Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет

Збірник тез доповідей XXXVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених

”ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ”

28-29 травня
Київ 2025р.

УДК 66
ББК 35.11-5я43
О 16
Збірник тез доповідей XXXVI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених ”Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів” 28-29 травня 2025 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2025. – 361 с.

Збірник тез доповідей XXXVI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених

”ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ”

Голова оргкомітету: д.т.н., професор, Корнієнко Ярослав Микитович
Члени оргкомітету:
КПІ ім. Ігоря Сікорського:
Зав. кафедри МАХНВ, к.т.н., доц. Степанюк Андрій Романович
к.т.н., професор кафедри МАХНВ Марчевський Віктор Миколайович
к.т.н., доц. кафедри МАХНВ Андреєв Ігор Анатолійович
к.т.н., доц. кафедри МАХНВ Швед Микола Петрович

к.т.н., доц. кафедри Е та ТРП Бенатон Даніель Емілович

ІТТФ НАН України
академік, д.т.н., професор Снєжкін Юрій Федорович
к.т.н., с.н.с., пр.н.с. Коник Аліна Василівна
к.т.н., с.н.с., Слободянюк Катерина Сергіївна

Інститут Газу НАН України
к.т.н., доц. Ільєнко Борис Кузьмич
к.т.н., с.н.с., пр.н.с. Собченко Віктор Васильович

Редактор та комп’ютерна верстка:
асистент Подиман Григорій Сергійович

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту технічної теплофізики НАН України Протокол № 8 від 22.05.2025

Рекомендовано Вченою радою Інститут газу НАН України Протокол № 8 від 08.05.2025 р.

Рекомендовано до друку Кафедрою машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Протокол № 18 від 29.06.2025 р.

Тези опубліковано за авторською редакцією.

СЕКЦІЯ 1
«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

UDC 630

CONSTANT INTERACTION OF FORESTRY ENTERPRISES WITH NEARBY HEAT-GENERATING FACILITIES FOR MUTUAL DEVELOPMENT

Belyaev G., Belyaeva I., Zhukov K., Stetsuk V.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

ABSTRACT. *The paper is devoted to the organization of long-term sustainable interaction of forest farms and enterprises close to them with mandatory technical and organizational re-equipment of their fixed assets.*

KEYWORDS: *FORESTRY ENTERPRISE, WOOD FUEL COD, ILLIQUIDWOOD WASTE.*

СТАЛА ВЗАЄМОДІЯ ЛІСОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ З НАБЛИЖЕНИМИ ДО НИХ ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧИМИ ОБ'ЄКТАМИ ДЛЯ ВЗАЄМНОГО РОЗВИТКУ

Бєляєв Г.В., Бєляєва І.П., Жуков К.Л., Стецюк В.Г.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ. *Робота присвячена організації довгострокової сталої взаємодії лісгоспів та наближених до них підприємств з обов'язковим техніко-організаційним переоснащенням їх основних фондів.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *ДЕРЕВНА ПАЛИВНА ТРІСКА, ЛІСОГОСПОДАРСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО, НЕЛІКВІДНІ ВІДХОДИ ДЕРЕВИНИ.*

The purpose of the work. Development of technical requirements and design solutions for the organization of the system of sustainable energy use of renewable wood resources.

Results. The report belongs to one of the traditional activities of the laboratory of heat and mass transfer processes and equipment - a drastic reduction in unit costs for fuel and energy component in heating and production processes through systematic intensification of thermal technologies and extensive involvement of secondary energy and material resources [1].

The work is based on the following conceptual provisions.

1. Transfer of heat-generating objects territorially close to the forestry enterprise into fuel in the form of pre-dried to moisture W ≤ 20% of wood chips or firewood necessarily requires a number of organizational and technical measures, both at heat-generating objects and in forestry enterprises that are accompanied by significant capital investments.

2. Measures in accordance with paragraph 1 shall be carried out simultaneously.

3. The relationship between heat generating and forestry enterprises must be legally binding and long-term.

4. In addition to the current legislation, the guarantor of compliance with mutual obligations under the contract must also be local governments on the one hand, and on the other - the regional forestry department, which is subordinated to the forestry enterprise-supplier of wood fuel.

5. In addition to the measures under item 1 at the forestry enterprise-supplier it is necessary to make certain changes in the nomenclature of marketable products.

6. Ensuring the measures provided for in paragraphs 1-5 necessarily requires the development and approval of a targeted scientific and technical program aimed at integrating local forestry enterprises into the energy use of by-products of forestry activities.

Conclusions. Technical requirements, design solutions and a "road map" for the gradual involvement of forestry enterprises in sustainable interaction with energy facilities have been developed [2, 3].

References.

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

2. Бєляєв Г.В., Бєляєва І.П., Жуков К.Л. Скоординовані організаційно-технічні заходи на підприємствах лісового господарства – постачальниках і теплогенеруючих об’єктах-користувачах деревного палива. / Матеріали XII Міжнародної онлайн конференції «ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОФІЗИКИ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ», 26 – 27 жовтня 2021 року, м. Київ. С. 48.

3. Кремньов В.О., Тимощенко А.В., Бєляєв Г.В., Бєляєва І.П., Жуков К.Л., Корбут Н.С., Стецюк В.Г. Системна інтенсифікація тепло- і біотехнологічних процесів при утилізації ресурсоцінних відходів біологічного походження на території об’єднаних територіальних громад/ Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій– 2022: колективна монографія Полтава – Львів: НУПП імені Юрія Кондратюка, НУ «Львівська політехніка» — Дніпро: Середняк Т. К., 2022, С. 326-339.https://nupp.edu.ua/page/opis-kolektivnoi-monografii.html

UDC 628.162

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF METAL CORROSION INHIBITORS FOR WATER CIRCUIT SYSTEMS IN MUNICIPAL UTILITIES

Overchenko T.A., Ph.D., senior lecturer, Ivanenko O.I., Dr.D., professor,
Romenska O.O. student, Apanovych L.V. student
National Technical University of Ukraine "I.Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: The article considers the problem of corrosion in aquatic environments, which is relevant for water circulation systems in municipal services. The effectiveness of various corrosion inhibitors, in particular OEDPC, TPFN, NTMPK, GMFN, hypan and their compositions with zinc ions (Zn^{2+}), in tap water of Kyiv city was studied by massometry. It was found that some of the studied compounds, in particular hypan and GMFN in combination with Zn^{2+}, provide a high degree of protection of St3 steel - up to 96%. It was found that the effectiveness of inhibitors depends on their concentration and the presence of a synergistic effect when used in combination with metal ions. The results obtained indicate the prospects for the use of new composite reagents to prevent corrosion in water supply systems.

Keywords: CORROSION, INHIBITOR, WATER CIRCULATION SYSTEMS

Today, the problem of corrosion in aquatic environments is acute. Corrosion of pipelines and other equipment not only leads to structural destruction, but also increases the level of water pollution with suspended solids due to corrosion products [1]. This, in turn, leads to the intensification of sludge deposits on the surface of the pipes and on the heat exchange surfaces, which contributes to an increase in hydraulic resistance and deterioration of heat transfer. To date, there are many studies

and publications on the development of effective corrosion inhibitors, but at the moment this problem is quite relevant. It is very important that the developed reagents are effective corrosion inhibitors [2-3].

The purpose of the research was to create new reagents to prevent corrosion of water circulation systems in municipal utilities.

Studies were conducted on tap water (Kyiv), using OEDPK, TPFN, NTMPK, GMFN, hypan and Zn^{2+} by massometry.

As can be seen from the results (Table 1), OEDPC, which is a highly effective scale stabilizer in tap water, is effective as a corrosion inhibitor for St3 steel. Polyphosphates and hypan are also effective inhibitors. TPFN provides a degree of protection at the same doses at the level of Z=69−82 %.

GMFN is effective as a corrosion inhibitor and provides a degree of protection at the level of Z=70–86%. Hypan under the same conditions provides a degree of protection at the level of Z=64−92%. It is interesting to note that the effectiveness of some inhibitors decreases with increasing dose. This is probably due to the fact that with increasing inhibitor concentration, oxygen sorption on the metal surface decreases.

It is known that phosphonic acids and polyphosphates are more effective inhibitors when used in a composition with Zn^{2+} ions. And in this case, the inclusion of Zn^{2+} ions in the composition led, in general, to an increase in the effectiveness of corrosion inhibitors. The effectiveness of corrosion protection changes little when Zn^{2+} is included in the composition with TPFN, however, when using Zn^{2+} with hypan and GMFN, a high level of metal protection against corrosion is achieved. The composition of hypan with Zn^{2+} provides a degree of protection of 94 - 96% in the entire range of hypan concentrations. In the case of GMFN, the degree of protection reached 87 - 94%, with a high degree of protection achieved at a GMFN concentration of 5 mg.

Table 1 - Effect of inhibitor type and dose on corrosion rate and degree of corrosion protection of St3 steel in Kyiv tap water

Inhibitor	Dose, mg/dm^3	V, g/m^2·h	V′, mm/year	J	Z, %
—	—	0, 0395	0,0397	—	—
OEDPC	5	0,0064	0,0062	6,40	84,00
	15	0,0100	0,0129	3,07	67,40
	20	0,0075	0,0072	5,50	81,80
	50	0,0018	0,0024	16,54	99,95
TPFN	5	0,0120	0,0130	3,05	69,04
	15	0,0100	0,0100	3,97	74,80
	20	0,0070	0,0070	5,67	82,30
	50	0,0082	0,0090	4,41	77,32
TPFN; Zn^{2+}	5;5	0,0086	0,0085	4,67	21,40
	15;5	0,0094	0,0090	4,41	77,32
	20;5	0,0079	0,0075	5,29	81,09
	50;5	0,0119	0,0110	3,06	67,32
OEDPC; Zn^{2+}	5;5	0,0015	0,0017	23,35	96,71
	15;5	0,0062	0,0062	6,40	84,37
	20;5	0,0065	0,0070	5,67	82,36
	50;5	0,0021	0,0027	14,70	93,20
Hypan	5	0,0030	0,0030	13,23	92,40
	15	0,0039	0,0038	10,44	90,42
	20	0,0072	0,0074	5,36	81,34
	50	0,0148	0,0141	2,81	64,41
Hypan; Zn^{2+}	5;5	0,0013	0,0016	24,81	95,56
	15;5	0,0015	0,0019	20,9	95,21
	20;5	0,0014	0,0014	28,35	96,47
	50;5	0,0029	0,0023	17,26	94,2
GMFN	5	0,0058	0,0055	7,21	86,13
	15	0,0118	0,0114	3,48	71,26
	20	0,0086	0,0091	4,36	77,06
	50	0,0119	0,0116	3,42	70,76
GMFN; Zn^{2+}	5;5	0,0024	0,0022	18,04	94,44
	15;5	0,0047	0,0041	9,68	89,66
	20;5	0,0030	0,0030	13,23	92,44

	50;5	0,0053	0,0051	7,78	87,15

References:

1. N.D. Gomelya, V.M. Radovenchyk, G.L. Shutko Study of steel corrosion processes in water/ Ecotechnology and resource conservation. –1996.–N. 1.–P. 36-41

2. T. Overchenko, S.Frolenkova, V. Vorobyova The development of scale formation inhibitors in water circulation systems in industry, power and municipal households/ //Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 54, 1, 2019, pp..72-76.

3. T.A. Overchenko, O.I. Ivanenko, T.V. Krysenko, N. Kozakevich, A. Knyovets Evaluation of the effectiveness of metal corrosion inhibitors for water circulation systems in industry, power and municipal households/ East European Scientific Journal. 3(31). –2018. - P. 49-52.

UDC 66.048.3

MODERNIZATION OF AN ETHANOL PRODUCTION PLANT WITH THE DEVELOPMENT OF A RECTIFICATION COLUMN

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Stepaniuk A. R., student Gnidenko S. V.

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

ANNOTATION.*This paper develops and analyzes an improvement of a cap-type plate, which is aimed at increasing the efficiency of a distillation column to optimize the ethanol distillation process in the chemical industry.*

KEYWORDS: COLUMN, RECTIFICATION COLUMN, RECTIFICATION, CAP PLATE, MODERNIZATION

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ З РОЗРОБКОЮ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ

канд. техн. наук, доцент Степанюк А. Р., студент Гніденко С. В.

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

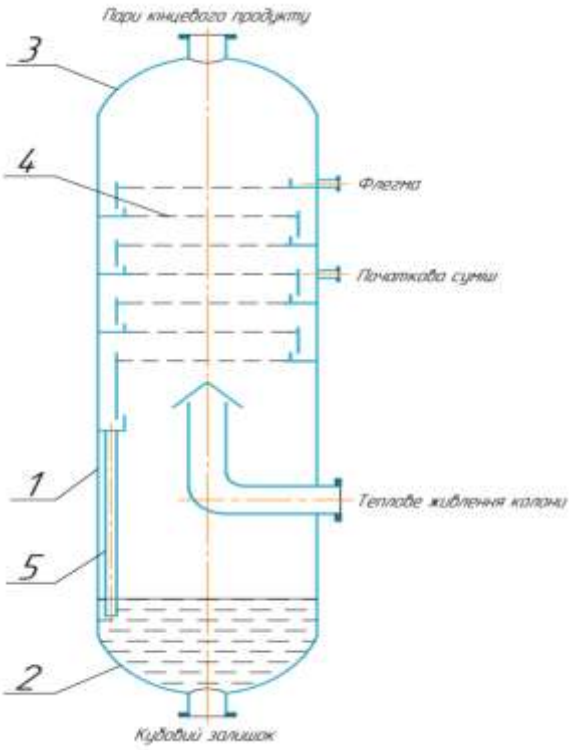
АНОТАЦІЯ. *В даній роботі розроблено та проаналізовано вдосконалення тарілки ковпачкового типу, яке спрямоване на підвищення ефективності ректифікаційної колони для оптимізації процесу дистиляції етанолу в хімічній промисловості.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОЛОНА, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, РЕКТИФІКАЦІЯ, ТАРІЛКА КОВПАЧКОВА, МОДЕРНІЗАЦІЯ

The technology of ethanol production is described by the authors [1]. The aim of the bachelor's project is the modernization of the distillation column**ethanol production plants**. The column is a cylindrical apparatus, into the lower part of which the bottoms vapor is fed - water vapor, which serves as a source of heat supply for the column (Figure 1). This vapor rises upward, heating the liquid located on the plates.

The alcohol that evaporates on the plates rises as steam up the distillation column, together with the alcohol vapors, water vapor rises, which condenses on the plates, due to which the alcohol evaporates. The water vapor condenses on the plates and flows down through the condensate drainage system and accumulates in the lower part of the body - the column bottoms. Part of the bottoms residue is taken out, reheated. It evaporates and is used as thermal feed for the column. Alcohol vapors are taken out from the upper part of the column. Then these vapors are fed into the reflux condenser, where they condense. Part of this condensate is fed back into the column - this is the column reflux feed. And part is fed into the final product tank.

The scheme of the distillation column is shown in Figure 1.



1 – column; 2 – cube (bottom); 3 – lid; 4 – plate; 5 – condensate drainage system

Figure 1 – Scheme of a plate-type distillation column

Advantages of a plate column:

- High efficiency of separation of mixtures, including in the oil or alcohol industry.
- Reusable depending on its setting for certain mixtures.
- Energy saving: columns are often equipped with heat recovery systems.
- A controlled process and automation systems allow for precise control of rectification parameters, ensuring stable product quality.
- The absence of the need for double distillation, which reduces production time and allows obtaining alcohol with a purity of up to 96-97%, which is an important aspect for food and technical purposes.

Disadvantages of a plate column:

1. Rectification columns, especially industrial ones, are expensive to purchase and maintain.

2. Effective work requires special knowledge and experience in chemical production.

3. The high cost of the equipment and the large size of the device, which complicates their installation and use.

4. The need for precise adjustment of the evaporation process and the supply of the substance to the column to prevent production problems and obtain the final product.

5. The complexity of the design worsens the quality of service of the device.

6. Requires additional devices to control the process.

Figure 2 schematically shows the vapor movement through the cap before modernization, Figure 3 after modernization. To increase the efficiency of phase contact, it is proposed to install a distribution grid, which ensures the formation of a vapor layer, which has a larger volume. Compared with the distribution of vapor due to the cap.

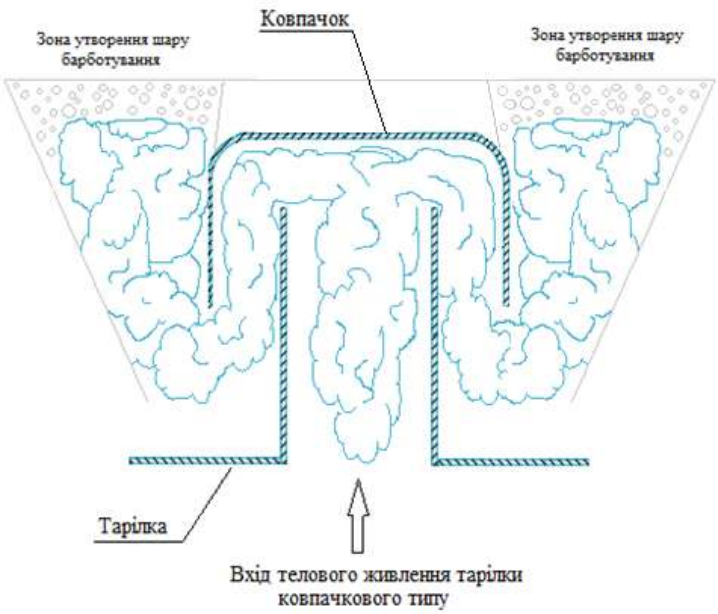


Figure 2 – Schematic representation of steam movement through the cap before modernization

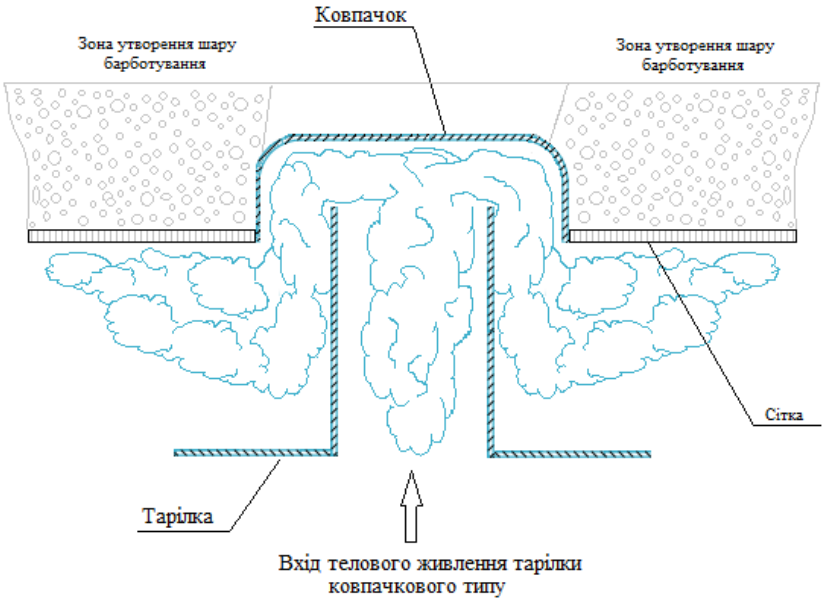


Figure 3 – Schematic representation of steam movement through the cap after modernization

Figure 4 shows a plate with caps with the proposed upgrade. The mesh is fixed and secured by welding to the caps.

