A.M. Tsyupyashuk, K.P. Kostogryz, V.V. Kolesnyk, G.I. Solovyov // Energy technologies and resource conservation. - 2024, No. 3(80), pp. 94-108. <https://doi.org/10.33070/etars.3.2024.06>

УДК 666.9

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ З
УРАХУВАННЯМ ТЕПЛОВИХ ЕФЕКТІВ**

Самусько Б.М., Васильченко Г.М., Сокольський О.Л.

Анотація. У роботі висвітлено актуальність вдосконалення технологічного процесу та обладнання для подрібнення сипких матеріалів. Запропоновано шлях інтенсифікації процесу за рахунок змінного поля температур та необхідність контролю температури для запобігання дисипативного перегріву матеріалу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПОДРІБНЕННЯ, ДИСИПАЦІЯ, СИПКІ МАТЕРІАЛИ.

Актуальність проблеми вдосконалення подрібнювального обладнання

Подрібнювальне обладнання є ключовою складовою технологічних процесів у багатьох галузях промисловості. З огляду на розвиток сучасних технологій і вимог до якості продукції, виникає потреба вдосконалення таких систем з урахуванням теплових ефектів, які суттєво впливають на ефективність і стабільність процесу подрібнення.

Фізико-механічні основи подрібнення

Механічне подрібнення супроводжується виникненням напруженого стану у твердих тілах, що призводить до релаксації енергії через виділення тепла, утворення мікродефектів і нових поверхонь. Ці процеси особливо важливі при обробці термочутливих матеріалів, оскільки неконтрольоване підвищення температури може спричинити небажані зміни їхніх властивостей. Тому температура продуктів повинна контролюватись та підтримуватись на постійному рівні. Для цього дробарка або млин мають споряджатись засобами термостатування. Запобігти перегріву матеріалу сприяє зниження початкової

температури подрібнюваного матеріалу, що можливе за рахунок його попередньої криогенної обробки.

Для визначення енергії, необхідної для подрібнення матеріалу відомі дві основні гіпотези – поверхнева і об'ємна. Згідно поверхневої теорії, запропонованої П. Рітінгером, при подрібненні робота, яка необхідна для подрібнення, пропорційна новоствореній поверхні подрібнюваного матеріалу. Об'ємна теорія, запропонована В. Кирпичовим, виходить з того, що при подрібненні робота витрачається на деформацію матеріалу, яка передуює його руйнуванню. При крупному і середньому подрібненні достовірніші дані експериментально отримані при використанні залежностей Кирпичова, при тонкому і надтонкому — Рітінгера.

Порівняльна оцінка машин для подрібнення показує, що машини для тонкого подрібнення менш ефективні, ніж для великого і середнього. Велика витрата енергії при тонкому помелі пояснюється зменшенням кількості дефектів частинок у міру зменшення їх розміру.

Утворення тріщин відбувається через накопичення локальних напружень у контактних зонах. Виникнення теплових ефектів спричинене перетворенням кінетичної енергії в тепло, яке частково накопичується у матеріалі. Різкі перепади тепла в частинках також можуть спричинити додаткове тріщиноутворення у крихких матеріалах.

Вплив теплових ефектів на процес подрібнення

Температурні ефекти у процесі подрібнення впливають на якість і розмір частинок, що утворюються. Зростання температури може знижувати ефективність подрібнення, особливо у випадку крихких або термочутливих матеріалів.

Зменшення початкової температури матеріалу, наприклад, через криогенну обробку, дозволяє мінімізувати теплові втрати та уникнути небажаного перегріву.

Ефективне охолодження у зоні подрібнення потребує впровадження

систем термостатування у конструкцію подрібнювальних машин.

Перспективи конструктивного вдосконалення обладнання

Використання сучасних методів моделювання та аналізу теплових процесів дозволяє створювати нові типи дробарок і млинів із врахуванням розподілу теплових напружень. Оптимізація процесу включає:

- Застосування імпульсного охолодження або перепадів температур для утворення додаткових тріщин і підвищення ефективності подрібнення.
- Впровадження матеріалів і технологій, які забезпечують кращу теплопровідність у робочих зонах обладнання.

Очікувані результати

Розробка рекомендацій щодо вдосконалення подрібнювального обладнання з урахуванням теплових ефектів сприятиме:

- Підвищенню ефективності подрібнення термочутливих матеріалів.
- Зниженню енерговитрат під час технологічного процесу.
- Забезпеченню стабільності температурного режиму в зоні подрібнення.

Список використаної літератури:

1. Мельник О.Г. *Механіка твердого тіла з основами термомеханіки*. Київ: Наукова думка, 2019.
2. Пушкаренко С.О., Бойко В.П. *Теплові процеси в механічній обробці матеріалів*. Харків: ХНАДУ, 2020.
3. Паламарчук М.І. *Основи конструкції машин для подрібнення матеріалів*. Львів: Політехніка, 2018.
4. *Процеси та обладнання хімічної технології 2: підручник* / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, В.Л. Ракицький, Г.Л. Рябцев. Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. Ч.2. 416 с.
5. Журнал "Машинобудування і матеріалознавство". Київ: НАН України, 2021, №4.

6. Офіційний сайт Державної науково-технічної бібліотеки України
<https://gntb.gov.ua>.

7. Публікації наукового журналу "Техніка і технології". Київ, 2022.

УДК 666.9

ВДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Мандрійчук О.М., Сокольський О.Л.

Анотація. У роботі висвітлено актуальність вдосконалення обладнання для змішування сипких матеріалів

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЗМІШУВАННЯ, СИПКІ МАТЕРІАЛИ, МЕХАНІЗМИ ЗМІШУВАННЯ, ПСЕВДОЗРІДЖЕНИЙ ШАР, АЕРОДИНАМІКА, ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ.

Змішування сипких матеріалів є одним із ключових процесів у багатьох галузях промисловості, включаючи харчову, хімічну, будівельну та фармацевтичну. Ефективне змішування впливає на якість кінцевого продукту, знижує виробничі витрати та мінімізує відходи. Проблематика вдосконалення обладнання для змішування полягає в досягненні рівномірності змішування, зменшенні енергоспоживання та покращенні ергономіки.

Сучасне обладнання для змішування не завжди відповідає зростаючим вимогам до ефективності та якості процесу. Основними проблемами є:

- Застарілі конструкції робочих органів, які недостатньо враховують фізико-механічні властивості сипких матеріалів (наприклад, їхню гранулометрію, щільність, злежування).
- Низька енергоефективність процесу, що веде до підвищення витрат на виробництво.
- Складність роботи з багатокомпонентними матеріалами, особливо якщо вони мають суттєві відмінності у властивостях (розмірах частинок, щільності, сипучості).
- Високий рівень зношення обладнання, що викликає часті простої та підвищує витрати на технічне обслуговування.

Крім технічних викликів, важливим фактором є зростаючі вимоги до екологічності та енергоефективності виробництва. Впровадження інноваційних рішень у змішувальне обладнання дозволить: знизити енергоспоживання, зменшуючи вуглецевий слід виробництва; скоротити кількість відходів, пов'язаних із нерівномірним змішуванням або втратами матеріалів через їх налипання на робочі органи; забезпечити стабільну якість кінцевого продукту, що дозволить виробникам краще задовольняти потреби споживачів.