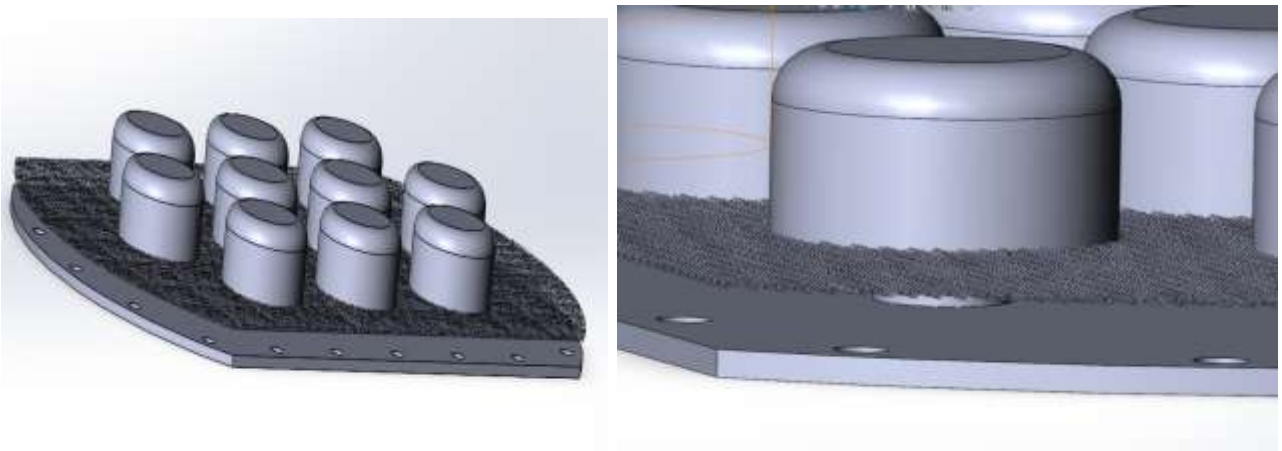


Figure 4 – Cap-type plate with fixed mesh

The proposed improvement will ensure uniform distribution of thermal energy, improve contact of the steam with the plate and the substance, which will ensure a more efficient distillation process. In our case, it is ethanol with a small water content.

List of links

1. Gnidenko S.V., Stepaniuk A. R. (2024). Collection of abstracts of the XXXV All-Ukrainian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "Equipment of chemical production and enterprises of building materials". – K.; 28.11.2024. – P. 34 – 47

МОДЕРНІЗАЦІЯ МІКСЕРА УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВІДНОВЛЕНОГО СОКУ

студент Еквіст Н.І.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

АНОТАЦІЯ: В даній роботі описано і охарактеризовано використання та виготовлення відновленого соку в харчовій промисловості.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МІКСЕР, ВОДА, КОНЦЕНТРОВАНИЙ СІК, ВІДНОВЛЕНИЙ СІК ПЕРЕМІШУВАННЯ.

Виробництво відновлювальних соків є одним із найбільш динамічно розвиваючихся напрямів харчової промисловості. Цей процес передбачає використання концентрату як основної сировини, яка змішується з водою для отримання готового продукту. Завдяки цьому підходу виробники можуть досягти значної економії на транспортуванні та зберіганні сировини, оскільки концентрати займають менший обсяг і мають тривалий термін придатності [1].

Соки та нектари є незамінним засобом для відновлення хімічної структури пошкоджених органів та тканин, містять у собі вітаміни, мінерали, ензими та іншим хімічні елементи, необхідні людині для збалансованого харчування. Виробництво концентрованих соків дає велику економію в утриманні споруд, складів, транспорту, тари. Концентрати соків забезпечують переробку плодів і ягід у врожайні роки та створення запасів соку на випадок неврожаю, дають можливість рівномірно протягом року постачати населення натуральними вітамінами та іншими БАР біоактивними речовинами [2].

Сучасне виробництво соків дає змогу виготовляти соки прямого віджиму, які консервуються й упаковуються для тривалого зберігання. Як правило, для цього використовується стерилізація або пастеризація. Такий сік виготовляється тільки зі свіжозібраних фруктів і ягід [3].

Сучасний підхід до виробництва соків також включає аналіз ринкових тенденцій та споживчих вподобань. За даними досліджень, споживачі все більше обирають продукти з мінімальною кількістю штучних домішок, що робить соки з концентрату оптимальним вибором [4]. Водночас важливо забезпечити прозорість процесу виробництва та відповідність продукції міжнародним стандартам якості. Отже, модернізація обладнання для змішування концентрату з водою є важливим кроком на шляху до підвищення ефективності виробництва та забезпечення стабільної якості соків.

Процес виробництва соків починається з етапу підготовки води, що включає очищення, пом'якшення та охолодження до оптимальної температури. Технологічна схема наведена на рисунку 1.

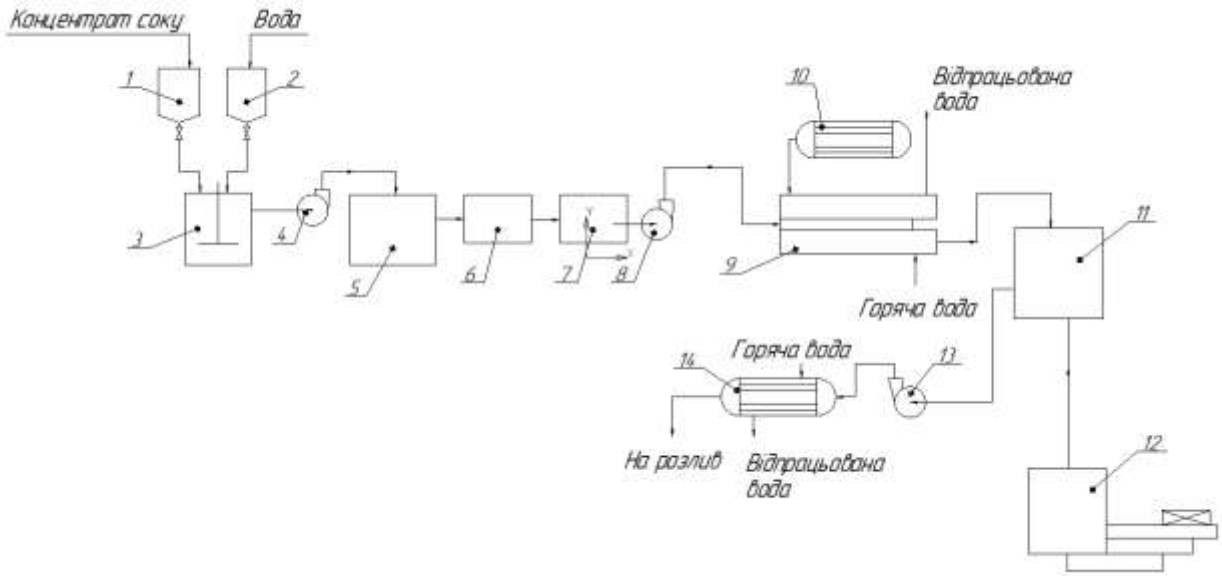


Рисунок 1 – Технологічна схема

На початковому етапі проводиться перевірка концентрованого соку або пюре, які постачають на завод у бочках зі вставленими в них асептичними харчовими мішками-вкладишами або в ємностях із нержавіючої харчової сталі.

Концентрований сік перевіряють одразу після надходження його на завод: проводиться перевірка супровідних документів, у процесі якої фахівці з'ясовують, чи відповідає концентрований сік нормативним документам. Потім перевіряють мікробіологічні показники та органолептичні показники, такі як

смак, колір, запах. Потім перевіряють фізико-хімічні показники - рн, титруєма кислотність, вміст сухих речовин, вміст м'якоті. Якщо всі показники в нормі, то цей концентрований сік використовують у виробництві. Після цього його відправляють на зберігання.

Другий етап перевірки проходить безпосередньо перед приготуванням продукту. Концентрований сік повторно перевіряють на відповідність органолептичних і фізико-хімічних показників заявленій нормі. Якщо на будь-якому з етапів перевірки виявляється відхилення від стандартів, то концентрований сік бракують.

Наступний етап у виробництво відновленого соку – повернення води. Для виготовлення відновленого соку в концентрований сік повертають увесь об'єм води, яка в процесі концентрування була видалена з нього. Для цього використовують питну воду, яка не впливає на смак, запах і колір соку.

Для повернення води концентрований сік спрямовують у купажні танки (міксери), в яких відбувається перемішування концентрованого соку та питної води. Саме на цьому етапі надзвичайно важливо забезпечити рівномірність розподілу компонентів для досягнення однорідності продукту [5].

Недосконалість існуючих технологій часто призводить до утворення осаду або неоднорідності соків, що знижує їхню якість. Цей процес відбувається в закритих непрозорих ємностях без доступу світла за мінімальної кількості кисню. Одночасно повертають концентрованому соку натуральні ароматоутворювальні речовини, видалені під час концентрування.

На наступному етапі проводиться пастеризація, завдання якої забезпечити мікробіологічну безпеку продукту і його збереження протягом усього терміну придатності. У процесі пастеризації продукт нагрівають до +90...+97 °C і витримують протягом 30 секунд. Після цього дуже швидко охолоджують до +25 °C. Такий температурний режим знищує всі шкідливі мікроорганізми і водночас зберігає смакові якості, аромат і вітаміни [6].

Одним із ключових елементів технологічного процесу є міксер, який відповідає за змішування компонентів. У випадку відновлювальних соків

основними завданнями міксера є забезпечення рівномірного перемішування концентрату з водою, збереження стабільної консистенції продукту та мінімізація енергоспоживання [7]. У сучасних виробництвах використовуються різні типи міксерів, включаючи пропелерні, лопатеві та шнекові конструкції. Вибір оптимальної конструкції залежить від характеристик сировини, обсягів виробництва та технічних умов експлуатації [8].

Вибір типу міксера є критичним етапом, оскільки від цього залежить не лише ефективність технологічного процесу, а й економічні показники виробництва. На сьогодні у харчовій промисловості використовуються різні типи міксерів, зокрема лопатеві, пропелерні, шнекові, турбінні та струменеві [1]. Кожен із них має свої переваги й недоліки, які визначають доцільність використання в конкретних умовах.

Перелік посилань

1. Петренко О. В. Технологія виробництва соків: теорія та практика. Київ: Агроосвіта, 2018. 320 с.
2. Алексєєва Н.В., Абдалієв Н., Сарсенова А. Технології та установки для концентрування соку яблучного концентрованого // Вісник науки південного Казахстану. 2018. № 1 (1). С. 18-23.
3. Otor, Juliet. Juice Production; A Profitable Entrepreneurial Business. Juice Production; A Profitable Entrepreneurial Business., 2019.
4. ДСТУ 4518:2008. Соки та сокові продукти. Методи визначення якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 28 с.
5. Сидоренко І. М., Коваленко П. С. Обладнання харчових виробництв: навч. посіб. Харків: ХДУХТ, 2017. 280 с.
6. Іванченко Л. П. Аналіз сучасних конструкцій міксерів для харчової промисловості. Харчова наука і технологія. 2019. № 3. С. 45–52.
7. Кравченко М. О. Підвищення ефективності процесу змішування в виробництві соків. Обладнання та технології харчових виробництв. 2020. № 2. С. 33–39.

УДК 66.047: 631.563

PRINCIPLES OF INNOVATIVE SEED PELLETING TECHNOLOGY

Professor Kornienko Y. M., Associate Professor Haidai S. S., Graduate Student Semenenko D. S.

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

ABSTRACT. *The methods of crop seed treatment and their apparatus design are analyzed in order to ensure high yields, specified consumer characteristics and resistance to unfavorable agro-climatic conditions. Existing methods are characterized by a high risk of agglomerate formation, mechanical seed injury, and low heat utilization. To eliminate these disadvantages, the principles of innovative seed treatment technology using an apparatus with a heterogeneous jet-pulsation mode of fluidization are scientifically substantiated.*

KEY WORDS: PELLETIZING, HETEROGENEOUS FLUIDIZATION, JET-PULSATION MODE.

ЗАСАДИ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДРАЖУВАННЯ НАСІННЯ

проф. д.т.н. Корнієнко Я. М., доц., к.т.н. Гайдай С. С., асп. Семененко Д. С.

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

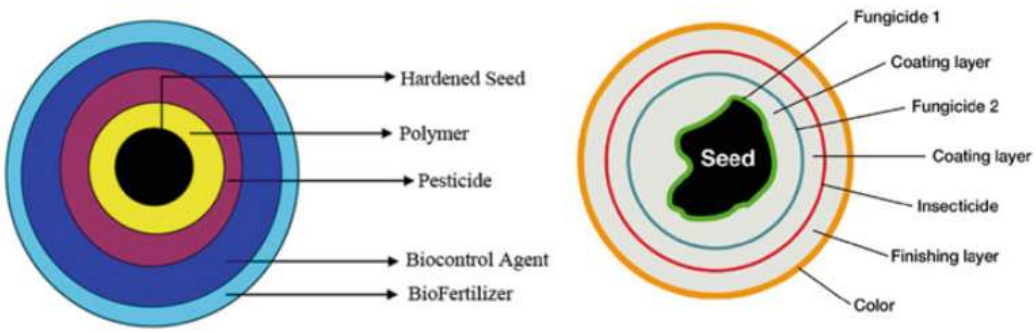
АНОТАЦІЯ. *Проаналізовані методи обробки насіння сільськогосподарських культур і їх апаратурне оформлення з метою забезпечення високої врожайності, заданих споживчих характеристик та стійкості до несприятливих агро-кліматичних умов. Існуючі методи характеризуються високим ризиком утворення агломератів, механічного травмування насіння та низьким коефіцієнтом використання теплоти. Для усунення цих недоліків науково обґрунтовано засади інноваційної технологій обробки насіння з використанням апарата з неоднорідним струменево-пульсаційним режимом псевдозрідження.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДРАЖУВАННЯ, НЕОДНОРІДНЕ ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ, СТУРМЕНЕВО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ РЕЖИМ.

Pre-sowing chemical treatments are essential for increasing agricultural production efficiency and ensuring food security. Seed pelletizing is an innovative method of pre-sowing treatment that improves seed properties, protects them from pests and diseases, and provides them with the necessary nutrients at the early stages of growth.

The use of fluidization techniques for dehydration and granulation during pelletizing ensures mass crystallization with intensive solvent removal, and in the presence of suspended components in the working solution, the formation of composite materials with different morphologies.

In the case of seed pelleting, the most appropriate mechanism for the formation of pelletized seeds is the layer-by-layer mechanism (Figure 1), which will ensure the formation of pellet layers with the specified physical and mechanical properties.



a) – Agritech company b) – Legro company

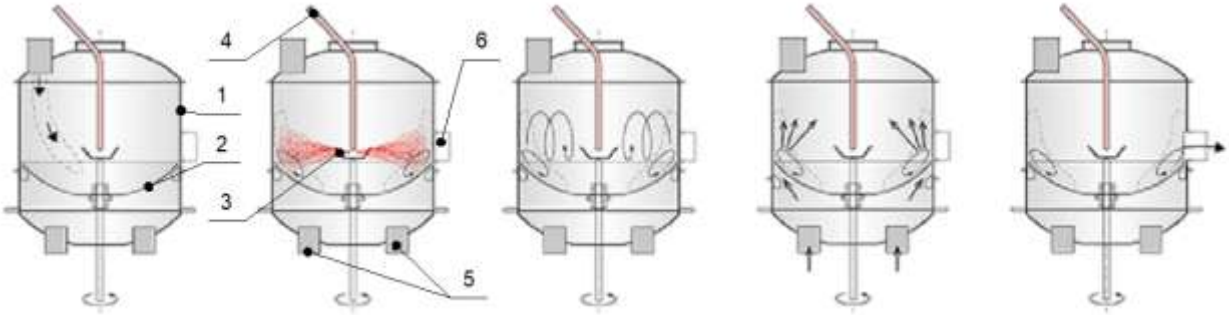
Figure 1 – Mechanisms of seed formation [1, 2]

The most common equipment for all types of pre-sowing processes is a stirrer machine in various modifications, in which the liquid and dust phases are sprayed using a mechanical disk-type disperser. In this case, due to the impact of mechanical blades on the seeds, both the surface layer and the seeds themselves can be damaged. In addition, there is a high risk of agglomerate formation. To dry the resulting product, a drum machine is usually installed, or the process is carried out in a bowl

granulator with subsequent drying of the material. Sometimes the pelletizing process is carried out in a cascade of drum machines. The main disadvantage of such equipment is the multi-stage technology and low heat utilization.

Figure 2 – Pelletizing system DPP [3]

The company Petkus/Roeber [4] proposed a new multi-coater, Figure 3.



a) filling; b) spraying; c) mixing; d) drying; e) unloading of finished products;

1 – cylindrical body; 2 – rotating bottom; 3 – mechanical disperser; 4 – liquid phase supply pipe;

5 – diffusers for air supply; 6 – nozzle for unloading the finished product

Figure 3 – The principle of Petkus/Roeber multi-coater functioning [4]

The obvious complexity of the design and the high cost of the manufacturing technology do not reduce the risk of seed injury in the gap between the edges of the rotating bottom and the walls of the cylindrical body. In addition, insufficient mixing does not ensure effective contact of the coolant with individual particles, which

significantly reduces the mass and heat transfer coefficients. As a result, the specified coating uniformity is not ensured, the granular material is not dried sufficiently, and agglomerates spontaneously form during the pelletizing process.

The peculiarity of the pelletizing process is the formation of a multilayer cluster on the surface of the grain, which is 5 or more times its initial weight. At the same time, pelletized seeds are a biological object with a specific genetic code and, when applied to the soil, must be active and have the resource to counteract negative factors of organic, chemical and climatic origin.

Technologically, the pelletizing process involves the cyclical application of a liquid phase containing a solvent, mineral and organic nutrients, and growth stimulants to the seed surface, followed by evaporation of the solvent (water). As a result, a composite solid phase with a micro-layer structure is formed on the seed surface. To achieve this, it is necessary to ensure effective circulation of the granular material between the irrigation and drying zones without mechanical damage to the seeds. But the main feature is that the process can only take place at a temperature of 40^0C, and the heat supply for the evaporation of the solvent from the liquid formed on the grain surface can only be due to convection from the heated coolant.

Given that the heat transfer coefficient α from the gas coolant has a limited value, an increase in the amount of heat supplied can be achieved by increasing the total contact surface of the phases F, i.e., the product αF tends to max. Given that the liquid phase is continuously dispersed into the fluidized bed, to ensure stable kinetics of the process with a layer-by-layer granulation mechanism, it is necessary to actively renew the working surface of the phases in the irrigation and drying zones at a high driving force for mass transfer. This will increase the coefficient of utilization of the supplied heat with the heated coolant.