Основні типи змішувачів, які використовуються у промисловості:

- Гравітаційні змішувачі (шнекові, барабанні);
- Механічні змішувачі з рухомими елементами;
- Пневматичні змішувачі.

Переваги та недоліки кожного типу обладнання розглядаються в роботах [1, 2]. Зокрема, наголошується на важливості вибору оптимальної конструкції залежно від фізичних властивостей матеріалів, що змішуються (насіпна густина, форма частинок, вологість).

Сучасні інноваційні підходи до вдосконалення обладнання зосереджуються на таких аспектах:

- Використання інтелектуальних систем управління для моніторингу процесу змішування в реальному часі [3].
- Розробка нових геометрій змішувальних камер для зменшення зон застою матеріалів [4].
- Застосування гібридних змішувачів, які поєднують механічне та пневматичне змішування для підвищення ефективності [5].

Згідно з дослідженнями [6], використання енергоощадних електродвигунів та автоматизація процесів дозволяють зменшити споживання енергії на 10–15%. Окрім того, важливим є зниження шумового впливу та пилу під час роботи обладнання, що досягається за допомогою герметизації та аспіраційних систем.

В Україні перспективними є впровадження вдосконалених змішувачів для

будівельних сумішей. На світовому рівні провідні компанії, такі як Bühler та Hosokawa, активно працюють над інтеграцією цифрових технологій у процес змішування [7].

Висновки. Вдосконалення обладнання для змішування сипких матеріалів є багатограним процесом, що охоплює технологічні, екологічні та економічні аспекти. Основними напрямками є підвищення рівномірності змішування за рахунок оптимізації конструкції змішувачів та використання гібридних технологій, а також зменшення енергоспоживання шляхом впровадження енергоощадних електродвигунів і систем автоматизації. Важливим є зниження негативного впливу на довкілля завдяки герметизації обладнання та застосуванню аспіраційних систем, що покращує екологічність і безпеку виробничих процесів. Інтеграція цифрових технологій, таких як інтелектуальні системи управління та сенсорний моніторинг, сприяє підвищенню точності та адаптивності змішування в реальному часі. Удосконалені конструкції змішувачів із новими геометричними формами та модульним дизайном забезпечують економічну ефективність, знижують витрати на обслуговування та розширюють сферу застосування обладнання. Перспективи подальших досліджень включають адаптацію до роботи з новими матеріалами, підвищення точності змішування та створення універсальних змішувачів для використання у різних галузях. Ці заходи сприяють підвищенню конкурентоспроможності продукції, покращенню ефективності виробництва та збереженню довкілля.

Список використаних джерел

1. Бондаренко В. І. Технологія змішування сипких матеріалів. – К.: Наук. думка, 2018.
2. Smith J., Lee D. Mixing Technologies in the Process Industry. – Springer, 2020.
3. Green R. Advances in Bulk Material Handling. – Elsevier, 2021.

4. Коваленко П. Ю. Автоматизація процесів змішування сипких матеріалів. – Х.: ХНТУ, 2019.
5. Wagner S. Hybrid Mixing Equipment for Industrial Use. – Wiley, 2021.
6. Ivanov O. Energy-Efficient Mixing Technologies. – Cambridge University Press, 2022.
7. Огляд новітніх розробок Hosokawa. Журнал «Промислова інженерія», №4, 2023.

УДК 621.6.01

ВПЛИВ ДИСИПАЦІЇ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕЖИМИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ В'ЯЗКИХ РІДИН

Курч А.В., аспірант

Анотація. В роботі висвітлено актуальність врахування впливу дисипації на технологічні режими обладнання в галузі обробки в'язких рідин.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДИСИПАЦІЯ, В'ЯЗКА РІДИНА, МІКРОКАНАЛ, МАКРОКАНАЛ, РОЗСІЮВАННЯ, В'ЯЗКІСТЬ

За оцінками [1], більшість досліджень обмежено припущеннями сталості властивостей рідини, зокрема, незмінності швидкості впродовж проходження каналу. Згідно [3], при розгляді ламінарної течії в макроканалах (за винятком випадків потоків відносно в'язких рідин порівняно високих швидкостей) вплив в'язкої дисипації знехтовно малий, через що в'язку дисипацію при вимушеній конвекції за умов ламінарності руху розглядають лише для випадків рідин з великими значеннями числа Прандтля [2, 3].

На відміну від розгляду макроканалів, де вплив в'язкої дисипації досі враховували лише для рідин високої в'язкості та потоків високої швидкості, у випадку мікроканалів тертя суттєво впливає навіть у випадках дослідження потоків рідин при ламінарних значеннях числа Рейнольдса, спричиняючи зміни в'язкості та коефіцієнту тертя, що впливає на режими роботи мікротеплообмінників охолодження електроніки та безклапанних насосів [2, 4].

В [3] виведено критерій оцінки впливу в'язкої дисипації при розгляді потоків в мікроканалах, зроблено спробу пояснення експериментальних результатів вимірювання тертя для мікроканалів із застосуванням загальноприйнятої концепції рівнянь Нав'є–Стокса за рахунок ефектів, що були б знехтовно малими в випадку розгляду макроканалів, таких, як в'язке нагрівання рідин. Дані свідчать, що при таких потоках виділення внутрішнього

тепла здатне спричинити нагрівання навіть в адіабатичних каналах, а дисипативна зміна температур змінює теплофізичні властивості рідини (особливо в'язкість) на початку і кінці руху мікроканалом.

В [4] наведено аналітичні вирази для числа Нуссельта для випадку потоку між паралельними пластинами, систематично досліджено випадки сталої течії каналами простої геометрії.

Авторами [2, 4] встановлено розбіжності між опублікованими результатами експериментальних спостережень потоку рідини та теплопередачі, зокрема, в температурних показниках. Для пояснення цього в рамках досліджень потоків в мікроканалах в [2] запропоновано моделі впливу поверхні, геометрії та температури рідини на коефіцієнт тертя.

Таким чином, дисипація, впливаючи на швидкість процесів, може спричиняти зростання чи зменшення енерговитрат, а отже, це важливий фактор при транспортуванні й переробці в'язких рідин. Неврахування дисипації може призвести до нераціонально спроектованих трубопроводів, перероблювального обладнання і насосних систем, що знижувало б їх загальну ефективність. Зміни температури та в'язкості можуть негативно вплинути на якість кінцевого продукту, особливо в харчовій та нафтохімічній промисловості. Своєчасне врахування цих факторів, своєю чергою, дозволило б зменшити витрати, підвищити ефективність із забезпеченням належної якості продукції.

Бібліографія:

1. Del Giudice, S., Nonino, C., & Savino, S. (2007). Effects of viscous dissipation and temperature dependent viscosity in thermally and simultaneously developing laminar flows in microchannels. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 28(1), 15–27. doi:10.1016/j.ijheatfluidflow.2006.05.007
2. Koo, J., & Kleinstreuer, C. (2004). Viscous dissipation effects in microtubes and microchannels. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47(14-16), 3159–3169. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2004.02.017

3. Morini, G. L. (2005). Viscous heating in liquid flows in micro-channels. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48(17), 3637–3647. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2005.01.011

4. Sheela-Francisca, J., & Tso, C. P. (2009). Viscous dissipation effects on parallel plates with constant heat flux boundary conditions. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 36(3), 249–254. doi:10.1016/j.icheatmasstransfer.2008.11.003

MODERNIZATION OF A COKE PRODUCTION FACILITY WITH THE DEVELOPMENT OF A DRUM DRYER AND CYCLONE

student Nikita Kekukh, Ph.D., associate professor Andrii Stepaniuk

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Annotation: The characteristics and area of use of coke are given. The technological scheme of coke production is described. The selection of the type of devices is described and the diagrams of these devices are given.