All of these requirements are met by a fluidized bed apparatus in which a continuous gas medium is used as a liquefying agent, coolant, and moisture receiving phase. It is known that the coefficient of utilization of the supplied heat of such an

apparatus can reach 50% or more, and in the case of heterogeneous fluidization, the coefficients of heat and mass transfer increase by 1.5–2 times [5]. The high efficiency of the transfer processes in the fluidized bed apparatus is achieved through the use of a heterogeneous jet-pulsation hydrodynamic regime, the physical model of which is shown in stages in Figure 4 [6].

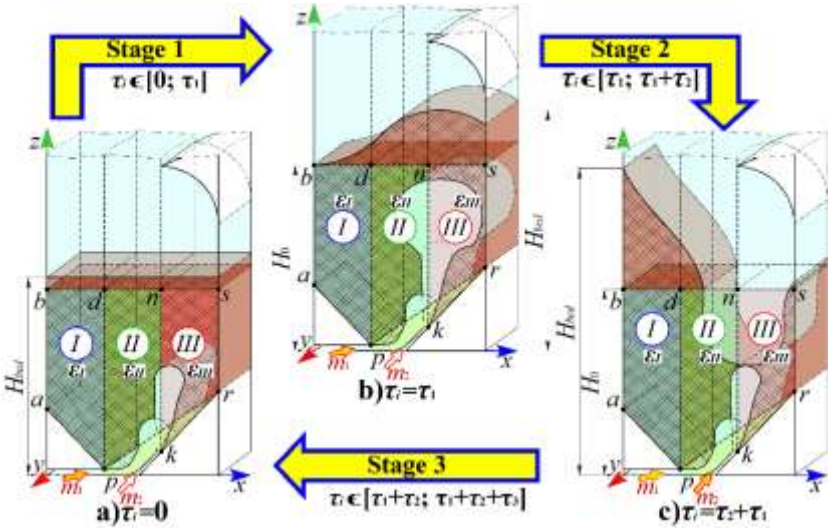
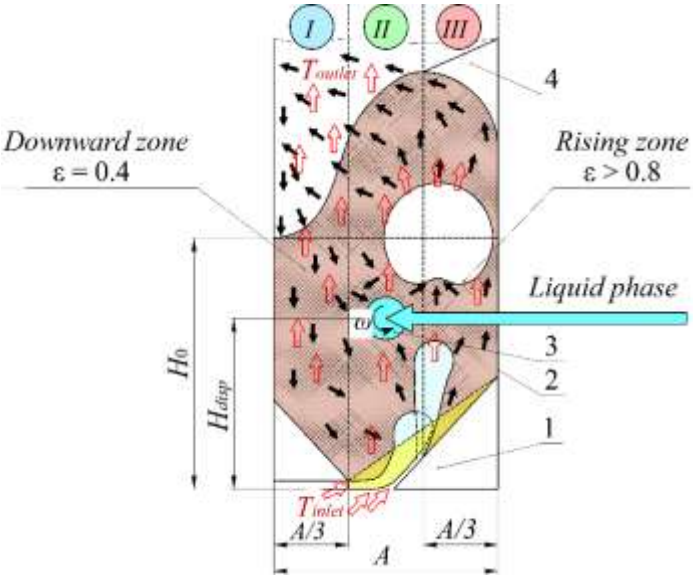


Figure 4 – Stages of evolution of heterogeneous jet-pulsation fluidization [6]

The essence of the process of the proposed technology is that seeds are loaded into the chamber of the granulator 2, which has the shape of a parallelepiped equipped with a slotted gas distributor 1 (GDP) in the lower part. The heated coolant is introduced into the apparatus asymmetrically through the slotting device to create a pulsating fluidization. The liquid phase is sprayed by a mechanical disperser 3 located inside zone II, through which the mass of granular material moves bilaterally (Figure 5).

Testing of this technology in the dehydration and granulation of heterogeneous liquid systems containing almost the same amount of bone meal 29% (organic matter) and ammonium sulfate 27% (mineral component), 2% each of potassium chloride and humate, made it possible to obtain organic-mineral fertilizers of stimulating action of spherical shape with a layered structure, Figure 6–7 [7].



1 – gas distribution device, 2 – granulator chamber, 3 – mechanical disperser, 4 – directing distributor;

Figure 5 – Scheme of the apparatus for carrying out the process of pelleting and granulation under geterogeneous fluidization

Figure 6 – General view of humic-phosphorus-calcium-nitrogen-potassium-sulfur-containing fertilizers with a stimulating effect of the composition: $\Gamma : P : Ca : N : K : S = 1 : 10 : 19 : 11 : 2 : : 12.5$

1 – initial center of granulation, 2 – layered structure;

Figure 7 – Cross-section of the pellet (increased by a factor of 10)

At the same time, the granulation coefficient is $\Psi \geq 88$ % (dust removal is less than 12 %) at a specific moisture load of the layer surface $a_f = 0{,}5$ kg/(m^2·h), which is

2 times higher than this figure compared to the process when implementing homogeneous fluidization [7].

In conclusion, the innovative technology of pelletizing using heterogeneous jet-pulsation fluidization has been successfully tested in the production of granular organic-mineral fertilizers during the dehydration of composite fertilizers containing nutrients of mineral and organic origin and stimulating macro-impurities. The weight of the final granular product increased by 18 times compared to the initial one without deterioration of physical, mechanical, and chemical properties, which indicates the high adaptability of the proposed technology. The fundamental difference from existing technologies is the possibility of obtaining a layered structure on the surface of seeds according to an individual recipe, which is determined by the agro-climatic and environmental conditions of the region of application. This technology is also characterized by high thermal efficiency (over 50 %), which helps to reduce the carbon footprint and improve the environmental safety of production. In addition, the proposed approach is fully suitable for the efficient implementation of drying, seed dressing, encrustation and even calibration processes.

Further research will be aimed at determining the characteristics of hydrodynamics for each type of seed, taking into account their aerodynamic properties and the conditions of the pelleting process, which ensure the preservation of high biological activity of the treated seeds.

References:

1. TNAU Agritech Portal. https://agritech.tnau.ac.in/
2. LEGRO Company. https://legrogroup.com/en/product-groups/
3. Hrupa kompanii Tekhnomashstroi (2025). URL: https://tehnomashstroy.com.ua/ua/p2374944971-kompleks-drazhuvannya-vnesennya.html

4. Kataloh tekhniky AhroTekh (2025). URL: https://www.tria-agro.com/

5. Kornienko, Y.M., Liubeka, A.M. and Haidai, S.S. (2017), *Protses oderzhannia modyfikovanykh hranulovanykh huminovo-mineralnykh dobryv* [The process of producing modified granular humic-mineral fertilizers], Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21268

6. Korniyenko, B., Kornienko, Y., Haidai, S., Liubeka, A. and Huliienko, S. (2022), “Conditions of Non-uniform Fluidization in an Auto-oscillating Mode”, *Advances in Computer Science for Engineering and Manufacturing*, *Lecture Notes in Networks and Systems*, *Springer*, vol. 463, pp. 14–27.

7. Kornienko, Y., Hayday, S., Liubeka, A. and Martynyuk, O. (2016), “Kinetic laws of the process of obtaining complex humic-organic-mineral fertilizers in the fluidized bed granulator”, *Ukrainian Food Journal*, vol. 5, no 1, pp. 144-154.

UDC 620.193.16.

STUDIES OF THE EFFECT OF HYDRODYNAMIC CAVITATION TREATMENT ON THE VISCOSITY OF WATER-COAL SUSPENSION

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], Pereyaslavtsev O.M.[1].
[1]Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine
[2]National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract: *The effect of cavitation on a water-coal suspension of different concentrations using a rotor-pulsation apparatus as a cavitation reactor is studied.*

Анотація: *Досліджено вплив кавітації на водовугільну суспензію різної концентрації з використанням роторно-пульсаційного апарата як кавітаційного реактора.*

KEYWORDS: *CAVITATION, WATER-COAL SUSPENSION, ROTOR-PULSATING APPARATUS.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА**:** *КАВІТАЦІЯ, ВОДОВУГІЛЬНА СУСПЕНЗІЯ, РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ АПАРАТ.*

The viscosity of the fluid significantly affects the flow behavior and cavitation characteristics. In aqueous suspensions, differences in viscosity occur due to changes in the concentration and size of particles compared to pure water. These changes in viscosity significantly affect the intensity of cavitation action, which is extremely important within the framework of this study. The effect of cavitation on a water-coal suspension of different concentrations investigated using a cavitation reactor based on a rotor-pulsation apparatus.

A rotary viscometer used for measure the viscosity of the water-coal suspension. Measurements carried out according to the standard method. The

viscosity of pure water obtained during the experiment was 1.13 mPa·s, and when measuring the viscosity of the water-coal suspension, the following results obtained.

At a low concentration of coal (up to 10 g/l), the viscosity of the suspension corresponds to the viscosity of pure water, regardless of the size of the particles. However, as the concentration of coal increases, the viscosity of the suspension increases, and the size of the particles plays a significant role. Smaller particles contribute to a noticeable increase in viscosity. For example, for particles with a diameter of 0.09 mm, the viscosity increases from 1.132 to 1.219 mPa·s, i.e. by 7.68%. In contrast, for particles with a diameter of 0.05 mm, the viscosity increases from 1.139 to 1.756 mPa·s, i.e. by 54.17%. Thus, an increase in the concentration of coal with smaller particles in the suspension leads to a noticeable increase in its viscosity compared to pure water, which, in turn, significantly increases the level of cavitation dispersion of coal particles in the channels of the rotor-pulsation apparatus.

Comparison of numerical results with experimental data makes it possible to investigate the patterns of the influence of cavitation, as well as the influence of the size and concentration of sediment on the intensity of cavitation. The results obtained allow us to draw the following conclusions:

1. The effect of the concentration of coal in the water-coal suspension on viscosity more pronounced than the effect of particle size. As the concentration increases, the viscosity increases significantly, with this trend becoming more noticeable as the particle size decreases.

2. An increase in the concentration of the suspension or a decrease in the size of coal particles contributes to an increase in the intensity of the effect of cavitation; therefore, attention should paid to water with a sediment containing a small size of sediment particles and their high concentration during the operation of hydraulic machines. It follows that in each subsequent cycle of recirculation, as particles crushed, the level of dynamic effects of cavitation increases.

3. It should also take into account that each coal particle is the center of the formation of cavitation microbubbles, which move along with dispersed particles in the process of their growth. Thus, at the stage of cavitation collapse of these bubbles, each of them, in accordance with the mechanism of discrete-pulse energy input, creates a powerful dynamic effect directly on the dispersion`s surface, which leads to its destruction.

УДК 661.7

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА АМІНОСМОЛ

студентка Вакуліна А.Д, доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: ***:*** *Розглянуто схему виробництва карбамід-формальдегідних та меламіно-формальдегідних смол. Визначено головні апарати схеми та напрямок подальшої модернізації.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АМІНОСМОЛИ, КАРБАМІД-ФОРМАЛЬДЕГІДНІ СМОЛИ, МЕЛАМІНО-ФОРМАЛЬДЕГІДНІ СМОЛИ, СПРЕЙ-СУШАРКА, РОЗПИЛЮВАЛЬНА МІШАЛКА.

Absrtact: *The scheme of production of urea-formaldehyde and melamine-formaldehyde resins is considered. The main apparatuses of the scheme and the direction of further modernization are determine*

KEYWORDS: AMINO RESINS, UREA-FORMALDEHYDE RESINS, MELAMINE-FORMALDEHYDE RESINS, SPRAY DRYER, ATOMIZING MIXER, MODERNIZATION.

Виробництво аміносмол набуло широкого застосування завдяки різноманітності продуктів, що з них виготовляються. Основний продукт виготовлення – клей, який використовується для виробництва фанери, ДСП та деревно-стружкових плит та інших композитних матеріалів для меблевої та будівельної галузей. Також, деякі аміносмоли використовуються як «модифікатори»: наприклад, невелика кількість аміносмоли, додана до текстилю, надає тканинам властивості "прати-і-носити". У автомобільній промисловості аміносмоли покращують адгезію гуми до металевого корду, що робить шини міцнішими та довговічними. Також вони зміцнюють папір,

зберігаючи його структурну цілісність навіть під дією вологи, що критично важливо для упаковки та медичних матеріалів. Формувальні композиції на основі аміносмол застосовуються для виготовлення деталей електроприладів (наприклад, корпусів вимикачів), кришок для пляшок, легкого пластикового посуду та навіть декоративних елементів, таких як ґудзики. Важливою властивістю аміносмол є їх здатність каталізувати затвердіння інших полімерів, що значно розширює сферу їх використання у композитних матеріалах.

Виробництво аміносмол передбачає точний контроль умов реакції, включаючи молярне співвідношення реагентів, pH реакційної суміші, час реакції та температуру.

Синтез проводять періодичним методом, переважно у водному середовищі. Реагенти послідовно завантажуються в реактор з подальшим регулюванням pH за допомогою лужних або кислотних каталізаторів. Умови для першої частини реакції обираються так, щоб сприяти утворенню метилольних сполук. Після змішування реагентів умови можуть бути скориговані для контролю полімеризації, наприклад, підкислюється середовище для ініціювання полімеризації. Реакція також може бути зупинена для отримання стабільного сиропу, який може використовуватися як клей або ламінуюча смола, або змішуватися з наповнювачами для виготовлення формувальних композитів. Також сироп можна комбінувати з наповнювачами (наприклад, деревною стружкою) для створення формувальних композитів або переробляти на більш складні матеріали. Наприклад, шляхом алкілування отримують аміносмоли з підвищеною гідрофобністю, які використовуються у виробництві фарб, лакофарбових покриттів та захисних плівок.

На рисунку 1 показана технологічна схема виробництва карбамід-формальдегідних та меламіно-формальдегідних смол.

Схема виробництва включає три тісно взаємозв'язані блоки: виробництво полімерного сиропу, формувальних сумішей та смол методом розпилення.

Блок розпилення є надзвичайно важливою ланкою технологічного ланцюга, де рідка смола перетворюється на сухий порошок, готовий для використання у прес-матеріалах, адгезивах або покриттях.

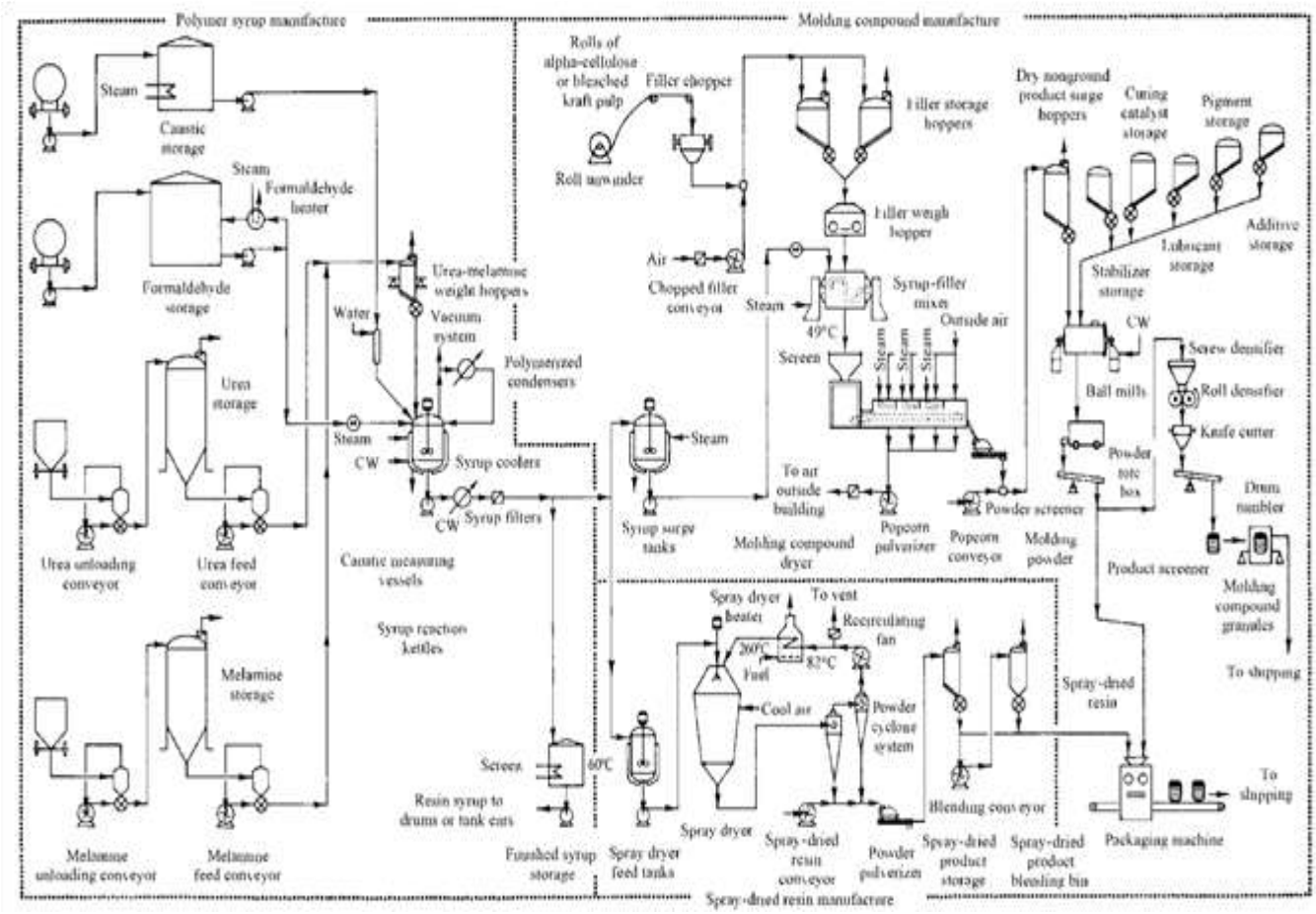


Рисунок 1. – Схема виробництва карбамід-формальдегідних та меламіно-формальдегідних смол. CW – холодна вода

Необхідно зменшити енерговитрати ключових апаратів цього блоку та забезпечити максимальну продуктивність процесу для отримання якісного і економічого продуку.

Найкраще рішення для покращення процесу – удосконалення розпилюючої мішалки та спрей-сушарки. Модернізація дасть змогу знизити енерговитрати, підвищить якість продукту а також зменшить вплив на довкілля

завдяки стабільнішому розподілу частинок. Після чого лишається лише подати частинки смоли до циклонів та подрібнити їх перед упакуванням.

Перелік посилань:

1. Williams, L. L. (1992). Amino resins and plastics. In J. I. Kroschwitz (Ed.), *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* (4th ed., Vol. 2, pp. 321–334). John Wiley & Sons, Inc.

UDC 661.72; 663.1

MODERNIZATION OF AN ETHANOL PRODUCTION PLANT WITH THE DEVELOPMENT OF A STEAM GENERATOR

Student Marchuk D.M. Assoc. Prof. Ph.D., Stepaniuk A.R.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic University of Ukraine"

ANNOTATION:*The process of ethanol production by direct hydration of ethylene, the subject of steam generator modernization, was investigated.*

KEYWORDS:*STEAM GENERATOR, HYDRATION, ETHANOL, ETHYLENE*

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ З РОЗРОБКОЮ ПАРОГЕНЕРАТОРА

Студент Марчук Д.М. доц. к.т.н., Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний університет України імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: *Досліджено процес вироблення етанолу прямою гідратацією етилену, предмет модернізації парогенератора.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *ПАРОГЕНЕРАТОР, ГІДРАТАЦІЯ, ЕТАНОЛ, ЕТИЛЕН*

Ethanol, also known as ethyl alcohol, is widely used in various industrial and manufacturing operations. It is used as a chemical solvent, fuel, cleaner, or antiseptic, and as a chemical intermediate. In addition, ethanol is commonly known as the psychoactive substance in alcoholic beverages. It can be produced naturally by fermenting grains (i.e., "bioethanol ethanol") or synthetically through petrochemical processes. Ethanol is a renewable fuel made from a variety of plant materials, collectively referred to as "biomass". [1]

The urgency of modernizing the ethanol production plant is due to the country's demand for cheap energy sources and chemical elements for heavy industry, reducing dependence on imported petroleum products..

The substance is a transparent, volatile, liquid substance that has a very characteristic pungent odor. Flammable, does not show signs of spontaneous combustion, but easily ignites upon any contact with fire. [2]

Areas of application:

The importance of ethanol is due to its wide range of applications.

- One of the strategically important areas of application of ethanol as an additive is fuel. According toThe Law of Ukraine "On Amendments to Certain Laws of Ukraine Regarding the Mandatory Use of Liquid Biofuels (Biocomponents) in the Transport Sector" dated 04.06.2024 establishes a mandatory ethanol content of at least 5% in all volumes of automotive gasoline sold at wholesale and retail fuel stores.[3]
- In industry as a renewable fuel, with the aim of achieving less pollution or reducing costs.[3]
- In recent years, the demand for antiseptics in all their possible forms has increased significantly. In this industry, ethyl alcohol plays a key role, confirming the relevance of modernizing the technologies of the target component.[4]

- In pharmaceuticals, for the creation of various medicinal formulations such as infusions, tinctures, solutions, etc. It can be important for the extraction of active substances from plants.[4]

Methods of obtaining:

- Fermentation is a biological process where yeast converts sugars (from grains, fruits, etc.) into ethanol and CO_2. It is used to make alcoholic beverages (beer, wine).
- Distillation is a physicochemical method of purifying and concentrating alcohol through evaporation and condensation. It is used to produce spirits.
- Ethylene hydration is an industrial process where ethylene reacts with water in the presence of a catalyst. It produces high ethanol yields and energy costs.
- Acetaldehyde reduction is the chemical synthesis of ethanol from acetaldehyde using catalysts and hydrogen.
- Biomass processing – using enzymes or bacteria to convert cellulose (wood, straw) into ethanol. A promising method for biofuels.

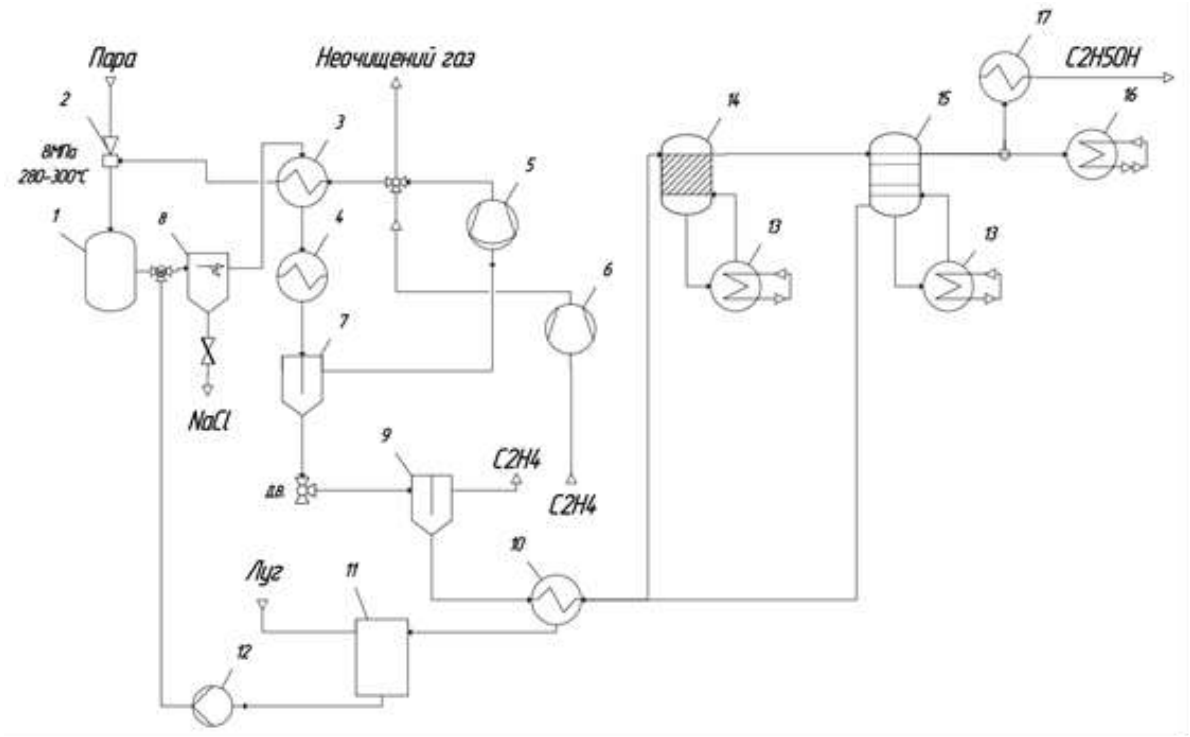
In accordance with the set goal, the process of producing ethanol by hydration of ethylene was chosen due to the potentially high energy costs, which determines the importance of developing innovative methods of thermodynamics, hydrodynamics, and mass transfer in devices.

Technological process of synthetic ethanol production

The process of producing ethyl alcohol by direct hydration of ethylene is based on an exothermic reaction catalyzed by phosphoric acid. Superheated water vapor from the injector (2) is fed to the reactor (1), where it interacts with ethylene in a ratio of 0.7:1. After the reaction, the resulting gas-vapor mixture is sent to the

separator (8), where salts are removed. The main part of the ethylene is supplied by the pump (6), and the circulation compressor (5) ensures the recirculation of the unreacted gas. Both streams are connected in a tee, after which they are sent to the heat exchanger (3), where preheating occurs due to the heat of the reaction products.

The resulting mixture contains phosphoric acid, a reaction catalyst, the pH of which negatively affects the durability of the equipment and pipelines. In order to reduce the aggressiveness of the medium, the acid is neutralized with alkali, which comes from the tank (11) and is pumped by the pump (12) into the reactor (1). After separation in the apparatus (8), the products are cooled in the recovery heat exchanger (3) and the condenser-refrigerator (4), where they pass into the liquid phase. Unreacted ethylene gas is separated in the high-pressure separator (7) and again enters the circulation line, from where it returns to the tee for mixing with fresh ethylene.



1 – reactor; 2 – injector; 3 – heat exchanger-recuperator; 4,17 – refrigerators-refluxers; 5 – circulation compressor; 6 – compressor; 7 – high-pressure separator; 8 – separator; 9 – low-pressure separator; 10 – heat exchanger; 11 – reactor; 12 – high-pressure pump; 13 – steam generator; 14 – stripping column; 15 – rectification column; 16 – reflux condenser; 17 – heat exchanger; D.V. – throttle valve

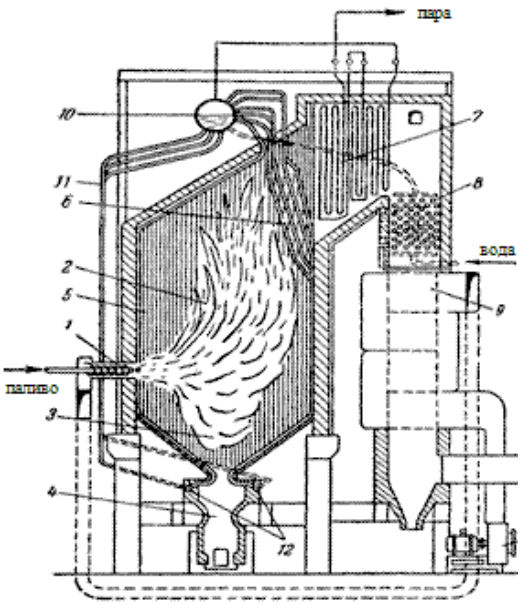
Figure 1 – Scheme of ethanol production by direct hydration of ethylene[5]

In the high-pressure separator, the 15% ethanol solution obtained is directed through a throttle valve to the low-pressure separator, where the ethylene residues are also returned for recycling. The resulting aqueous solution is heated in a heat exchanger (10) using the bottom liquid from the distillation column (15) and enters the stripping column (14). Here, volatile components are pre-separated before the final distillation in the column (15), where concentrated ethyl alcohol is obtained. The steam generator (13) in the scheme performs the function of a recuperative boiler, providing heating of the bottom liquid and stabilization of the temperature regime in the distillation system.[5]

Selecting the device type

1. **Drum steam generators:**

Water is fed into the drum, where it is distributed over a water tube bundle, which is heated externally by combustion gases. The water in the tubes boils, and the steam formed returns to the drum, where it is separated.



1 – burner; 2 – furnace; 3 – cold funnel; 4 – slag shaft; 5 – screen tubes; 6 – festoon; 7 – superheater; 8 – economizer; 9 – air preheater; 10 – drum; 11 – downcomer tubes

Figure 2 – Scheme of drum steam generator

Advantages:

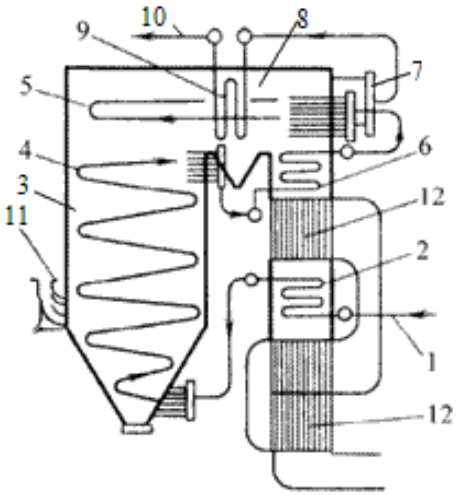
- High efficiency under heavy loads.
- Works at high pressures and temperatures.

Disadvantages:

- Complex design.
- Inexpediency in the steam-gas mixture rectification system for ethanol production
- The need for an additional energy source[6]

2. Direct-flow steam generators:

The water flows through a long pipe where it is gradually heated and converted into steam without forming a drum. The entire process occurs in a single pass cycle



1 – feedwater inlet; 2 – water economizer; 3 – furnace; 4 – lower radiation section; 5 – upper radiation section; 6 – transition zone; 7 – collector; 8 – horizontal shaft; 9 – convective superheater; 10 – superheated steam outlet; 11 – pulverized coal burner; 12 – air preheater.

Figure 3 – Scheme of a direct-flow steam generator

Advantages:

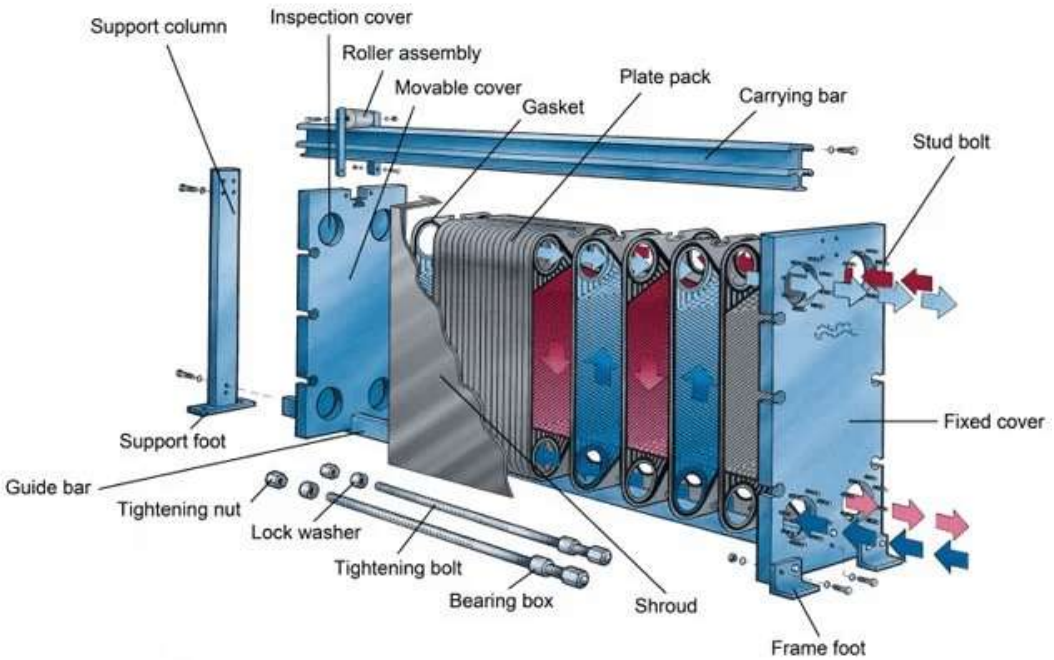
- High steam output

Disadvantages:

- High system pressures
- Sensitivity to sediments due to the lack of a sedimentary zone.
- Difficulty in temperature regulation[6]

3. Plate steam generators

A plate heat exchanger consists of a series of thin, corrugated metal plates with channels between them for the flow of coolant. Hot steam passes through some channels, transferring heat through the plates to the cold liquid in the adjacent channels, which causes it to heat up or evaporate. The corrugated structure of the plates provides turbulent flow, increasing the efficiency of heat transfer.



Support column, 2. Inspection cover, 3. Roller assembly, 4. Movable cover, 5. Plate pack, 6. Gasket, 7. Carrying bar, 8. Fixed cover, 9. Support foot, 11. Guide bar, 12. ShroudFrame foot

Figure 4 – Diagram of a plate steam generator

Advantages:

- High heat transfer coefficients
- Large heat exchange surface

Disadvantages:

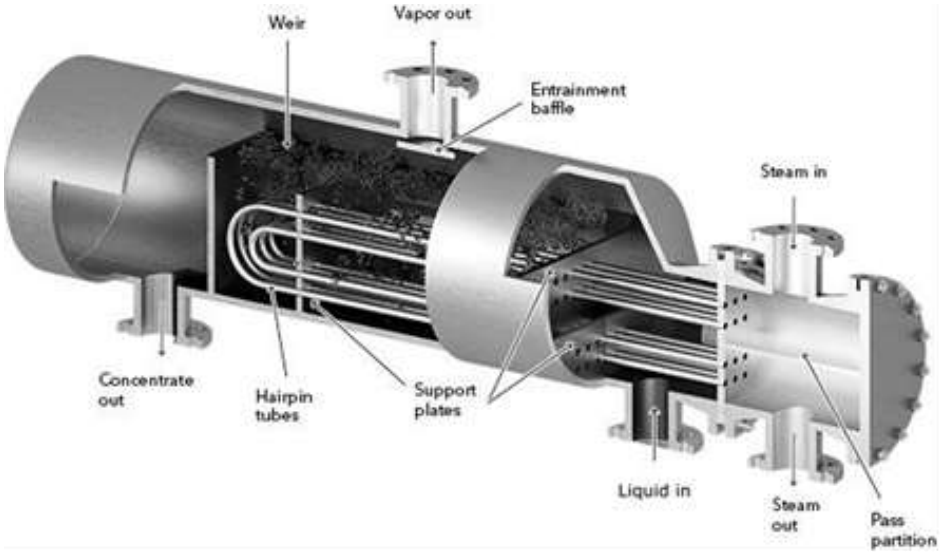
- Rubber seals create significant limitations from temperature and barometric loads
- Susceptibility to corrosion.[7]

4. Shell-and-tube steam generators

The liquid passes through the space between the tubes or in the tubes, which are heated by steam or another coolant. Evaporation occurs as a result of heat transfer through the tube walls, and the vapor-gas mixture is separated in the upper part of the apparatus.

Advantages:

Operation diagram of a horizontal shell-and-tube steam generator[8]



1. Liquid In, 2. Weir, 3. Hairpin Tubes, 4. Steam In, 5. Steam Out, 6. Support Plates, 7. Entrapment Baffle, 8. Concentrate Out, 9. Vapor Out.[6]

Figure 2 - Scheme of operation of a two-pass steam generator

- Large heat exchange area.
- Easy to clean and suitable for systems with high corrosive activity.
- Standardized design, providing cost-effectiveness
- Flexibility in using different types of energy carriers

Disadvantages:

- Large dimensions with high performance.
- May form scale with prolonged use with aggressive environments.
- Dependence of the heat transfer coefficient of the pipe surface on the scale formation criterion for chemically active evaporation agents[8]

According to the analysis of possible evaporators, a horizontal shell-and-tube steam generator was selected due to its corrosion resistance and the ability to work with bottom liquid of distillation systems, which gives it an advantage among the proposed types of steam generating equipment

The process begins with the liquid entering the lower part of the housing through the inlet pipe (Liquid In), where it accumulates to a level limited by the overflow weir. Heating is carried out by supplying steam through the opening (Steam In) into a tube bundle consisting of U-shaped tubes (Hairpin Tubes). Heat is transferred through the walls of the tubes to the liquid, causing active evaporation in the heat exchange zone. The resulting steam, mixed with liquid microdroplets, rises to the upper part of the device, where droplet separation plates (Entrainment Baffle) are installed, which effectively retain the drops and prevent them from being carried away with the steam.

The purified vapor is discharged through a pipe (Vapor Out) located at the top. The concentrated residual liquid is removed through an outlet (Concentrate Out) at the bottom. The operation of the plant is maintained by regulating the liquid level in the evaporation zone - using an overflow baffle or other engineering solutions - as well as controlling the steam supply. [8]

This type of steam generator is widely used as a bottoms liquid reboiler in distillation columns. The installation scheme provides for the supply of chemically active substances to the apparatus with medium-quality water, which causes an increased criterion for the formation of scale on the surface of the tubes, and the need to choose an effective steam generator design.

Conclusion

The results of the work determined the relevance of the subject of developing a steam-generating unit for the production of ethyl alcohol, and its place in the technological scheme. The key advantages and disadvantages of the devices according to the task of the work were analytically determined. The shell-and-tube type device was preferred among the considered possible types.

List of links:

1. https://afdc.energy.gov/fuels/ethanol-fuel-basics#:~:text=Ethanol%20is%20a%20renewable%20fuel,)%2C%20which%20reduces%20air%20pollution.
2. https://him-element.com.ua/uk/news/75?srsltid=AfmBOooHu2MJpg3EIiQhSvDcPHd3VlQEU0HxE0AciE_eYSMbUcn8UNQA
3. https://www.nefterynok.info/stati/obovyazkova-chastka-bioetanolu
4. https://privatization.gov.ua/en/alcohol-industry-2/
5. Yukelson I.I. Technology of basic organic synthesis M., Publishing house "Chemistry", 1968, 394-397
6. https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/stepanov_kotelniustanov/p1-2.html
7. https://www.alfalaval.my/products/heat-transfer/plate-heat-exchangers/gasketed-plate-and-frame-heat-exchangers/heat-exchanger/how-plate-heat-exchanger-work/?utm_source=chatgpt.com
8. https://www.lcicorp.com/en/articles/selecting-evaporators-for-process-applications
9. https://hedhme.com/content_map/?link_id=17433&article_id=270

UDC 661.72

IMPACT OF COMPLEX HYDROMECHANICAL TREATMENT ON THE SIZE OF PARTICLES OF PLANT RAW MATERIALS IN THE FUEL ETHANOL TECHNOLOGY

Oleksandr Obodovych, Dr. Sci. (Engin.)[1], Prof., Yurii Bulii PhD (Engin.)[2], Vitalii Sydorenko, PhD (Engin.)[1], Parchenko Volodymyr[1], Khomenko Valentyna[1]

[1]Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

[2] National University of Food Technologies

Abstract: The impact of the pulsation frequency of the working unit of the rotor-pulsation apparatus on the particle size of aqueous dispersions of wheat straw was considered. It was determined that increasing the pulsation frequency from 1 to 3 kHz reduces the number of cycles from 42 to 30. When changing the pulsation frequency from 1 to 5 kHz, the number of cycles decreases to 27.