Keywords: MODERNIZATION, COKE, DRUM DRYER AND CYCLONE.

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КОКСУ З РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ТА ЦИКЛОНУ

студент Кекух М. О., к.т.н., доцент Степанюк А. Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

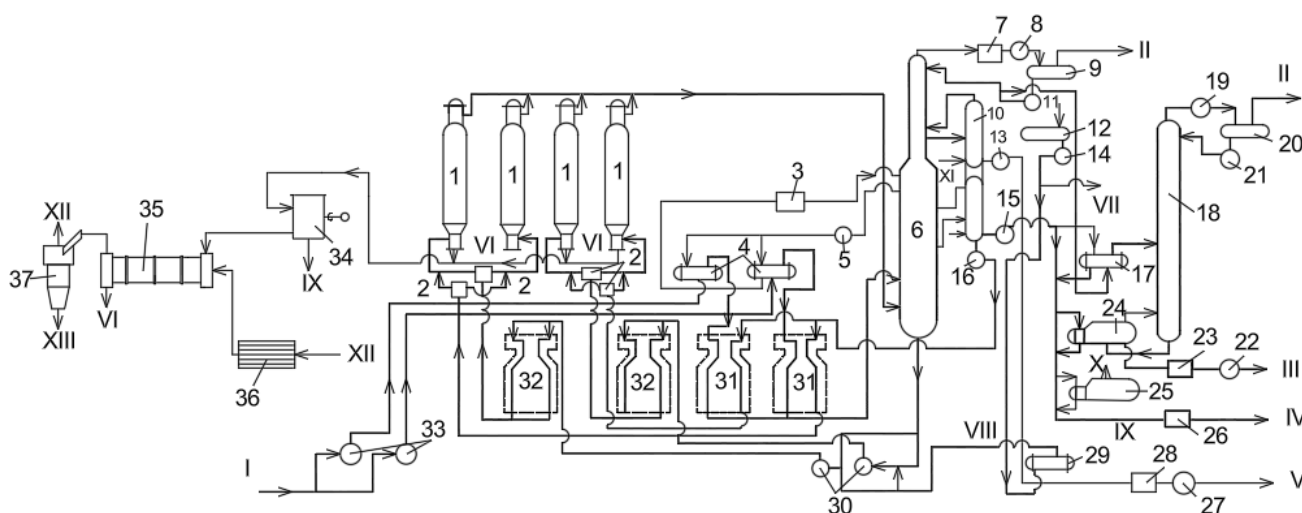
Анотація: Наведено характеристику та область використання коксу. Описано технологічну схему виробництва коксу. Описано вибір типу апаратів та наведені схеми цих апаратів.

Ключові слова: МОДЕРНІЗАЦІЯ, КОКС, БАРАБАННА СУШАРКА ТА ЦИКЛОН.

COKE is a solid, strong porous mass, a product of coking or cracking of natural fuel or its processing products at temperatures of 950–1100 °C without air access. It is used as fuel and reducing agent in blast furnace production, as fuel in foundry production, for agglomeration of ores, rolling of polymetallic waste, as raw material in electrode production. Depending on the type of raw material, coke is

distinguished: hard coal, pitch (electrode) and petroleum. Coal coke is a product of coal coking with a carbon content of 78–89 to 90–95%. It has a gray color, is a smokeless fuel in metallurgy, an iron ore reducer in pig iron smelting, and a charge disintegrant. Blast furnace coal coke usually has lump sizes of at least 10 mm. Combustible gas is produced during the production of coal coke. After cooling, separation of some chemical products and purification from hydrogen sulfide, coke gas contains on average 55–60% H₂, 20–30% CH₄, 5–7% CO, 2–3% CO₂, 4% N₂, 0.4–0, 8% O₂. It is used as fuel in industrial furnaces, gas engines, and as a raw material in the chemical industry. Production of coking products is carried out by enterprises of the coke chemical industry [1].

The coke production scheme is shown in Figure 1 [2].



1 – coke chambers; 2 – switching taps; 3, 7, 23, 26, 28 – air cooling condensers; 4, 17, 29 – heat exchangers; 5, 11, 13-16, 21, 30, 33 – pumps; 6 – rectification column; 8, 19, 22, 27 – refrigerators; 9, 20 – gas separators; 10 – evaporation columns; 12 – capacity; 18 – stabilization column; 24, 25 – boilers; 31, 32 – ovens; 34 – centrifuge; 35 – drum dryer; 36 – heater; 37 - cyclone.

I – raw material; II – gas; III – gasoline; IV – heavy gas oil; V – light gas oil; VI – coke; VII – water condensate; VIII – turbulator; IX – chemically purified water; X is a couple; XI – water vapor; XII – air; XIII - coke dust.

Figure 1 – Scheme of coke production

Coking raw materials are pumped by centrifugal pumps 33 in two parallel

streams through heat exchangers 4 and coils of furnaces 31 and from there enter the rectification column 6 on cascade plates. In contact with steam and gases entering column 6 from chambers with a temperature of 425 °C, the raw material is heated to 400 °C. Condensed high-boiling coking products (recyclate) mixed with raw materials form the raw materials of coke chambers (secondary raw materials). From the bottom of the column, secondary raw materials are sent to receive furnace pumps 30. Each of these pumps pumps raw materials through coils of tubular furnaces 32, where it is heated to 510 °C, and then enters the corresponding chambers 1, which work in pairs.

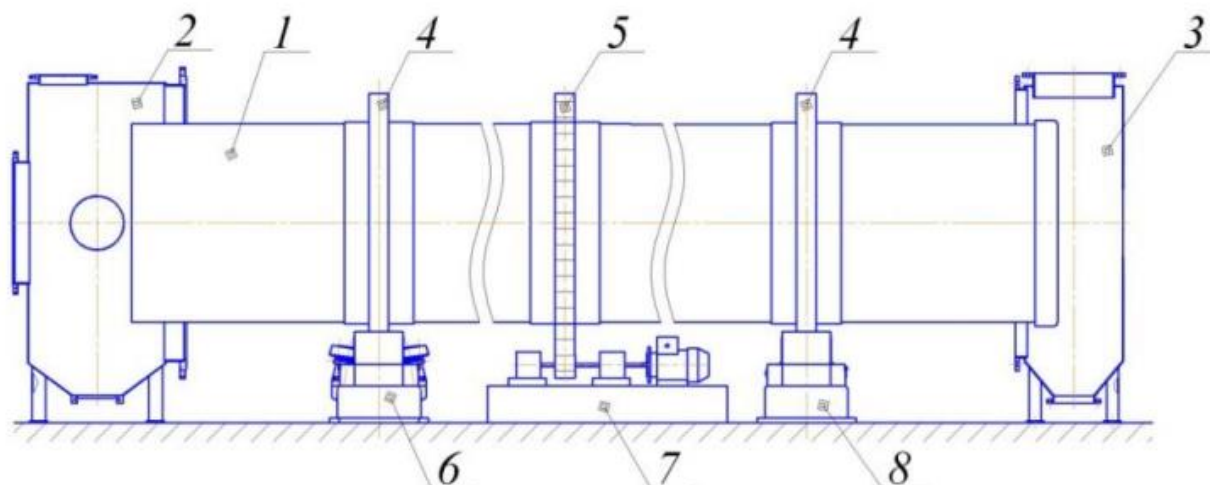
To obtain coke with a low content of volatile substances and high mechanical strength, an additional amount of heat is supplied to the chambers, and heavy gas oil vapors serve as the heat carrier. Heavy gas oil from the lower evaporation column 10 is pumped by the pump 16 through the coils of the furnaces 31, where it is heated to 515-520 °C, and after mixing with secondary raw materials, it is sent to the coke chambers through the switching taps.