Анотація: Розглянуто вплив частоти пульсацій робочого вузла роторно-пульсаційного апарата на розмір часток водних дисперсій соломи пшеничної. Визначено, що збільшення частоти пульсацій від 1 до 3 кГц кількість циклів зменшується з 42 до 30. При зміні частоти пульсацій від 1 до 5 кГц кількість циклів знижується до 27.

KEYWORDS: FUEL ETHANOL, PRETREATMENT, GRINDING, HYDROMECHANICAL PROCESSING, REACTOR MIXER

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПАЛИВНИЙ ЕТАНОЛ, ПОПЕРЕДНЯ ПІДГОТОВКА, ВИДАЛЕННЯ ЛІГНІНУ, ІМПУЛЬСИ ТИСКУ, РЕАКТОР-ЗМІШУВАЧ

The main disadvantage of ethanol production from lignocellulosic raw materials is the high cost due to the presence of hemicelluloses and lignin [1]. Considering the peculiarities of structural and chemical factors that determine its

resistance to the action of enzymes, a necessary stage in the technology of obtaining ethanol for the next generation is the stage of pretreatment for hydrolysis [2]. In recent years, given the relevance of the development of alternative energy, the number of research works devoted to the impact of key processing factors, particularly the size of raw material particles, on the results of hydrolysis and the subsequent stage of alcohol extraction has increased. During processing in rotary reactors based on centrifugal pumps, the raw material is subjected to additional impact of thermophysical factors, which contribute to a further increase in the degree of dispersion of the raw material, increasing the specific surface area of the cellulose material [3].

The aim of the study is to determine the impact of the complex of thermophysical phenomena of hydromechanical processing on the size of lignocellulosic materials during their pretreatment for hydrolysis in the technology of fuel ethanol.

Materials and methods. Experiments were carried out on wheat and corn straw with a particle size ≤ 1 mm. The processing of the aqueous dispersion of straw was carried out on a heat and mass exchange unit with a rotor-pulsation apparatus as a reactor-mixer. The determination of the granulometric composition of straw was carried out by the method of sieve analysis.

The processing conditions were as follows: solid/liquid ratio 1:10; processing duration 1 ... 50 cycles; flow shear rate $20 \cdot 10^3$ s^{-1} and pulsation frequency 1 ... 5 kHz.

When processing an aqueous dispersion of wheat straw in a mixer reactor with a pulsation frequency of 1 kHz, 42 cycles are required to achieve a particle size of 100% less than 0.8 mm. When the pulsation frequency is increased from 1 to 3 kHz, the number of cycles decreases to 30 (i.e. ≈30%). When the pulsation frequency is changed from 1 to 5 kHz, the number of cycles decreases to 27 (i.e. ≈35%).

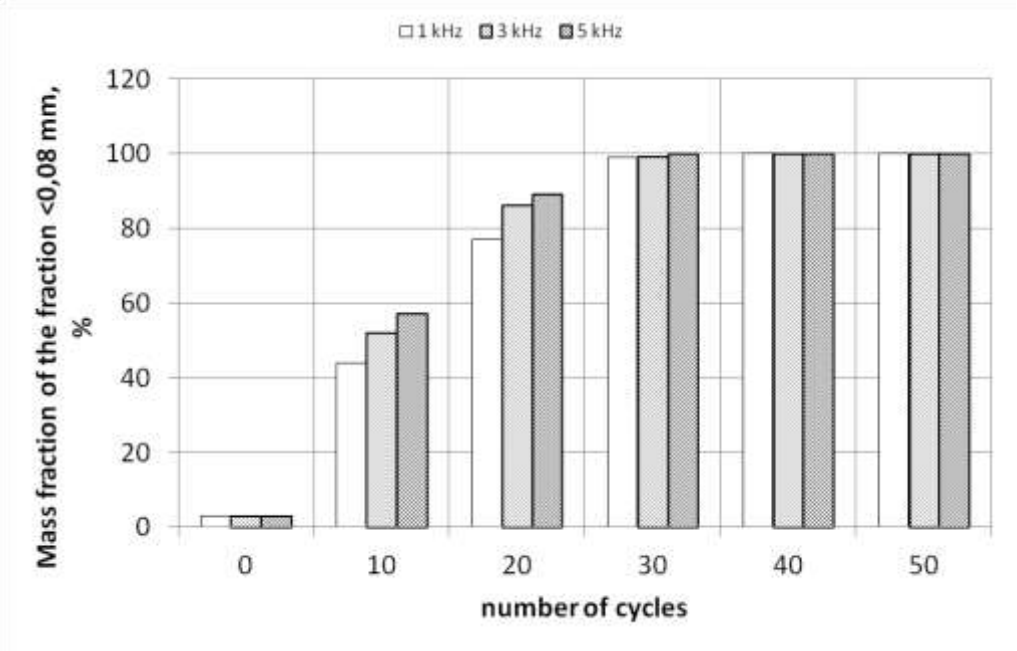


Fig. 1. Dependence of the mass fraction of the fraction of wheat straw particles less than 80 microns on the number of processing cycles and the frequency of pulsations

Conclusion:

The obtained data indicate that the processing of aqueous dispersions of plant raw materials in rotary reactors based on centrifugal pumps at the stage of pretretment of plant raw materials for hydrolysis, which occurs after the stage of mechanical grinding of plant raw materials, leads to further grinding of raw material particles. It was determined that changing the operating parameters of the reactor-mixer, which is a rotor-pulsation apparatus in which the stage of pretreatment of raw materials for hydrolysis takes place, allows changing the dispersion of the processed raw materials. The optimal operating parameters for the selected design of the reactor-mixer were found to achieve the maximum surface area of plant raw material particles, which contributes to the next stage of enzymatic hydrolysis in the technology of obtaining fuel ethanol.

Literature:

1. Ye Sun, Jiayang Cheng Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*. 2002. vol. 83, Issue 1. pp. 1-11, https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00212-7

2. Zoghlami A., Paës G. Lignocellulosic Biomass: Understanding Recalcitrance and Predicting Hydrolysis. *Frontiers in Chemistry*. 2019. 7. https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00874

3. Bimestre, T.A., Júnior, J.A.M., Canettieri, E.V. et al. Hydrodynamic cavitation for lignocellulosic biomass pretreatment: a review of recent developments and future perspectives. *Bioresour. Bioprocess*. 2022. 9, 7. https://doi.org/10.1186/s40643-022-00499-2

УДК 66.045

РОЛЬ ПІДІГРІВАЧА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ

ас. Косенко В.В., студент Костирєв О.Ю.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ. У роботі розглянуто різні типи теплообмінних апаратів. На підставі літературного огляду обґрунтовано вибір апарату для підігріву кормових дріжджів. Запропоновано модернізувати кожухотрубний теплообмінник для підігріву з метою інтенсифікації теплообміну.

Ключові слова: МОДЕРНІЗАЦІЯ, ТЕПЛООБМІННИК, ПІДІГРІВАЧ, КОРМОВІ ДРІЖДЖІ.

Актуальність теми: Виробництво кормових дріжджів є актуальним для світової практики, а також для України. Воно має велике значення у сільському господарстві та харчовій промисловості. Кормові дріжджі є цінним джерелом білка та інших поживних речовин, які використовуються у тваринництві під час виробництва комбікормів, в ролі добавки в кормові раціони в годівлі різних видів худоби. Одним із етапів технологічного процесу цього виробництва є використання теплообмінника в ролі підігрівача. Вибір і оптимізація цього процесу дуже визначальні для одержання гарного результату.

Мета дослідження: дослідити роль підігрівача в процесі виробництва кормових дріжджів та обґрунтувати необхідність його модернізації.

Технологічний процес виробництва кормових дріжджів

Ресурсами для виробництва кормових дріжджів являється барда спиртового виробництва, відходи від виробництва крохмалю та крохмальної патоки, меляса, молочна сироватка, пивні та винні дріжджі, нафтопродукти.

На спиртових заводах, які переробляють мелясу, кормові дріжджі отримують шляхом виділення сахароміцетів із мелясної барди, на решті

підприємств — шляхом вирощування дріжджеподібних грибів на тій же барді. Для вирощування кормових дріжджів використовується близько 80 % післяспиртової барди.

Найбільш розповсюджене виробництво кормових дріжджів з мелясної барди (кінцевого відходу мелясно-спиртових заводів). За своїм хімічним та вітамінним складом мелясна барда являється повноцінною сировиною для виробництва кормових дріжджів. Технологічний процес отримання культивованих кормових дріжджів, зазвичай, здійснюється шляхом мікробіологічного синтезу. Дріжджі виробляються шляхом культивації та ферментації живильних середовищ, що містять необхідні компоненти для росту та розвитку дріжджів. Між блоками флотаційного згущення та остаточного концентрування дріжджів встановлений блок нагрівання дріжджової суспензії до 50-75° з використанням поверхневого теплообмінника.

У технології виробництва кормових дріжджів з післяспиртової барди відомі різні способи виділення та концентрування біомаси дріжджів, але основними та широко застосовуваними є: фільтрація, відстоювання, центрифугування, сепарування, флотація, сушіння, випарювання. Теплообмінник кожухотрубний, як підігрівач, використовується на етапі сушіння і випаровування. Застосування флотації має перевагу але не достатньо ефективне, тому що збільшуєтся кількість зважених частинок, що приводить до зниження коефіцієнта теплопередачі. При вирощуванні кормових дріжджів на післяспиртовій барді їх вихід залежить від виду барди і має такі усереднені значення на 1000 дал спирту: на зерновій - 3000 кг, на картопляній - 1700 кг, на змішаній меласній і зерновій - 1700 кг.

Для отримання кормових дріжджів на гідролізатах рослинних відходів застосовується технологія їхнього глибинного вирощування в спеціальних апаратах – ферментерах. В загальному вигляді ферментер виконує декілька функцій – здійснює гідродинамічні і масообмінні процеси, а також функціонує

як теплообмінник. Гідроліз здійснюють під тиском 13-16 атм та температурі 130-190°С. Стерилізацію забезпечують нерозбірні теплообмінники типу "труба в трубі". В ферментері здебільше використовують для відводу надлишкового тепла спіральні теплообмінники або навіть зовнішній пластинчатий теплообмінник. Робочий цикл вирощування культури дріжджів триває близько 20 годин. Потім культуральна рідина виводиться з ферментера на кожухотрубний теплообмінник, де підігрівається і йде на випаровування і сушку.

Спосіб переробки залежить від первинної сировини, а також потужностей заводу-виробника. Виробництво кормових дріжджів на невеликих дріжджових заводах зі спрощеною технологією становить близько 1000 т на рік, на гідролізно-дріжджових заводах середньої потужності 10-20 тис. т на рік.

Теплообмінники-підігрівачі застосовуються для контролю за температурою культивування, оскільки зміна температури впливає на швидкість метаболічних процесів, підвищення температури може прискорити ферментаційні процеси, тоді як зниження температури може призвести до сповільнення росту та метаболізму, що спотворює результати.

Вибір типу теплообмінника

Найбільш поширені пластинчаті і кожухотрубні теплообмінники, оскільки вони мають найбільший коефіцієнт корисної дії. Пластинчаті більше використовуються при охолодженні, а кожухотрубні при підігріванні необхідного середовища. У процесі виробництва кормових дріжджів будемо розглядати кожухотрубний теплообмінник, як найбільш доцільний.

Завдяки гнучкості конструкції кожухотрубні теплообмінники легко пристосовуються до різних середовищ, технологічних умов і потреб промисловості, тому теплообмінник кожухотрубний має широку сферу застосування. Кожухотрубні теплообмінники відрізняються стійкістю до гідроудару, високою ефективністю, зносостійкістю, довговічністю,

ремонтопридатністю, безпекою експлуатації, здатністю працювати в агресивному середовищі.

Теплообмінник - підігрівач в технологічній схемі виробництва кормових дріжджів допомагає забезпечити оптимальні умови для росту і метаболізму дріжджів, а також дозволяє контролювати якість та властивості отриманих кормових дріжджів. Тому модернізація підігрівача для покращення результатів виробництва кормових дріжджів і їх якості є критично важливою.

Список використаних джерел:

1. Бомко В.С., Сиваченко Є.В., Сметаніна О. В. Корми і кормові добавки та ефективність їх використання в годівлі тварин: – Біла Церква, 2023. – 225с

2. ДСТУ 8723:2017 Дріжджі кормові. Методи випробування

3. Смірнова О.С., Опарін С.О., Біла А.А. Розрахунок кожухотрубного теплообмінника-підігрівача – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2008. – 38 с.

4. Караванський завод виробництва кормових дріжджів https://agrovektor.com/ua/profile/view/u/9460.html - 2025-02-20

5. Проєкт дріжджевого цеху **http://4ua.co.ua/manufacture/qa2bc68a5d53a89421316d27_1.html** - 2025-03-05

UDC 66.047.541

ANALYSIS OF BISCHOFITE DRYING CURVES

PhD student Filipov V.V., PhD, Associate Professor Novokhat O.A.

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *This study presents the obtained drying curves of bischofite under low-temperature infrared drying conditions. Additionally, an analysis of the drying curves is provided.*

KEY WORDS: BISHOFITE, DRYING, DEHYDRATION, KINETICS, DRYING CURVES, KINETIC RULES

АНАЛІЗ КРИВИХ СУШІННЯ БІШОФІТУ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: *У даній праці представлено отримані криві сушіння бішофіту за низькотемпературного сушіння інфрачервоним випромінюванням. Також наведено аналіз кривих сушіння.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БІШОФІТ, СУШІННЯ, ДЕГІДРАТАЦІЯ, КІНЕТИКА, КРИВІ СУШІННЯ, КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ

To determine the feasibility of drying bischofite using infrared radiation and to provide practical recommendations, it is necessary to establish the kinetic regularities of this drying method. This requires identifying the influence patterns of various factors on the drying process, particularly heat flux density and initial moisture content. Therefore, the objective of this study is to determine the kinetic

regularities of the infrared drying process of crystalline bischofite, specifically by constructing drying curves and analyzing them.

It is known that at drying temperatures above 90–100 °C, bischofite begins to lose crystallization moisture. Specifically, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ crystals start transforming into the $MgCl_2 \cdot 4H_2O$ form, losing two water molecules. In some cases, to increase the yield of dried bischofite while preserving the crystal structure, it is sufficient to remove only the surface moisture, which exists as a thin film. That is, the dehydration process consists solely of drying the surface moisture without the dehydration of crystallization water.

During the study of bischofite drying processes using infrared radiation under low-temperature conditions, drying curves were obtained. The surface temperature of the material ranged from 70 to 90 °C. The heat flux density from the emitter to the bischofite surface was 0.9 kW/m², 1.2 kW/m², and 1.45 kW/m².

The obtained bischofite drying curves are shown in Figure 1.

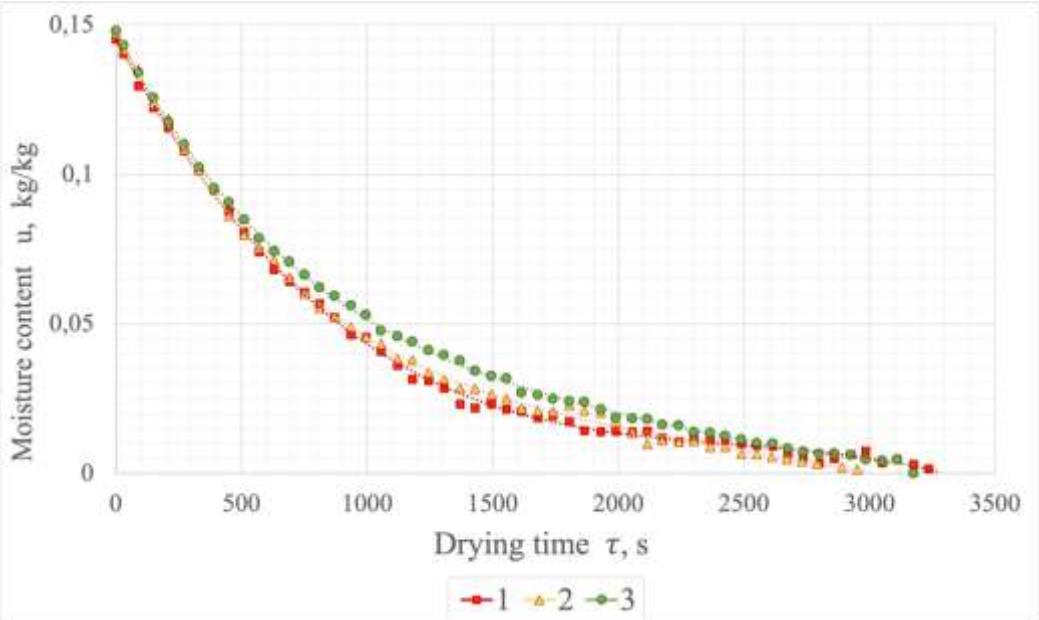


Figure 1 – Drying curves of bischofite using infrared radiation

As seen in Figure 1, the drying curves of bischofite under low-temperature infrared drying conditions are characteristic of crystallized

materials. At the beginning of the drying process, no heating period is observed. This is due to the high intensity of surface moisture heating caused by infrared radiation.

Additionally, the absence of the first drying period can be noted, as the drying curve does not exhibit a linear dependency. There is an observable increase in the intensity of the drying rate decline. However, up to 500 seconds from the start of drying, this decline remains insignificant, and the dependence of bischofite moisture content on drying time is close to a linear relationship.

With an increase in heat flux density, the intensity of moisture removal also increases, leading to a higher drying rate. However, at the final stage of drying, the heat flux density has minimal influence on the drying intensity. During this phase, moisture removal occurs in the deeper layers of the material, and the drying rate becomes limited by other processes unrelated to the heat flux density.

References:

1. K. Sugimoto, R. E. Dinnebier and J. C. Hanson. Structures of three dehydration products of bischofite from in situ synchrotron powder diffraction data (MgCl2·nH2O; n = 1, 2, 4). Acta Crystallographica Section B: Structural Science, Crystal Engineering and Materials. 2007. B63, P. 235–242. https://doi.org/10.1107/S0108768107002558
2. Xuyong Liu, Xiangmei Cui. Research Progress in Dehydration Technology of Bischofite for Preparing Anhydrous Magnesium Chloride. Proceedings of the 2016 5th International Conference on Civil, Architectural and Hydraulic Engineering (ICCAHE). 2016. Zhuhai, China. P. 261–267. https://doi.org/10.2991/iccahe-16.2016.45
3. Holleman, A.F., Wiberg, E. Inorganic Chemistry. Academic Press. San Diego, 2001. ISBN 0-12-352651-5.