Before unloading the coke, the chambers are first cooled to 400 °C with steam. The steam is sent to column 6. After that, the coke is cooled with water. With the help of special devices, coke is removed from coke ovens 1 and sent to a centrifuge 34 to remove moisture from the material for further drying. Then the coke is sent to the drum dryer 35, where the drying process is completed. Heaters 36 are used to obtain hot air. After drying, the dusty air goes to cyclone 37, where it is cleaned of coke dust.

The scheme of the drum dryer is shown in Figure 2.

The drum dryer consists of a drum 2, which rotates with the help of the movement of the crown gear 5, which is connected to the gear, which is located on the shaft of the reducer, which is part of the drive station 7. The axis of the drum is at a small angle to the horizon. The pressure caused by all the rotating masses is transmitted with the help of tires 4 to the rollers of the support-stop 6 and the support station 8. The support rollers play the role of supports, the stops - to prevent the

inclined drum from moving along the axis. Bandage 4 is a ring rectangular in cross-section, which is put on shoes installed around the circumference of the drum. Loading 2 and unloading 3 cameras are installed on both sides of the drum.



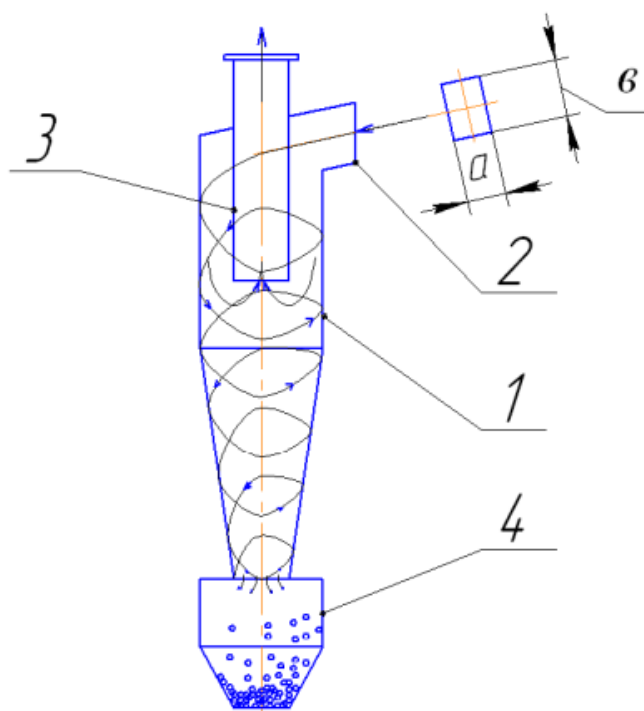
1 – drum; 2 – loading chamber; 3 – unloading cell; 4 – bandage; 5 – crown gear; 6 – bearing-bearing station; 7 – drive station; 8 – reference station.

Figure 2 – Diagram of a drum dryer.

The nozzle is selected depending on the material being processed. For large particles and material prone to sticking, a blade nozzle system is used, for bulk materials - a distribution system, for dust-forming materials - a transshipment system using closed cells. The drum is usually filled with material up to 20%. The drum filling factor, or the ratio of the cross-sectional area of the drum filled with material to the cross-sectional area of the drum, is taken depending on the type of nozzle and the properties of the material being dried [3].

The dusty air enters the cyclone 1 (Figure 3) through the tangentially built-in nozzle 2 at a certain angle to the cyclone body and, acquiring a rotational motion, descends spirally down along the inner surface of the walls of the cylindrical and, further, conical parts of the device body. Rotating first in the annular space, which is formed by the cylindrical part of the cyclone body and the exhaust pipe 3, and then in the horse zone located below the end of the exhaust pipe, the gas flow forms a

rotating vortex. At the same time, centrifugal forces develop, under the action of which solid particles in the gas stream, which have a much higher density than the gas, are thrown to the walls of the cyclone body. The movement of solid particles along the inner surface of the cyclone to the hopper 4 is caused not only by the influence of gravity, but also by the influence of the pressure of the gas flow, which is directed downwards. Having reached the lower end of the conical part of the cyclone body, solid particles enter the hopper. In the conical part of the cyclone body, the gas flow begins to change direction and move up to the exhaust pipe, forming an internal vortex. The gas stream freed from solid particles enters the exhaust pipe 3 and, rising along it spirally upwards, is removed from the cyclone [4].



- 1 - cyclone body; 2 - inlet pipe; 3 - exhaust pipe;
4 - hopper (collector of trapped solid particles)

Figure 3 – Schematic diagram of the operation of the cyclone

List of links:

1. Koks / V. WITH. Biletskyi, V. IN. Oshovsky // Encyclopedia of Modern Ukraine [Electronic resource] / Edited by: I. M. Dzyuba, A. AND. Zhukovsky, M. G. Zheleznyak [etc.] ; National Academy of Sciences of Ukraine, National Academy of

Sciences. - К. : Institute of Encyclopedic Research of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2013. – Access mode:<https://esu.com.ua/article-8077>

2. Lastovkin G. A., Radchenko E. D., Rudin M. G. Oil refiner's guide. - L.: Chemistry, 1986. - 648 p.

3. I. Chernobylsky I., Tananayko Yu. M., Drying plants of the chemical industry - К.: Technika, 1969. - 280 p.

4. Methodical instructions for conducting laboratory work from the credit module "Processes and equipment of chemical technologies - 1. Basic principles of the theory of heat and mass transfer" "Determining the hydraulic resistance of a cyclone" for students of the direction 6.050503 "Mechanical engineering" [Electronic resource] / A. R. Stepaniuk; Kyiv: NTUU "KPI named after Igor Sikorsky", 2017. - 15 p.

UDC 661.11

METHODS OF RESEARCHING SAMPLES OF STARCH-BASED BIOPOLYMER MATERIALS

Assistant Kosenko V.V.; Assistant Byshko M.A.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Анотація. У статті розглянуто сучасні методики дослідження біополімерних матеріалів на основі крохмалю, включаючи реологічний, структурний, термічний, механічний, морфологічний аналізи та оцінку біорозкладності. Узагальнено ключові аспекти використання цих методик для вивчення властивостей крохмалю, модифікованого різними добавками, та визначено напрямки подальших досліджень.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КРОХМАЛЬ, БІОПОЛІМЕРИ, РЕОЛОГІЯ, ТЕРМІЧНИЙ АНАЛІЗ, МОДИФІКАЦІЯ, БІОРОЗКЛАДНІСТЬ.

Summary. The article reviews modern methods for studying starch-based biopolymer materials, including rheological, structural, thermal, mechanical, morphological analyses, and biodegradability assessment. Key aspects of applying these methods to examine starch properties modified with various additives are summarized, and directions for future research are identified.

KEYWORDS: STARCH, BIOPOLYMERS, RHEOLOGY, THERMAL ANALYSIS, MODIFICATION, BIODEGRADABILITY.

Introduction

Starch-based biopolymeric materials are a promising area of research due to their environmental friendliness, biodegradability, and availability of raw materials. Starch, as a natural polymer, exhibits a wide range of properties that can vary depending on its chemical composition, processing conditions, and the presence of

modifiers. The study of such materials is important for the creation of innovative biopolymers with specified characteristics for use in packaging materials, medicine, agriculture, etc. This article summarizes modern methods for studying the properties of starch-based biopolymer materials, analyzes their effectiveness, and identifies areas for further research.

Rheological properties

Determining the viscosity of biopolymers is key to understanding their behavior under different conditions. For this purpose, rotational viscometers are used to evaluate the effect of temperature, shear rate, and pH on viscosity. Additionally, capillary viscometers are used to accurately determine the viscosity coefficient under non-uniform conditions. [1]

Structural analyzes

Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) techniques provide information about the functional groups formed as a result of chemical modification. X-ray diffractometry (XRD) is used to analyze the crystallinity of the material, which allows to determine changes in the internal structure of the polymer under the influence of modifiers. Additionally, small-angle X-ray scattering (SAXS) methods are used to analyze nanostructural changes in the material. [2]

Thermal properties

Differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA) are the main methods for evaluating the thermal stability and thermal transitions of materials. In addition, thermomechanical analysis (TMA) allows to determine the changes in sample dimensions under the influence of temperature and load. [3]

Mechanical testing

The mechanical strength of biopolymers is evaluated using tensile testers to determine their tensile strength and elasticity. Dynamic mechanical analyzers (DMAs) are also used to evaluate the viscoelastic characteristics of materials over a wide temperature range. [4]

Morphological analysis

Scanning electron microscopy (SEM) provides a detailed analysis of the surface morphology of the material, allowing to assess the homogeneity of the structure and the quality of particle distribution in the matrix. Transmission electron microscopy (TEM) is used for a more detailed study of the internal structure. [5]

Gas permeability and water absorption

The gas permeability of materials is assessed using gas analytical systems that allow determining the degree of barrier properties of biopolymers. To determine water absorption, gravimetric methods are used, which involve weighing samples before and after contact with water. [6]

Spectrophotometry

Ultraviolet-visible spectrophotometry (UV-Vis) is used to evaluate optical properties and study changes in the composition of samples after chemical or physical modifications. This is especially important for materials that are to be used in transparent packaging or biofilms. [6]

Biodegradability

To study the biodegradability of materials, tests in soil or compost conditions are used. Changes in mass, morphology, and composition are analyzed at regular intervals. Biochemical tests are also used to evaluate the activity of microorganisms in interaction with biopolymers. [7]

An analysis of the literature shows that the use of an integrated approach to the study of biopolymer materials allows for a comprehensive assessment of their properties. In particular, the modification of starch with various additives, such as glycerin, acids, or sorbitol, significantly changes its properties. FTIR and XRD studies confirm the chemical and structural changes that affect the mechanical and thermal characteristics of materials.

At the same time, some aspects remain insufficiently understood. For example, it is necessary to improve methods for assessing the stability of biopolymers under different operating conditions, as well as to expand the analysis of their interaction

with other components in complex systems.

Conclusion

The review of methods for studying starch-based biopolymer materials shows their importance for a comprehensive study of the properties of these materials. The combination of rheological, structural, thermal, mechanical, and morphological analysis methods allows us to obtain a deep understanding of the properties of biopolymers and determine the possibilities of their practical application. Further research should be aimed at improving existing methods and developing new approaches to optimize the characteristics of biopolymer materials.

References

1. Gupta, R. K., & Bawa, A. S. (2020). Advances in starch-based polymers for food packaging: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(16), 2769-2789. DOI:10.1080/10408398.2019.1650460
2. Wang, S., & Copeland, L. (2015). Molecular disassembly of starch granules during gelatinization and its effect on starch digestibility: A review. *Food & Function*, 6(3), 894-909. DOI:10.1039/C4FO00574F
3. Zhang, B., Huang, Q., Luo, F. X., Fu, X., Jiang, H., & Jane, J. L. (2015). Effects of octenylsuccinylation on the structure and properties of high-amylose maize starch. *Carbohydrate Polymers*, 122, 5-11. DOI:10.1016/j.carbpol.2014.12.067
4. Cui, J., Liang, D., Li, L., & Wei, Q. (2016). Effects of glycerol and sorbitol on physicochemical properties of sweet potato starch films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 84, 193-199. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2015.12.021
5. Schirmer, M., Höchstätter, A., Jekle, M., Arendt, E., & Becker, T. (2013). Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio. *Food Hydrocolloids*, 32(1), 52-63. DOI:10.1016/j.foodhyd.2012.12.011.
6. González, A., & Igarzabal, C. I. A. (2013). Films based on soy protein and starch for food packaging: Effect of biopolymer blend and interfacial properties on

physicochemical performance. *Journal of Food Engineering*, 116(2), 193-204.
DOI:10.1016/j.jfoodeng.2012.12.022

7. Roy, S., & Shahi, V. K. (2018). Development and characterization of starch-based polymeric membranes for packaging applications. *Progress in Polymer Science*, 80, 1-20. DOI:10.1016/j.progpolymsci.2018.02.004

ПІДГОТОВКА ДЕРЕВИНИ ДЛЯ ПРОПИТКИ ЇЇ МЕТОДОМ РОЗРІДЖЕННЯ

аспірант Подиман Г. С., к.т.н., професор Марчевський В.М.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

АНОТАЦІЯ: У роботі розглядається процес підготовки деревини для просочення методом розрідження. Представлено експериментальну установку, що забезпечує сушіння деревини у вакуумній камері. Метод розрідження дозволяє ефективно видаляти вологу та повітря з порожнин деревини, що сприяє її глибокому та рівномірному насиченню захисними розчинами. Описано перспективи впровадження розробленого підходу у деревообробну промисловість для підвищення якості та довговічності деревини.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДЕРЕВИНА, СУШКА, РОЗРІДЖЕННЯ

Деревина - один з найпопулярніших будівельних матеріалів. Значною мірою це зумовлено її міцнісними властивостями та естетичним виглядом.

Обробка деревини у деревообробній промисловості має забезпечувати її довговічності, стійкість до біологічного та хімічного впливу, а також оптимальних фізико-механічних характеристик.

Одним із сучасних і ефективних методів підготовки деревини до просочення є метод розрідження [1].