UDC 663.1; 676.16.022.6.04 10

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE DELIGNIFICATION OF WHEAT STRAW

Dr. Sci., Professor Obodovych O.M. [1], PhD Pereiaslavtseva O.O.[1],
PhD Stepanova O.E.[1], PhD Sheiko T.V.[2]
[1]Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine
[2]Institute of Food Resources of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Abstract: *The paper presents the results of experimental studies of the influence of technological parameters of preliminary preparation of wheat straw for hydrolysis in a rotary-pulsation apparatus on the process of lignin removal. It was determined that increasing the initial temperature of the mixture from 18^{0}C to 90^{0}C allows to increase the yield of lignin by 2 times.*

Анотація: *В роботі представлено результати експериментальних досліджень впливу технологічних параметрів попередньої підготовки пшеничної соломи до гідролізу в роторно- пульсаційному апараті на процес видалення лігніну. Визначено, що підвищення початкової температури суміші з 18^{0}C до 90^{0}C дозволяє у 2 рази збільшити вихід лігніну.*

KEYWORDS: *WHEAT STRAW, HYDROLYSIS, ROTARY-PULSATION APPARATUS, LIGNIN.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА*: ПШЕНИЧНА СОЛОМА, ГІДРОЛІЗ, РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ АПАРАТ, ЛІГНІН.*

The use of renewable energy sources, in particular the use of bioethanol as a component of motor fuels, is becoming increasingly popular in Ukraine. Depending on the raw material from which bioethanol is produced, it is classified into a product of the first, second, third and fourth generations. The raw materials for the production of second-generation bioethanol are lignocellulosic materials, such as straw, wood

and agricultural waste. Due to the complex structure and inflexible nature of lignocellulosic biomass, a mandatory stage of its processing is the stage of its preliminary preparation for hydrolysis. At this stage, cellulose, lignin, furfural and hemicelluloses are isolated.

One of the ways to increase the efficiency of pretreatment of lignocellulosic raw materials is to use thermophysical effects that occur during the movement of viscous fluid in rotary-pulsation devices.

The purpose of this work was to determine the influence of the technological parameters of the preliminary preparation of wheat straw for hydrolysis in a rotary-pulsation apparatus on the process of lignin removal.

Materials and methods. Wheat straw, previously crushed in an electric chopper and finely crushed in a disintegrator, was used as the material.

Results and discussion. The effect of the initial temperature of the alkaline solution on the yield of lignin: straw concentration 12% wt.; rotor rotation speed – 47,75 rpm; alkali concentration – 1% wt.; treatment duration – 70 min.

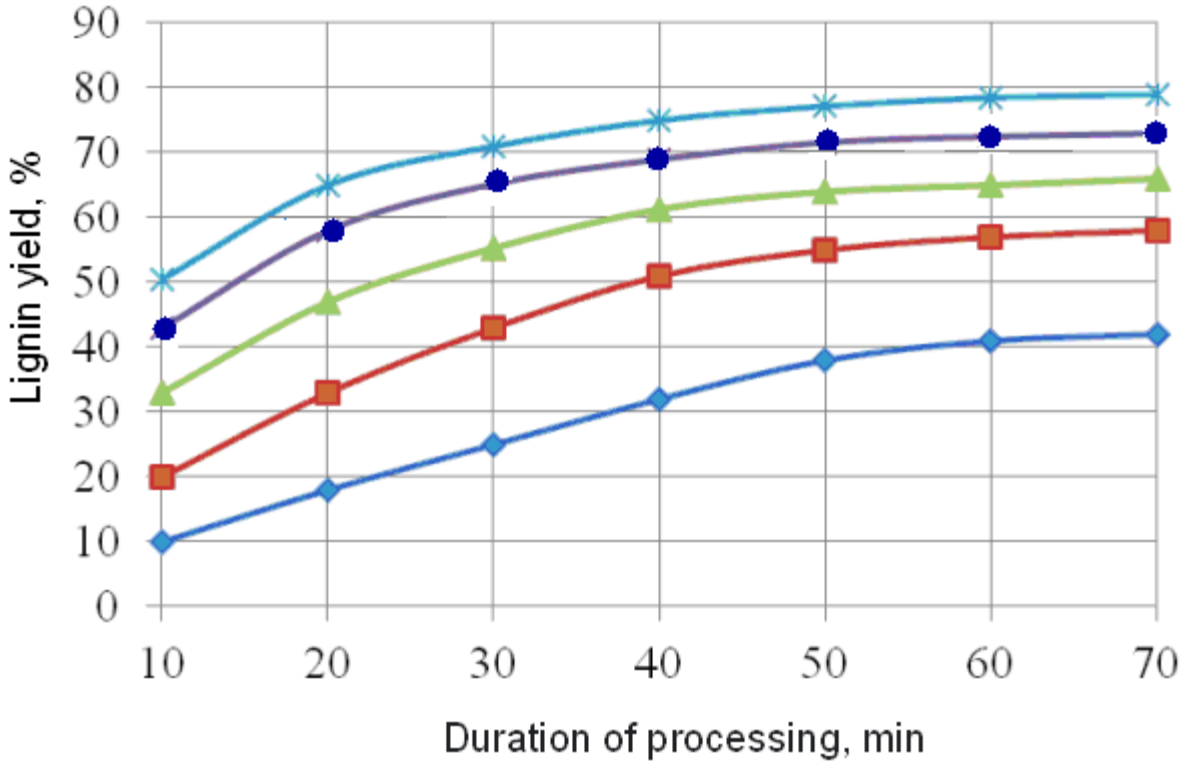


Fig. 1. Dependence of lignin yield on the initial temperature of the mixture:

♦ – 18 °C; ■ – 40°C; ▲– 60°C; ● - 80 °C; ж - 90 °C.

The obtained curves (Fig. 1) allow us to conclude that increasing the temperature from 18 to 90^0C increases the lignin yield from 40 to 79%. At a process temperature of 90^0C, 84% of the released lignin is released in 20 min, while at a temperature of 18^0C – 42,8%.

Conclusions. It was determined that the influence of a complex of thermodynamic and hydrodynamic processes occurring in the working zone of the rotary-pulsation apparatus, in particular high shear stresses, high turbulence, and generation of vortices in the inter-cylinder gap, allows to increase the yield of lignin compared to traditional mixing devices with the same technological parameters of alkaline preliminary preparation of plant raw materials for fermentation.

УДК 624.21/.8

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ МОСТОВИХ СПОРУД

доц., к.т.н. Рубльов А.В.

Національний транспортний університет

АНОТАЦІЯ: *Несна здатність автодорожнього мосту, як правило, не є постійною величиною протягом його 80-100-річного терміну служби, а зменшується з часом під впливом різних чинників. З одного боку, опір конструкції зменшується внаслідок пошкоджень, з іншого боку, напруження від зовнішніх навантажень зростають, в першу чергу, через збільшення інтенсивності руху та збільшення допустимої загальної маси транспортних засобів або навантаження на вісь.*

КЛЮЧЕВІ СЛОВА: ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, НЕСНА ЗДАТНІСТЬ, РІВЕНЬ НАДІЙНОСТІ, ЙМОВІРНІСТЬ ВІДМОВИ, ТЕРМІН СЛУЖБИ.

RESEARCH OF MODERN APPROACHES TO ASSESSMENT OF THE BEARING CAPACITY OF BRIDGE STRUCTURES

Assoc. Prof., Ph.D. Rublev A.V.

National Transport University

ABSTRACT: The load carrying capacity of a road bridge is usually not a constant value over its 80-100 year service life, but decreases over time under the influence of various factors. On the one hand, the resistance of the structure decreases due to damage, while on the other hand, the stresses from external loads increase,

primarily due to increased traffic volumes and an increase in the permissible total vehicle weight or axle load.

KEYWORDS: TECHNICAL CONDITION ASSESSMENT, LOAD CAPACITY, RELIABILITY LEVEL, FAILURE PROBABILITY, SERVICE LIFE.

Оцінка стану існуючих мостів з урахуванням оптимального використання наявних ресурсів є важливою передумовою для цілеспрямованого планування технічного обслуговування через постійне збільшення віку конструкцій і зростання інтенсивності руху. Абсолютної безпеки досягти неможливо. Тому важливо досягти оптимального співвідношення між витратами на будь-які заходи з модернізації та укріплення і надійністю існуючого мосту, щоб міст був здатний нести навантаження з достатньою надійністю при мінімально можливих витратах ресурсів [1-3].

У досідженні представлено метод, який доповнює існуючий підхід до оцінки несної здатності сучасних мостів і икористовується, коли не вдається досягти задовільних результатів при перерахунку на основі напівімовірнісних підходів, передбачених стандартами. По суті, представлений метод базується на розрахунку надійності конструкції і на тому, що існуюча конструкція під рухом не обов'язково повинна відповідати всім перевіркам стандартів проектування, якщо не перевищується загальний рівень надійності, на якому базуються стандарти. Мірою надійності конструкції слугує ймовірність відмови.

Перевагою представленого методу є те, що в аналізі можуть бути враховані фактичні властивості матеріалу конструкції і локальна ситуація з навантаженням. Існуюча конструкція вже зарекомендувала себе протягом певного періоду часу і поведінка конструкції під навантаженням відома. Це означає, що можна використовувати велику кількість інформації, яка недоступна при проектуванні нової конструкції. З одного боку, наприклад,

конкретні параметри матеріалу конструкції можна визначити, взявши зразки. З іншого боку, за допомогою теорії екстремальних моментів можна визначити місцеву дорожню ситуацію і, таким чином, вирішальну несну здатність.

Перелік посилань

1 ДБН В.2.3-6:2009 Споруди транспорту Мости та труби. Обстеження і випробування Київ Мінрегіонбуд України 2009

2 Мости: конструкції та надійність / Й.Й. Лучко та ін.; за ред. В.В. Панасюка, Й.Й. Лучка. Львів: Каменяр, 2005. – 992 с

3 Wagner JL. Military bridging and maneuver warfare: deficiencies and the way ahead. Quantico: United States Marine Corps Command and Staff College, Marine Corps University; 19 February 2008.

УДК 621.577

СОРБЦІЙНІ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРИ НА БАЗІ ПРИРОДНИХ ЦЕОЛІТІВ

Посунько Д.В., Данько І.О., Чалаєв М.Д., Ковальов В.І., Шаврін Ю.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ. *Проаналізовано можливість використання ряду природних і синтетичних цеолітів. Розраховано їх енергетичну ефективність в циклі сорбційної термотрансформації. Показано, що за своїми характеристиками природні цеоліти практично не поступаються синтетичним і можуть використовуватися як робочі тіла адсорбційних термотрансформаторів.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *КЛІНОПТИЛОЛІТ, СОРБЦІЙНИЙ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОР, СОРБЦІЙНІ ПАРИ, ХОЛОДОАГЕНТ.*

SORPTION THERMAL TRANSFORMERS BASED ON NATURAL ZEOLITES

Posunko D.V., Danko I.O., Chalaev M.D., Kovalev V.I., Shavrin Yu.V.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

ABSTRACT: *The viability of a number of natural and synthetic zeolites has been analyzed. Their energetic efficiency in the sorption thermal transformation cycle is protected. It has been shown that, in terms of their characteristics, natural zeolites practically do not compromise with synthetic ones and can be used as working bodies of adsorption thermotransformers.*

KEY WORDS: *CLINOPTILOLITE, SORPTION THERMOTRANSFORMER, SORPTION PAIRS, REFRIGERANT.*

В останні роки з метою розширення масштабів залучення до енергетичного обігу низькопотенційних джерел енергії значну увагу стали приділяти адсорбційним термотрансформаторам та дослідженням, спрямованим на пошук нових ефективних робочих тіл для них. За допомогою

адсорбційних машин можна виробляти холод, здійснювати теплопостачання, а також комбіноване вироблення холоду та теплоти.

В адсорбційному циклі процеси тепломасоперенесення відбуваються між трьома основними апаратами: адсорбером, конденсатором та випарником. Особливості циклу визначаються трьома температурами: температурами холодоагенту в конденсаторі та випарнику, а також температурою дегідратації адсорбенту. У найпростішому компонуванні адсорбційна система складається з двох основних елементів: адсорбера-десорбера та конденсатора-випарника. Характеристиками адсорбційного циклу є тепловий (холодильний) коефіцієнт COP і питома продуктивність за цикл.

Величина COP залежить в основному від рівня робочих температур, ступеня оборотності тепломасообмінних процесів та теплоємності конструкції:

$$COP \approx \frac{L\Delta m}{\Delta H \Delta m + \sum mc_p \Delta T} \Rightarrow COP \le \frac{L}{\Delta H}.$$

Основними показниками ефективності робочої пари є вологоємність сорбенту, температура регенерації та теплота десорбції холодоагенту. З якісної сторони можна сказати, що чим сильніша енергія зв'язку між твердим тілом і молекулою, що адсорбується, тим нижче температура, при якій зможе працювати випарник, але тим нижче буде тепловий коефіцієнт і вище температура регенерації адсорбенту.

У теплових насосах для утилізації теплоти низькопотенційного джерела при плюсових температурах вигіднішим є застосування пари адсорбент-холодоагент зі слабким зв'язком (типу "твердий поглинач-вода"), який дозволяє отримати тепловий коефіцієнт 1,7...1,8. При мінусових температурах джерела бажано застосовувати пару з сильнішим зв'язком (типу "твердий поглинач-метанол") та тепловим коефіцієнтом порядку 1,5...1,6. При нижчих температурах (-10…-20 ºC) – необхідні пари з дуже сильним зв'язком (типу "твердий поглинач–аміак"), що дає тепловий коефіцієнт не більше ніж 1,3.

Проаналізовано відомі сорбційні пари, які застосовуються як робочі тіла адсорбційних термотрансформаторів, а також експериментально досліджено сорбційні пари: кліноптилоліт – вода (родовище Сокирниця, Закарпаття); морденіт – вода (родовище Липча, Закарпаття); цеоліт NaX – вода; морденіт модифікований – вода; кліноптилоліт модифікований – вода (таблиця 1).

Таблиця 1. Показники адсорбційного холодильного та теплонасосного циклів

Робоча пара	$Q_{ген}$	$Q_{сор}$	$Q_{хл}$	$Q_{дес}$	$\sum Q_{рег}$	ε	μ
цеоліт NaX – вода	357	675	180	1346	2558	0,39	1,37
кліноптилоліт – вода	530	1862	141	1264	3797	0,26	1,25
кліноптилоліт модифікований – вода	469	1588	72	1234	3363	0,30	1,28
морденіт – вода	690	2700	306	1247	4943	0,20	1,17
морденіт модифікований – вода	368	900	85	1286	2639	0,38	1,35

Природні цеоліти становлять інтерес у зв'язку з доступністю (є низка родовищ в Україні) та дешевизною. Оскільки в літературі відсутні дані щодо сорбційних властивостей цеолітів при температурах, необхідних для розрахунку адсорбційного теплонасосного та холодильного циклу, для цих сорбентів методом термогравіметрії було виміряно ізотерми адсорбції води в діапазоні робочих температур адсорбційного циклу.

На основі експериментально отриманих ізотерм адсорбції води для морденіту і кліноптилоліту та дослідження їх енергетичних показників в адсорбційному холодильному та теплонасосному циклах показано, що за своїми характеристиками природні цеоліти практично не поступаються синтетичним і можуть використовуватись як робочі тіла адсорбційних термотрансформаторів.

UDC 678.6

JUSTIFICATION OF THE CENTRIFUGE DESIGN FOR THE PRODUCTION OF HIGH-DENSITY POLYETHYLENE

Ph.D. Husarova O.V.[1, 2], master student Bielokon A.I. [1],
senior engineer Husarov V.M.[2]
[1] National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
[2] Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

ANNOTATION: *Scientific sources and patents of different countries are reviewed and analysed. Based on the generalisation of literature data, the choice of a centrifuge for the production of high-density polyethylene is substantiated.*

KEYWORDS: HORIZONTAL SEDIMENTATION CENTRIFUGE, HIGH-DENSITY POLYETHYLENE, MODERNISATION

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЦЕНТРИФУГИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПОЛІЕТИЛЕНУ ВИСОКОЇ ГУСТИНИ

ст. викладачка, к.т.н. Гусарова О.В.[1, 2], магістр Бєлоконь А.І.[1]
пров. інженер Гусаров В.М. [2]
[1] Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
[2] Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

АНОТАЦІЯ: *Розглянуто та проаналізовано науково-технічні джерела та патенти різних країн. На підставі узагальнення літературних даних обґрунтовано вибір центрифуги для виробництва поліетилену високої густини*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГОРИЗОНТАЛЬНА ОСАДЖУВАЛЬНА ЦЕНТРИФУГА, ПОЛІЕТИЛЕН ВИСОКОЇ ГУСТИНИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ

High-density polyethylene is a thermoplastic polymer that is widely used due to its physical and mechanical properties, such as high strength, chemical resistance, and low moisture permeability. This type of polyethylene is produced by polymerizing ethylene under low pressure in the presence of Ziegler-Natta catalysts [1-2].

Our process is based on a catalytic complex based on diethylaluminum chloride and titanium tetrachloride. This type of catalysts provides an ionic coordination mechanism for polymerization, which allows us to obtain linear polymers with a high degree of crystallinity [3].

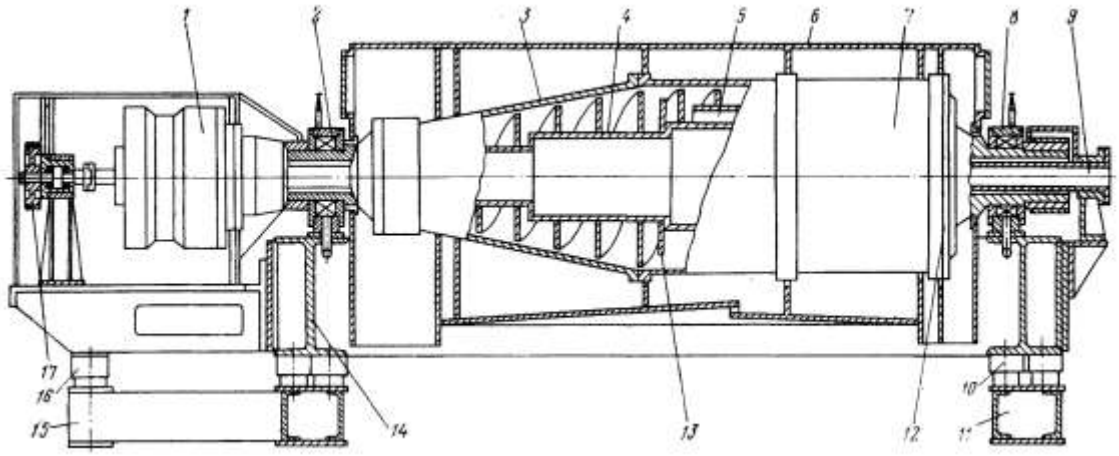
In the production of high-density polyethylene, continuous centrifuges are used to separate it from the mother liquor remaining after treatment of the polyethylene suspension with methyl or isopropyl alcohol. The centrifugation process provides fast and efficient separation of the components of the reaction mixture due to the action of centrifugal force, which accelerates the precipitation of polymer particles [4].