Цей метод полягає у створенні зниженого тиску в порожнинах деревини, що дозволяє видалити з них повітря і вологу. Це, у свою чергу, забезпечує глибше проникнення просочувальних розчинів у структуру деревини. Перевагами методу розрідження є підвищення якості просочування, зменшення часу обробки і об'єму використаного просочувального розчину (порівняно з традиційними методами), покращення екологічності процесу та підвищення

- 2) сушіння за умов розрідження передбачає зниження тиску в робочій камері та контролю температури, що забезпечує ефективне видалення вологи;
- 3) оцінка готовності деревини передбачає контроль залишкової вологості та рівномірності її розподілу в заготовці.

Розроблений підхід перспективний для впровадження у деревообробну промисловість, оскільки сприяє підвищенню екологічності, зменшенню витрат ресурсів та покращенню якості кінцевого продукту. У подальшому дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення установки та розширення її застосування для різних типів деревини.

Використані джерела:

1. Ефективна обробка дерев'яного бруса: методи та засоби електронний ресурс від 08.01.2025 https://buduemo.com/ua/news/building_materials/efektivna-obrobka-derevjanogo-brusa-metodi-ta-zasobi.html
2. Пінчевська О.О. Сучасне лісосушильне та лісопильне устаткування / О.О.Пінчевська, З.С.Сірко, В.С.Коваль, Н.В.Марченко. – Харків: ПФ «Центр-інформ», 2005. – 176 с.
3. Білей П.В. Сушіння та захист деревини / П.В.Білей, В.М.Павлюст.- Львів:2008.-312 с.

**MODERNIZATION OF METHANOL PRODUCTION FACILITY
WITH DEVELOPMENT OF RECTIFICATION COLUMN AND STEAM
GENERATOR**

student A.O. Trunin, Ph.D., Assoc. Stepaniuk A.R.

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

Annotation: *Described technological scheme of methanol production, a description of the designs of the rectification column and the steam generator is provided*

Keywords: MODERNIZATION. METHANOL, RECTIFICATION COLUMN, STEAM GENERATOR

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

студент Трунін А.О., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

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

Анотація: *Описано технологічну схему виробництва метанолу, наведено опис конструкцій ректифікаційної колони та парогенератора*

Ключові слова: МОДЕРНІЗАЦІЯ. МЕТАНОЛ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, ПАРОГЕНЕРАТОР

Methanol (CH₃OH) is an important substance used in many industries. It serves as a raw material for the production of formaldehyde, tert-butyl methyl ether, solvents, resins and pesticides, which are the basis for many production processes. It is also used in the energy industry as an environmentally friendly fuel, a fuel additive,

where it is cleaned of pentacarbonyl.

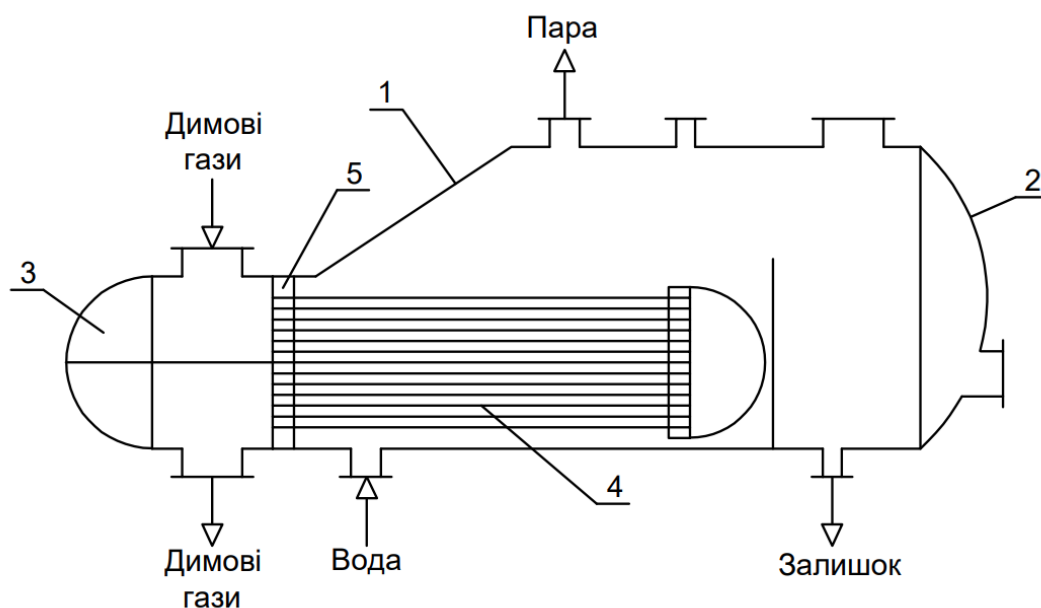
Next, the gas flow is divided into two directions: one is heated in the heat exchanger (8) and fed to the reactor inlet (6), and the other is directed into the reactor between the catalyst layers for temperature regulation. After passing through the reactor, where the mixture reaches a temperature of about 300 °C, it again divides into two streams. One of the flows is used as a coolant in the heat exchanger (8), and the other is cooled in the recovery boiler (9), where it generates high-pressure steam for production needs. The streams are combined and fed to the refrigerator (7), after which the cooled mixture is directed to the high-pressure separator (10). Alcoholic condensate is separated here - raw methanol, and the gas component becomes circulating gas.

The circulating gas is returned to the synthesis process, having previously been compressed to the working pressure in the compressor (2). Raw methanol passes through the throttle (11), where it reaches atmospheric pressure, and enters the collector (12), from where it is sent to the purification columns for purification. Gases and dimethyl ether are removed in the first column (13), and higher alcohols are separated in the second (14). The steam used in the columns is generated by steam generators (15) and (16). Methanol with a purity of 99.95% is obtained at the output.

As a steam generator for this installation, it was decided to use a gas steam generator due to its efficiency, reliability and simple design, which will greatly facilitate further modifications. In addition, the gas used in the steam generator can be used as fuel for the tubular furnace, which will further increase the efficiency of the installation.

The steam generator consists of a body (1) and covers (2). Evaporation of water takes place thanks to the flue gases that enter through the fitting into the distribution chamber (3), and from there — into the pipes (4), secured by pipe grates (5). Water is supplied through another fitting into the inter-pipe space, where, washing the pipe bundle, it is heated and turns into steam. The steam is discharged through the upper connection, and the remaining water is discharged through the

lower connection (Figure 2).