The choice of a specific type of centrifuge depends on the properties of the suspension and the requirements for the centrifugation process. According to technology, the temperature of the suspension is around 20 °C, and it contains a solid insoluble and non-abrasive phase. The suspension is non-toxic, but flammable and explosive.

Taking into account the requirements for the separation of the suspension and the data on the use of different centrifuges under similar conditions, a continuous horizontal sedimentation centrifuge was chosen for our work. The design of this centrifuge ensures smooth and efficient separation of the insoluble, non-abrasive solid phase from the liquid phase by means of screw discharge. Its advantage is the

possibility of a hermetic design, which contributes to safe operation in explosion hazardous environments [4-5].

An analog of the centrifuge that will be developed is the centrifuge ОГШ-1001К-01 shown in Figure 1 [5].



1 – planetary reducer; 2, 8 – root supports; 3 – rotor; 4 – auger;
5 – horizontal channels; 6 – casing; 7 – chamber; 9 – supply pipe;
10, 16 – vibration isolators; 11, 15 – frames; 12 – labyrinth sealing ring; 13 – solid detachable ring; 14 – frame; 17 – additional drive

Figure 1 – Centrifuge scheme

The rotor 3 consists of a cylindrical body, a cone and two trunnions that serve as covers and screw supports. Spherical roller bearings are installed in the rotor supports 2, 8. The right trunnion contains drain windows for adjusting the level of the drain thresholds. Screw 4 is located inside the rotor and transports the sludge to the discharge windows. Its rotation is transmitted through a planetary gearbox 1, which provides a speed difference between the auger and the rotor to move the sludge. The feed pipe 9 feeds the slurry into the internal cavity of the screw, from where it enters the rotor [5].

The solid phase settles on the rotor walls and is transported by the screw to the discharge windows. In the dewatering zone, moisture is squeezed out, after which the

solid phase falls into the receiving compartment of the casing. The clarified liquid (fugate) is discharged through the horizontal channels of the screw and the discharge windows. A labyrinth seal and ring 12 are installed to prevent the fugate from mixing with the slurry. An additional drive 17 with a thyristor electric drive allows you to change the relative speed of the screw. The casing 6 covers the rotating parts of the centrifuge and provides separate discharge of the fugate and sediment. The feed pipe 9 also has a channel for feeding flocculant into the rotor.

A patent search was conducted [6-8]. According to the patent [6], the essence of the invention is to improve the mechanism for fixing the handle of the centrifuge rotor cover to increase the efficiency of its fixation and reduce production costs. The main innovation is to change the design from a concentric to an eccentric shape of the connection between the handle and the shaft, which provides the function of preventing rotation, without the need to use complex anti-rotation elements. Thus, this invention improves the reliability of the rotor cover fastening, simplifies the production of components and reduces the impact of additional weight on the centrifuge operation.

According to the patent [7], the essence of the invention is the development and use of an improved housing for a centrifuge with a solid drum made of ultra-high-strength concrete. The main purpose of the invention is to significantly improve the damping and static properties compared to traditional steel or polymer concrete frames. The invention is aimed at increasing the efficiency of centrifuges with a drum due to improved mechanical characteristics of the frame structure and reduced energy consumption due to lower vibration and noise levels.

The patent [8] presents an invention relating to horizontal centrifuges, which provides for automatic detection of liquid leaks in the sealing areas between rotating elements and fixed parts of the casing. The basic idea is to introduce a mechanism for automatic leakage detection, which allows to quickly detect and eliminate leaks, preventing loss of suspension and environmental pollution. This modification

improves the reliability and efficiency of horizontal centrifuges, which is especially important for industries that require uninterrupted and clean operation of equipment.

Conclusions: based on the analysis of scientific and technical literature, the choice of the ОГШ centrifuge for the production of high-density polyethylene was justified. A patent search was conducted, which showed that the inventors' efforts are aimed at improving the designs of centrifuges, the proposed modernization contributes to reducing energy costs for production, increasing the reliability of equipment, etc.

References:

1. Chornobylsky I.I. Polymerization apparatus – Kharkiv Book Printing House “Communist”, 1967. – 163 p.

2. Bratsykhin E.A., Shulgina E.S. Technology of plastic masses: a textbook for technical schools. – 3rd ed. revised and supplemented – L.: Khimiya, 1982. – 328 p.

3. Husarova O., Bielokon A. Modernisation of high-density polyethylene production line with development of reactor and centrifuge // Collection of abstracts of the XXVII International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists “Resource-Energy-Saving Technologies and Equipment” (November 28, 2024, Kyiv) / Compiled by Ya. M. Kornienko. – Kyiv: “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, 2024. – pp. 27-31.

4. Computer design of rotating elements of chemical equipment: course of lectures [Electronic resource]: a teaching aid for master's degree applicants in the educational program "Engineering and computer-aided design of innovative industry equipment" speciality 133 Industrial engineering / Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute; compiled by O. V. Husarova. – Electronic text data (1 file). - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2024. – 288 p.

5. Luk'yanenko V. M., Taranets A. V. Centrifuges: Reference. Ed. - M.: Chemistry. 1988. 384 p.

6. Kishi Takuya, Sato Jun. Centrifuge and centrifuge rotor. Pat. WO2025053038A1, IPC: B04B5/02, Appl. JP2024030894W·29.08.2024. Pub. 13.03.2025. https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/094924006/publication/WO2025053038A1?q=pn%3DWO2025053038A1

7. Driftschroeer Christian, Knospe Volker. Solid-bowl centrifuge. Pat. WO2025051481A1, IPC: B04B1/20; B04B7/02; B04B9/12; F16M1/04, App. EP2024072451W·08.08.2024. Pub. 13.03.2025. https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/092424124/publication/WO2025051481A1?q=pn%3DWO2025051481A1

8. Wang Binggao, He Xiaoping, Gu Liang. Horizontal centrifuge capable of automatically detecting leakage. Pat. CN222240784U, IPC: B04B15/00; B04B7/02, Appl. CN202420852838U·23.04.2024. Pub. 27.12.2024. https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/094009162/publication/CN222240784U?q=pn%3DCN222240784U

UDC 663.551

USE OF MECHATRONIC SUBSYSTEMS IN MASS-EXCHANGE COLUMN APPARATUSES

Ph.D. Bulii Y.V.[1], Dr. Sc. Obodovich O.M.[2], Ph.D. Forsiuk A.V.[1],

Ph.D. Tselen B.Ya.[2]

[1]National University of Food Technology

[2]Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

Abstract: The feasibility of using mechatronic subsystems in mass-exchange column apparatuses has been experimentally substantiated. The technical solution allows to provide separate movement of liquid and steam at continuous supply of streams, to carry out controlled cycles of delay and overflow of liquid, to prolong the interval of their contact, to increase the efficiency of extraction of alcohol impurities by 38% and to reduce steam consumption by 40%.

Анотація: *Експериментально обґрунтовано доцільність використання мехатронних підсистем в масообмінних колонних апаратах. Технічне рішення дозволяє забезпечити роздільний рух рідини і пари за безперервної подачі потоків, здійснювати контрольовані цикли затримки і переливу рідини, подовжити інтервал їх контакту, підвищити ефективність вилучення домішок спирту на 38 % та зменшити витрати пари на 40 %.*

Keywords: *ethanol, rectification, impurities, mass* exchange, *column, steam.*

Ключові слова: *спирт, ректифікація, домішки, масообмін, колона, пара.*

The authors of the proposed technical solution for the creation and use of mechatronics subsystems for organizing managed cycles of rectification. It is established that the implementation of electro-mechanical and pneumo-electronic

management system allows you to maintain separate movement phases under the continuous supply of the column of liquid and steam flows, to increase the surface area of contact of phases by 20%, to extend the time of contact of phases to achieve the phase equilibrium between liquid and steam, increase the efficiency of mass transfer and bring efficiency of real plates to the effectiveness of the theoretical. The aldehydes and esters are allocated in full volume, the degree of extraction of higher alcohols and methanol will increase by 38%, the concentration ratio of the head of impurities increases by 25%, higher alcohols 40%, methanol by 37%.

Realisation of the technical solution assumes inclusion in the pneumatic scheme of the unit of the pneumo-axis 32MPA for regulation and control of pneumatic actuators operation by means of the microprocessor controller. The control system includes a panel in which the controller is located and a computer. The controller includes a processor, network module, blocks of analogue and discrete inputs/outputs. The computer provides a conditional visualisation of the process and the necessary process controls are provided. Unity Pro software environment was used to create the software control of pneumatic cylinders. The programme text was developed in two languages - FBD and ST. For remote control of electric actuator with pneumatic cylinders a standard electropneumatic cabinet of ERSV-RIO-MPA-32/32 series with Profibus-DP type communication interface with air preparation unit is provided.

Conclusions. The use of mass-exchange apparatuses equipped with mechatronic subsystems makes it possible to ensure the removal of aldehydes and esters, increase the recovery rate of higher alcohols and methanol by 38% and reduce the heating steam consumption by 40%.

УДК 621.8.12

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ВАЛА РЕДУКТОРА

Даніхно Р.М., бакалавр; Щербина В.Ю., д.т.н., проф.,
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Розроблено програму для автоматизованого проектування вала редуктора, яка включає автоматичне створення 2D-креслення деталі та побудову 3D-моделі з можливістю налаштування розмірів через діалогове вікно. Ця програма може використовуватись як складова автоматизованого проектування при виконанні конструкторських та проектних робіт під час розробки нових або модернізації існуючих механізмів приводу.

Вступ.

Автоматизоване проектування є однією з основних складових сучасних технологій в машинобудуванні, що дозволяє значно підвищити ефективність та точність розробки складних механічних конструкцій.

Використання редукторів у промисловому обладнанні відбувається в умовах високих навантажень, вібрацій та значних перепадів температур, що вимагає особливої уваги до надійності та довговічності їх компонентів. Основними елементами, які забезпечують ефективну роботу редуктора, є шестерні, корпус і вали, що передають крутний момент.

Надійність роботи валів у редукторі є критично важливим фактором для забезпечення безаварійної експлуатації обладнання. Вали редукторів виготовляються зі сталей, які забезпечують високу міцність, зносостійкість та стійкість до динамічних навантажень. Використання високоякісної сталі

дозволяє значно продовжити термін служби вала та забезпечити стабільність роботи механізму в умовах інтенсивної експлуатації.

З огляду на зростання вимог до продуктивності та довговічності редукторів, особлива увага приділяється оптимізації технологічних процесів обробки деталей. У зв'язку з цим виникає необхідність у розробці сучасних методів моделювання та виготовлення валів редукторів, що дозволяє забезпечити високу точність геометричних параметрів і відповідність експлуатаційним вимогам.

Мета роботи: створення програмного забезпечення, яке б прискорило створення 2D-креслень та 3D-моделей валу з оптимальними розмірами.

Математична модель.

Програмне забезпечення для автоматизованої системи розроблялось на базі AutoCAD. Діалогові вікна з інтерактивним режимом введення були реалізовані за допомогою мови розробки діалогів DCL. Побудова креслень, перевірка даних, доступ до графічної бази даних та інші операції виконувались з використанням функціональної мови AutoLISP [1-3].

Розроблений програмний модуль надає можливість виконувати параметризовані креслення за допомогою задання значень параметрів або їх корегуванням. Введення і коректування задається інформації здійснюється в інтерактивному режимі з використанням екранного і падаючого меню AutoCAD, а також із середовища графічного редактора. Введення чисельних величин здійснюється з екрану і рядків підказок.

Введення і корегування інформації здійснюється в інтерактивному режимі, так діалогове вікно складається з трьох основних блоків:

1. Ескіз деталі для полегшення вводу формальних параметрів.

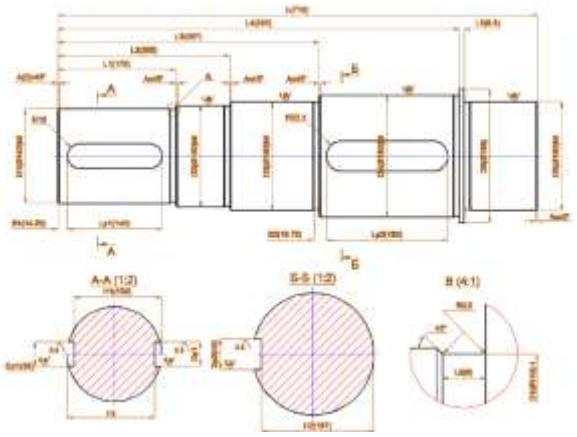
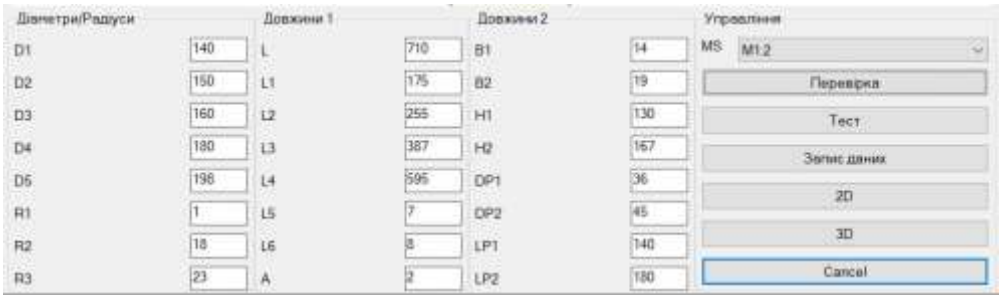


Рисунок 1 – Ескіз деталі

2. Поля в яких задаються розміри і кількість отворів. Для зручності



керування розміри розділено по групам: «Діаметри/Радіуси», «Довжини 1», «Довжини 2».

Рисунок 2 – Задання розмірів та блок «Управління»

3. Блок «Управління». Містить клавіші виконання: «Перевірка», «Тест», «Запис даних», «2D», «3D», «Cancel» і поле в якому задається масштаб креслення. «MS»

Для зміни одного з конструктивних параметрів кришки необхідно виконати вибір одного з дійсних значень та ввести необхідне значення в відповідне діалогове вікно. Необхідні значення розмірів вносяться в вікна відповідно до ескіза деталі на екрані.

Програмний модуль надає можливість змінювати параметри валу та одразу отримувати креслення та тримірну модель.

Передбачено:

- зміна довжини ділянок валу;
- зміна діаметрів та розмірів шпонок;
- зміна масштабу креслення.

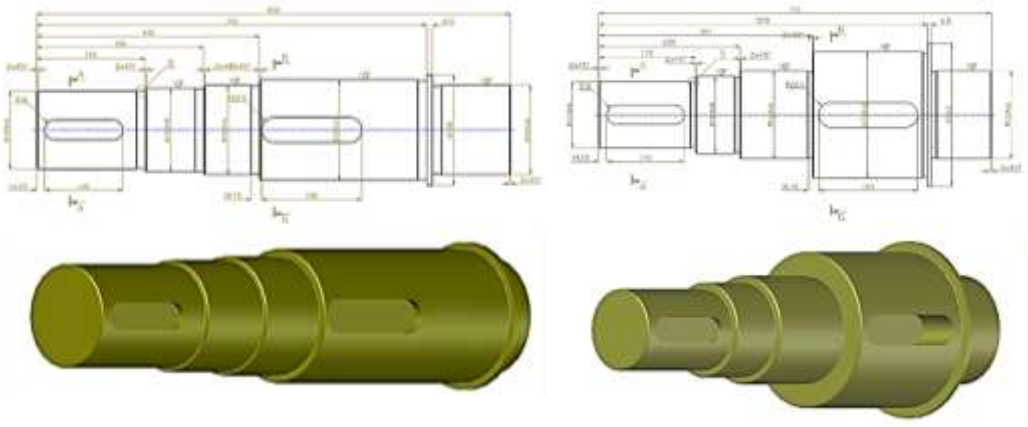


Рисунок 2 – Приклади валів з різними розмірами

Висновки. Розроблене програмне забезпечення для автоматизованого проектування вала редуктора забезпечує значне підвищення ефективності та точності процесу створення 2D-креслень та 3D-моделей. Завдяки інтерактивним діалоговим вікнам, які дозволяють користувачам налаштовувати параметри конструкції в реальному часі, програма сприяє швидкому внесенню змін у проект, що істотно скорочує час розробки та зменшує ймовірність помилок. Використання середовища AutoCAD та мов програмування AutoLISP і DCL дозволяє забезпечити зручний інтерфейс для коригування геометричних параметрів вала редуктора, а також реалізує функціонал для створення

параметризованих креслень і моделей з можливістю зміни важливих конструктивних характеристик, таких як довжина ділянок валу, діаметри та розміри шпонок.

Застосування цієї програми в процесі проектування редукторів дає змогу значно забезпечити високий рівень точності та відповідність експлуатаційним вимогам.

В подальшому можливо розширити інтерфейс для перевірки відповідності геометрії валу та інших елементів конструкції технічним вимогам або стандартам, що дозволить уникнути помилок у проектуванні та забезпечить більш високу якість кінцевих виробів.

Перелік посилань

1. В.Ю. Щербина, А.О. Чемери, Конструкторське проектування обладнання. Курсовий проект [Електронний ресурс] / с; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 38 с. http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25664
2. В.Ю.Щербина, О.С.Сахаров, О.В.Гондлях, В.І.Сівецький. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] /–К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156 с. https://cpsm.kpi.ua/publikatsiji/knigi/731
3. Щербина В.Ю., Гондлях О.В., Чемерис А.О., Швачко Д.Г. AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 175 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45732

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДЕФЛЕГМАТОРА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛАЦЕТАТУ

асистент Подиман Г. С., студент Коцюбко А. С.

Національний технічний університет України

" Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського "

АНОТАЦІЯ: *В даній роботі наведено дослідження технічного та технологічного покращення працездатності дефлегматора. Обґрунтовано методи модернізації дефлегматора.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДЕФЛЕГМАТОР, ЕТИЛАЦЕТАТ, КОНДЕНСАТОР, ПАР, РОЗДІЛЕННЯ.

При виробництві етилацетату використовують дефлегматори, які використовуються для зниження енергоспоживання в процесах низькотемпературного газорозділення.

Модернізації дефлегматора полягає у покращенні теплообміну в трубах поверхневого конденсатора та зменшення ризику резервного накопичення конденсату, для досягнення рівномірного завантаження труб дефлегматора та збільшення загальної ефективність поверхневого конденсатора. Це досягається за рахунок відокремлення фази пари та фаза конденсату одна від одної на вході в труби дефлегматора. Таким чином запобігається взаємний несприятливий вплив двох фаз одна на одну. Зокрема, сили тертя між парою та конденсатом можуть бути помітно зменшені. В результаті резервна швидкість, тобто швидкість пари на вході, при якій конденсат починає підніматися, помітно знижується. Залежно від довжини вихідних отворів для конденсату можна повністю запобігти накопиченню або ковтанню конденсату [1-3].