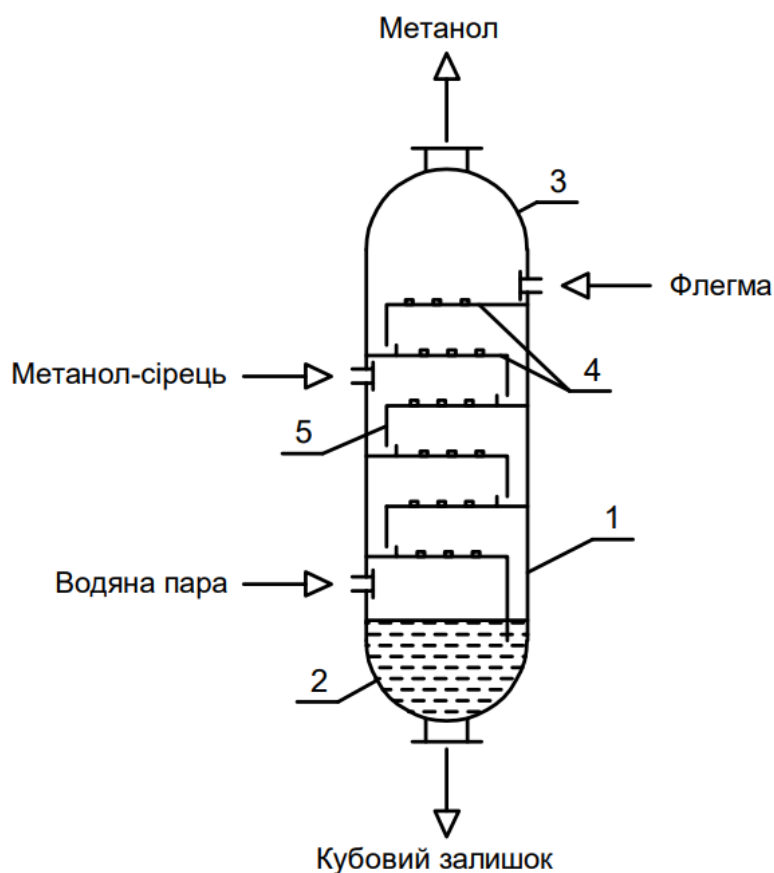
1 – housing, 2 – covers, 3 – distribution chamber, 4 – pipes, 5 – pipe grid.

Figure 2 – Scheme of the steam generator

A plate-type rectification column with plates was chosen for the rectification process. Such a column is the optimal choice for the installation due to high cleaning efficiency, adaptability to changes in process parameters, resistance to contamination and economical design (Figure 3).

The column consists of a body (1) in which there are plates (4) with overflow devices (5), a cover (3) and a bottom (2). Raw methanol enters the middle part of the column through the fitting, where it flows down, passing through the plates in turn. A layer of liquid accumulates on each plate, which gradually evaporates.

In the upper part of the column, the gas phase is cooled, and pure methanol is condensed. Part of the condensed material is returned to the column in the form of phlegm to ensure a more intensive mass exchange process, and the rest is fed to the outlet as a finished product.



1 – body, 2 – bottom, 3 – lid, 4 – plates, 5 - overflow wall.

Figure 3 – Scheme of the rectification column

List of links:

1. Methanol [Electronic resource] // Wikipedia. – Access mode: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Methanol>. – Access date: 12/29/2024.
2. Local solutions to a global problem: compact methanol production [Electronic resource] // Oil-Gas.com.ua. – Access mode: <https://oil-gas.com.ua/statti/Local-solutions-global-problem-compact-production-methanol>. – Access date: 12/29/2024.
3. Methodical instructions for calculation work from the credit module "Processes and equipment of chemical technologies-2. Thermal processes" " for students of the field of training 133 - Industry mechanical engineering: [Electronic

resource] / M.P. Shved, D.M. Shved, Stepaniuk A.R.; Kyiv: KPI named after Igor Sikorskyi, 2017. – 46 p.

**СЕКЦІЯ 1
«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І
НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

STUDY OF THE STORAGE OF WOOD FUEL FROM A THIN GAUGE	
Kremnov V., Belyaev G., Belyaeva I., Zhukov K., Stetsuk V.	6
JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE DESIGN OF THE HEAT EXCHANGER FOR THE INSTALLATION OF THE PRODUCTION OF BARIUM CHLORIDE BY THE CHLORCALCIUM METHOD	
Furman A.V., Hulienko S.V.	11
MODERNISATION OF THE EVAPORATOR	
Stoliar O.O., Hulienko S. V.	16
SCIENTIFICALLY BASED RECOMMENDATIONS FOR DETERMINING THE OPERATING MODES OF ROTOR-STATOR MIXERS TAKING INTO ACCOUNT ENERGY CONSUMPTION AND INCREASING THEIR EFFICIENCY IN EMULSION PRODUCTION	
Kosenko V.V., Byshko M.A.	19
RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE DRYING TEMPERATURE FOR REMOVAL OF VOLATILE AROMATIC COMPOUNDS FROM PEPPER MINT	
Malashchuk N., Dabizha N., Dmytrenko N.	23
MODERNISATION OF HIGH-DENSITY POLYETHYLENE PRODUCTION LINE WITH DEVELOPMENT OF REACTOR AND CENTRIFUGE	
Husarova O., Bielokon A.	27
ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE ETHANOL PRODUCTION PROCESS WITH THE SELECTION OF HEAT EXCHANGE EQUIPMENT	
Pugach Y. R., Hulienko S.V.	32
USING A BOILING INSTALLATION IN HYDROGEN PRODUCTION BY STEAM CONVERSION	
Novokhat Oleg, Danikhno Ruslan	39
METHODS OF MANUFACTURING THERMOPLASTIC PIPES	
Hryhorii PODYMAN	43

FEATURES OF BARLEY PROCESSING IN AN EXTRUDER

B. Tselen, A. Nedbailo, L. Gozhenko, N. Radchenko 47

METHODS OF DEHYDRATION OF CRYSTALLINE BISCHOFITE

Filipov V.V., Novokhat O.A. 49

THE STUDY OF CAVITATION INFLUENCE ON THE PROCESS OF EXTRACTION IN COMBINED HYDRODYNAMIC EQUIPMENT

Georgiy Ivanitsky, Liubov Hozhenko, Bogdan Tselen, Natalia Radchenko, Anna Nedbailo 52

ЗНАЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ РЕГЕНЕРАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МЕМБРАН

Гулієнко С.В., Менько Д. І. 56

MODERNIZATION OF THE FEED YEAST PRODUCTION LINE WITH THE DEVELOPMENT OF A FERMENTER AND HEAT EXCHANGER

Husarova O.V., Chukhlib Y.S. 59

APPLICATION OF HYDRODYNAMIC CAVITATION TO IMPROVE WATER QUALITY IN THE FOOD INDUSTRY

B. Tselen, A. Nedbailo, L. Gozhenko, N. Radchenko 64

USE OF HYDRODYNAMIC CAVITATION'S EROSION EFFECTS FOR MIXING INTENSIFICATION OF HETEROGENEOUS SYSTEMS

Tselen B.Ya., Ivanitsky G.K., Nedbailo A.Ye., Radchenko N.L. 67
Gozhenko L.P., Shchepkin V.I., Pereyaslavtsev O.M.

MODERNIZATION OF THE MIXING DEVICE OF THE TRANSFORMER OIL REGENERATION UNIT WITH A STIRRED APPARATUS

Husarova O., Dakhnenko V., Rybytva R.V. 70

USE OF HYDRODYNAMIC CAVITATION TO INCREASE THE THERMOSTABILITY OF MILK

Tselen B.Ya., Ivanitsky G.K., Radchenko N.L., Nedbailo A.Ye., Shulyak V.V. 76

RESEARCH OF HEAT AND MASS EXCHANGE PROCESSES IN AN APPARATUS WITH A CIRCULATING FLOW

Sobchenko V.V., Kostohryz K.P., Zhaivoronok V.A., Sobchenko H.O. 80

BASIC THEORETICAL PRINCIPLES OF THE MASS TRANSFER IN MEMBRANE PROCESSES UNDER CONCENTRATION POLARIZATION CONDITIONS

Huliienko S.V., Myshkovets S.M. 83

MODERNIZATION OF HEAT EXCHANGER OF THE ACETONE RECOVERY UNIT	
Vladimirov Z.D., Haidai S. S.	87
MODERNIZATION OF A DISTILLATION COLUMN WITH A SIMULATION EXPERIMENT	
Lykhozhon P. M., Haidai S.S.	92
MODERNIZATION OF THE AMMONIA COLUMN	
Tryhubets B. O., Haidai S. S.	95
RESEARCH OF HEAT EXCHANGE AND HYDRODYNAMICS IN RECOVERY POLYMER HEAT EXCHANGER	
Malashchuk N., Dabizha N., Chalaev D.	99
АДСОРБЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕШТКІВ СОНЯШНИКУ	
Петрова Ж.О., Новікова Ю.П., Самойленко К.М.	103
HEAT SUPPLY TO THE ENTERPRISE BASED ON HIGH DUST SER	
Kremnev V., Timoshchenko A., Timoshchenko A., Korbut N.	107
ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ, ЯК ЕЛЕМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	
Гомонюк С.В.; Семінський О.О.	111
WATER VAPOR AND PARTICULATE MATTER CAPTURE FROM THE GAS STREAM IN THE PACKED BED SCRUBBER	
Ivan Tisnyi, Andriy Stepaniuk	116
МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ З ВИГОТОВЛЕННЯ ХЛОРИСТОГО КАЛІЮ	
Пугач Ярослав, Гулієнко С.В.	119
MODERNIZATION OF THE VIBROEXTRUSION PLANT	
Anastasiia Dovhopol, Igor Andreiev	123
MODERNISATION OF THE MEMBRANE APPARATUS	
Stoliar O.O., Huliienko S. V.	126
MODERNIZATION OF A HYDROGEN PRODUCTION PLANT BY APPLYING A BIMETALLIC CATALYST	
Danikhno R.M.; Novokhat O.A.	128

CFD-АНАЛІЗ ТЕЧІЇ РІДИНИ В ЦИЛІНДРИЧНІЙ МОДЕЛІ КАНАЛУ МЕМБРАННОГО МОДУЛЯ ЗІ СПЕЙСЕРОМ	
Гулієнко С.В., Ясеньчук В. В.	132
THE MODERNIZATION OF POTASSIUM CHLORIDE PRODUCTION PLANT WITH DEVELOPMENT OF EVAPORATOR AND MEMBRANE APPARATUS	
Student Muzyka S.M., Huliienko S.V.	135
SIMULATION OF COMBINED CAPTURE OF SOLID PARTICLES AND WATER VAPOR	
Andriy Dmytruk, Stepaniuk A. R.	140
INFLUENCE OF THE PROTECTIVE ENVIRONMENT ON THE KINETIC CHARACTERISTICS OF PHYTOHORMONE DRYING	
Pereiaslavitseva O.O., Protsenko E.M	146
JUSTIFICATION OF THE SELECTION OF THE DESIGN OF THE DRYER FOR THE INSTALLATION OF THE PRODUCTION OF BARIUM CHLORIDE BY THE CHLORCALCIUM METHOD	
Furman A.V., Huliienko S.V.	149
ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF CAPTURE OF SOLID PARTICLES IN CYCLONE SEPARATORS OF DIFFERENT DESIGNS	
Maksym Dyshkant, Andrii Stepaniuk	153

СЕКЦІЯ 2

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ» IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF COLORED CARDBOARD	
Serhii Diachuk, Vita Halysch	158
IMPACT OF POLYVINYL ALCOHOL USAGE ON THE QUALITY OF FILTERING MATERIAL	
Iryna TREMBUS, Anna HAPONIUK	161
METHODS FOR DETERMINING ARTIFICIAL AGING OF CELLULOSE FIBERS	
V. Tsykalova, R. Cherepkina	165
THE IMPACT OF SEASONAL FLUCTUATIONS ON THE HYDROCHEMICAL COMPOSITION OF WATER BODIES IN THE CITY OF KYIV	

Yeroshov O., Koliabina I., Khokhotva O., Yaroshenko K.	169
RESOURCE SAVING IN THE PRODUCTION OF PAPER AND CARDBOARD FROM WASTE PAPER	
Yevhenii Mukalo, Vita Halys	173
SUSTAINABLE TETRA PAK RECYCLED CELLULOSE	
Martseniuk Nataliia, Oliferuk Ivanna; Ostapenko Alina	176
ФОРМУВАННЯ БАГАТОШАРОВОГО ПОЛОТНА КАРТОНУ	
Карпенко Х.О., Мовчанюк О.М.	179
USING THE HEDEMORA ARC SCREEN FROM GL&V FOR WASTEWATER TREATMENT	
Oliferuk Ivanna, Martseniuk Nataliia, Ostapenko Alina	184
THE NEWEST MEMBRANES BASED ON THE COMPONENTS OF PLANT RAW MATERIALS	
Sergii Mylokost, Vita Halys	186
ОБЛАГОРОДЖЕННЯ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ СПОСОБОМ ПРОМИВАННЯ	
Б. Скуратівський, Р. Черьопкіна	189

**СЕКЦІЯ 3
«ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

ВИРОБНИЦТВО НЕТКАНИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ MELT BLOWN: ПЕРСПЕКТИВИ, ПРОБЛЕМИ ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ

Євлашкін М.В., Сокольський О.Л., Сівецький В.І.	194
ПЛОТНИЙ СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ГІДРУВАННЯ ДВООКСИДУ ВУГЛЕЦЮ ВОДНЕМ	
Цюпяшук А.М., Соловійов Г.І., Костогриз К.П.	199

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ З УРАХУВАННЯМ ТЕПЛОВИХ ЕФЕКТІВ	
Самусько Б.М., Васильченко Г.М., Сокольський О.Л.	203
ВДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ	
Мандрійчук О.М., Сокольський О.Л.	207
ВПЛИВ ДИСИПАЦІЇ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ РЕЖИМИ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОБРОБКИ В'ЯЗКИХ РІДИН	
Курч А.В.	211
MODERNIZATION OF A COKE PRODUCTION FACILITY WITH THE DEVELOPMENT OF A DRUM DRYER AND CYCLONE	
Nikita Kekukh, Andrii Stepaniuk	214
METHODS OF RESEARCHING SAMPLES OF STARCH-BASED BIOPOLYMER MATERIALS	
Kosenko V.V.; Vyshko M.A.	220
ПІДГОТОВКА ДЕРЕВИНИ ДЛЯ ПРОПИТКИ ЇЇ МЕТОДОМ РОЗРІДЖЕННЯ	
Подиман Г. С., Марчевський В.М.	225
MODERNIZATION OF METHANOL PRODUCTION FACILITY WITH DEVELOPMENT OF RECTIFICATION COLUMN AND STEAM GENERATOR	
A.O. Trunin, Stepaniuk A.R.	228

Рішення

XXVII 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 «Теплофізика та теплоенергетика». Просити голів секцій конференції визначити доповіді від секцій для опублікування в «Українському антарктичному журналі». Учасникам конференції представити рекомендовані доповіді у вигляді публікацій згідно правил публікацій відповідних журналів.

7. Визначити за доцільне поширення інформації про конференцію в засобах масової інформації та залучення до наступних конференцій широкого кола вітчизняних і іноземних науковців.

8. Організатори конференції висловлюють вдячність всім учасникам конференції.

Завідувач кафедри

машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

А.Р.Степанюк