Геометрія поперечного перерізу стоку може мати різну конфігурацію, наприклад, круглу, прямокутну або трикутну, відповідно до відповідної геометрії виходу конденсату. Стік налаштований таким чином, щоб конденсат міг стікати, щоб бути захищеним від пари [2].

Переріз і геометрія виходу конденсату налаштовується відповідно до відповідної геометрії перерізу і розмірів труби дефлегматора. Довжина виходу конденсату бажано бути не більше половини довжини труби дефлегматора, переважно становить від 100 мм до 500 мм. Також випускний патрубок для конденсату має на своєму нижньому кінці стік, що виступає в камеру для розподілу пари та збору конденсату [4].

Згідно цього обрано наступні зміни у будові апарату:

- розташування труб конденсатора під нахилом та з'єдненні з паророзподільною камерою;
- розміщення збірника для збору конденсату подалі від паророзподільної камери і з'єднаних з протилежним кінцем труб конденсатора;
- наявність принаймні однієї дефлегмаційної труби, що має нижню поздовжню сторону та яка з'єднануться з паророзподільником і камерою для збору конденсату;
- розташування випускного отвора для конденсату всередині труби дефлемататора.

Посилання

1. Air-cooled surface condensr: patent 5950717. Applied on 09.04.2020. URL: https://patents.justia.com/patent/5950717 (date of access: 01.03.2025).
2. Li, R., Zhang, M. and Yu, Y. 2012. A DFT study on the Cu (111) surface for ethyl acetate synthesis from ethanol dehydrogenation. Applied Surface Science, 258, 6777- 6784.
3. Air-cooled condensing system and method: patent US20060086092A1 United States: 11/256,307.
4. Advanced large scale field-erected air cooled industrial steam condenser : patent US11788792B2 United States : 17/987,159. Applied on 20.11.2020 ; published on 10.08.2023.

UDC 665.642.26

MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER FOR THE INSTALLATION OF PRODUCTION OF ADIPIC ACID

Ph.D. Tatarnikova Alina, student Odenets Dmytro

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *This work presents a study of technical and technological improvement of heat exchanger performance. The directions of modernization of heat exchanger are substantiated.*

KEY WORDS : HEAT EXCHANGER, ADIPIC ACID, PATENT REVIEW

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННОГО АПАРАТА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА АДИПІНОВОЇ КИСЛОТИ

К.т.н, с.н.с., старший викладач Татарнікова А.В., студент Оденець Д.В.

Національний технічний університет України

" Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського "

АНОТАЦІЯ: *В даній роботі наведено дослідження технічного та технологічного покращення працездатності теплообмінника. Обґрунтовано напрями модернізації теплообмінника.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕПЛООБМІННИК, АДИПІНОВА КИСЛОТА, ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

Анол і свіжу 60 %-ну азотну кислоту (у подвійній кількості відносно стехіометричного співвідношення і з додаванням мідьванадієвого каталізатора – оксид міді та метаванадат амонію в кількості приблизно 0,07 % кожного компоненту у розрахунку на циклогексанол) подають на всмоктувальну лінію насоса 1, де вони розводяться більшим об'ємом циркулюючого оксидату, після чого подають у теплообмінник для нагрівання з 20°С до 70°С задля

забезпечення необхідної для реакцій температурі, і потім у трубчастий реактор 3, що охолоджується водою (рис. 1).

При температурі 60–80 °С та тиску 0,3–0,5 МПа відбувається основна частина перетворень. Оксидат першої стадії виходить з верху реактора 3 і звільняється в сепараторі 4 від утворених оксидів азоту, після чого більшу його частину скеровують на рециркуляцію, а меншу – у реактор 5 другої ступені окиснення. Оксидат другої ступені відокремлюють від оксидів азоту в сепараторі 6 і потім додатково віддувають їх повітрям у скрубері 7. Віддувний газ разом з оксидами азоту після сепараторів 4 і 6 надходить у скрубер 8, що зрошується слабкою азотною кислотою, що «зміцнюється» до необхідної для окиснення концентрації (60 %). Газ після цього скрубера піддають санітарному очищенню і скидають в атмосферу.

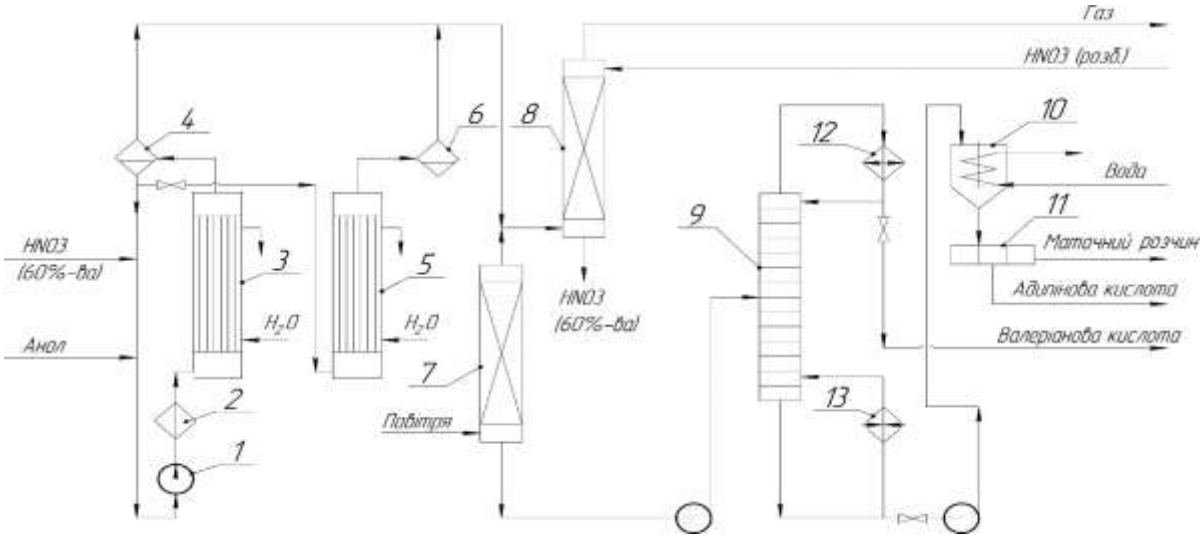


Рис. 1. Технологічна схема окиснення циклогексанолу в адипінову кислоту:

1) насос; 2) теплообмінник; 3, 5) реактори; 4, 6) сепаратори; 7, 8) скрубери; 9) вакуум-ректифікаційна колона; 10) кристалізатор; 11) центрифуга; 12) дефлегматор; 13) кип'ятильник

Оксидат із скрубера 7 скеровують у вакуум-ректифікаційну колону 9, де відганяється валеріанова кислота. Кубову рідину колони 9 охолоджують у

кристалізаторі 10, кристали адипінової кислоти, що випали, відокремлюють від маточного розчину на центрифузі 11. Адипінову кислоту піддають додатковому очищенню перекристалізацією.

Маточний розчин являє собою суміш щавелевої, бурштинової, глутарової і частини адипінової кислоти, що розчинені у слабкій азотній кислоті. Розроблено ряд способів його переробки з метою регенерації азотної і дикарбонових кислот. Спочатку маточний розчин випарюють і одержують слабку азотну кислоту, що йде на «зміцнення». Потім можна виділити дикарбонові кислоти – частковою кристалізацією, екстракцією, перетворенням у естери тощо.

Кожухотрубні теплообмінники через простоту конструкції та надійність є на сьогоднішній день найпоширенішими апаратами серед рекуперативних теплообмінників, що використовуються у промисловості. У промисловості теплообмінні апарати застосовують для нагрівання „гарячим" теплоносієм „холодного" та охолодження або нагрівання різних речовин до заданих параметрів. Гарячим теплоносієм прийнято називати робоче тіло, яке віддає теплоту, а холодним теплоносієм – речовину, що сприймає цю теплоту. В якості гарячого теплоносія (у відповідності до умови завдання) було обрано насичену пару низького тиску, а в якості холодного – водний розчин солі, кислоти або технічну воду.

На рис. 2 зображено кожухотрубний теплообмінний апарат, який складається з пучка труб, закріплених в трубних решітках та обмежених кожухом, кришками тощо. Трубний та міжтрубний простори, в яких рухаються гарячий та холодний теплоносії, відокремлені один від одного поверхнею теплообміну, причому кожен із цих просторів може бути розділено перегородками на декілька ходів. Отже, теплообмінний апарат складається з кожуху 1, в якому розміщена трубчатка 2, яка в свою чергу складається з двох трубних решіток 3 та пучка труб 4, які з'єднуються з трубними решітками за

допомогою розвальцювання чи зварювання. Для підведення та відведення теплоносіїв (насичена пара, конденсат, водний розчин) апарат оснащено патрубками чи штуцерами 5, 6, 7. З торців апарат обмежено кришками 8. З метою підтримання потрібної швидкості теплоносіїв (для забезпечення високих коефіцієнтів тепловіддачі) та для зменшення вібрації трубного пучка в теплообмінному апараті встановлено перегородки 11 і 12, які розділяють трубний та міжтрубний простори на секції, при цьому забезпечується певна послідовність проходження теплоносіїв, як у трубному, так і у міжтрубному просторах. Для приєднання частин трубопроводів, арматури до патрубків вводувиводу теплоносіїв та для з'єднання окремих вузлів апарата використовують фланці 9, 10. Крім того, для надійної та безпечної роботи при з'єднанні вузлів апарата застосовують ущільнювальні прокладки 13. Теплообмінний апарат на місці експлуатації встановлюють на опори 14.

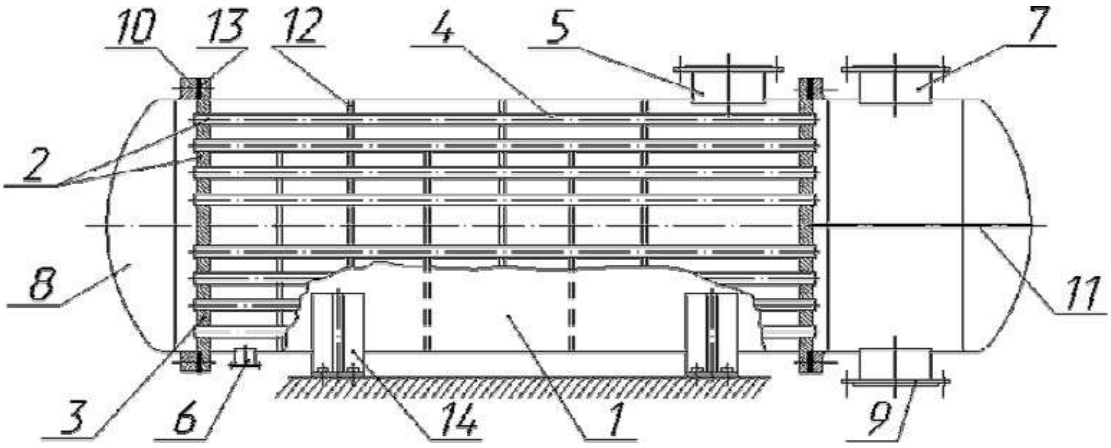


Рисунок 2. Горизонтальний багатоходовий кожухотрубний теплообмінний апарат жорсткої конструкції: 1 – кожух; 2 – трубчатка; 3 – трубна решітка; 4 – трубки; 5, 6, 7 – патрубки для вводу та виводу, відповідно, насиченої пари, конденсату та речовини; 8 – кришка еліптична; 9, 10 – фланець, відповідно, для патрубків та частин апарата; 11, 12 – перегородки, відповідно, трубного та міжтрубного простору; 13 – прокладка; 14 – горизонтальна опора.

Висновки. Процес є досить ефективним, включає в себе можливість рециркуляції реагентів, реакція відбувається за помірних умов роботи (60 − 80°С, 0,3 − 0,5 МПа), вихідний продукт є чистішим у порівнянні з іншими методами отримання адипінової кислоти.

Перелік посилань:

1. Технологія процесів окиснення. Збірник технологічних схем: Методичні вказівки з дисципліни „Хімія і технологія органічних речовин” для студентів спеціальності 6.0916 „Хімічна технологія органічних речовин”/ укл. Реутський В.В., Івасів В.В., Іващук О.С. – 32 с.

2. Michael Turtle Musser. Adipic Acid. Encyclopedic article. Veinheim: Wiley-VCH, 2000 – 12 p.

3. Кожухотрубний теплообмінник: Методичні вказівки до виконання розрахункової частини курсового проекту з дисципліни “Теплотехнічні процеси та установки” для студентів усіх форм навчання спеціальності “Енергетичний менеджмент” /Укл. Т.О. Ринкова, В. П. Баб’як, В. І. Шкляр. – К.: ІВЦ ”Видавництво «Політехніка»”, 2005 – 49 с.

UDC 536.242; 536.4

METHOD OF THERMAL CONTACT MELTING OF BASES FOR SOFT DOSAGE FORMS

Ph.D. Stepanova O.Ye., Posunko D.V., Danko I.O., Chalaev M.D., Shavrin Yu.V.

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

ABSTRACT: *The method for the thermal contact heating and melting of ointment bases for the manufacture of soft dosage forms which is introduced at pharmaceutical companies is presented and an installation for it implementation is developed.*

Key words*: HEAT TRANSFER PROCESSES, HEATING, MELTING, OINTMENT BASE, INTENSIFICATION.*

СПОСІБ ТЕРМОКОНТАКТНОГО ПЛАВЛЕННЯ ОСНОВ ДЛЯ М'ЯКИХ ЛІКАРСЬКИХ ФОРМ

к.т.н. Степанова О.Є., Посунько Д.В., Данько І.О., Чалаєв М.Д., Шаврін Ю.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ: *Представлено впроваджений на фармацевтичних підприємствах спосіб термоконтактного нагріву та розплавлення мазевих основ для виготовлення м'яких лікарських форм та розроблену установку для його реалізації.*

Ключові слова: *ТЕПЛООБМІННІ ПРОЦЕСИ, НАГРІВАННЯ, ПЛАВЛЕННЯ, МАЗЕВА ОСНОВА, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ.*

The processes of heating and melting of hydrocarbon mixtures (vaseline, paraffin, lanolin, etc.) have become of great importance in many industries, in particular in the pharmaceutical industry for the manufacture of soft dosage forms (SDF), consisting of a simple or complex ointment base, in which one or more active substances are usually dissolved or dispersed. To ensure high quality of SDF in their

production, one of the tasks is to prepare the base, namely it's heating and melting. Often, containers with such ointment bases are kept in unheated or poorly heated rooms (warehouses, workshops, etc.) and are too viscous for their unloading from the container and transportation to mixing reactors. And taking into account the low thermal conductivity coefficients of such bases, all this complicates and slows down their melting. Therefore, the current task is to develop a method for intensifying the heating and melting processes of bases for SDF.

Analysis of literature sources showed that traditional methods of melting substrates for SDF using reactors, baths, electrowoven heaters, heating chambers, etc. are often energy-consuming, labor-intensive and contamination dangerous. For example, the melting method implemented using heating elements located on the outer surface of the container and heating the substrate through its wall allows for the creation of a uniform heat flow over the entire height of the container, but with this method of melting through the walls of a metal container, the speed of movement of the melting front in the volume is small due to the low thermal conductivity of the substrates, which leads to the melting of the substrate near the walls of the container (the possibility of destruction of the substrate from overheating of the container walls), and in the middle the substance remains unmelted.

The Institute of Technical Thermophysics has developed a method of thermal contact melting due to contact and convective heat transfer, which allows intensifying the process and reducing energy consumption. The method of melting the MLF base, placed in a cylindrical container, is based on the movement of a disk heating element under the action of gravity during the melting process and the flow of the molten base through the gaps between the disk and the walls of the container. The difference of the proposed method from the existing ones is in the supply of energy directly to the phase transformation front using a disk heating element, which is in contact with the outer boundary of the unmelted substance. The method allows to heat and melt only that part of the base that is necessary, that is, to implement a dosed melting process,

which makes it possible to use energy more rationally. At the same time, the temperature of the disk heater in the contact zone with the base is maintained below the temperature of its destruction. In the thickness of the melt, the melting temperature is maintained due to convective heat transfer from the upper surface of the heater.

Based on the proposed method, a device for thermal contact heating and melting was developed (Figure 1).

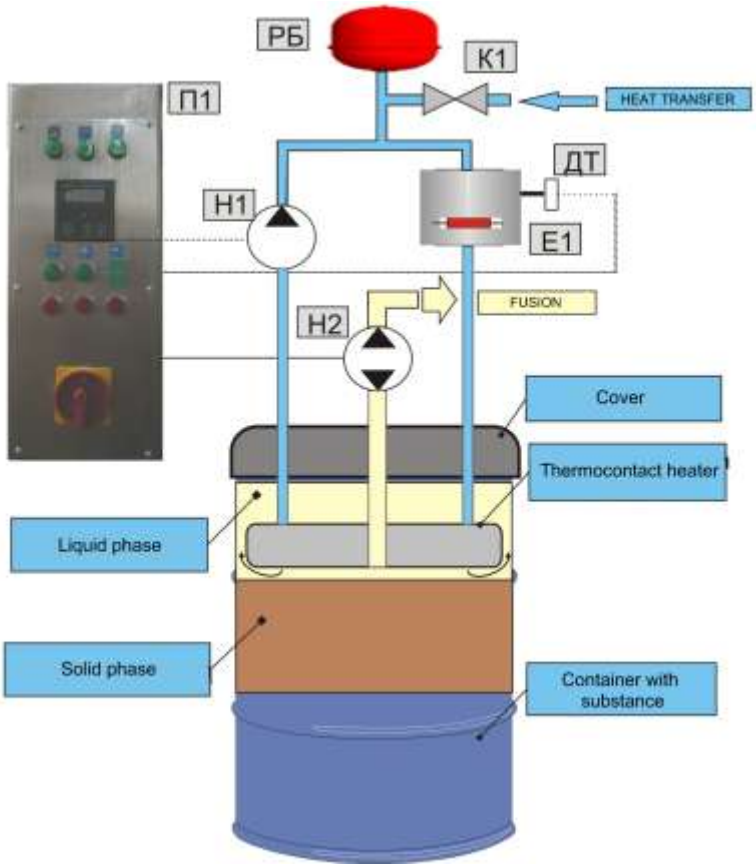


Figure 1. Schematic diagram of the installation for thermal contact heating and melting: Н1 – circulation pump; Н2 – product pump; ДТ – temperature sensor; РБ – expansion tank; П1 – control panel; К1 – shut-off valve of the coolant circulation circuit; Е1 – electric heater.

The installation combines three technological operations: melting, unloading and dosing in one technological cycle, which, in addition to energy efficiency, allows you to save time and human resources.

Conclusions

The developed method and installation for thermal contact heating and melting allows you to quickly and qualitatively melt the required amount of MLF base for transportation to the next stages of the manufacture of soft dosage forms.

УДК 532.137: 666.97

MEASUREMENT OF VISCOSITY OF FIBER-REINFORCED CONCRETE MIXTURE BY VIBRO-EXTRUSION

Igor Andreiev

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract. *The features of the flow of Newtonian fluids between flat fixed walls that converge and in a flat symmetrical rectangular channel that narrows are considered. It is proposed to determine the decrease in the mixture flow rate in a rectangular channel compared to the flow between the plates using the braking coefficient* κ_{Γ}*. A graph of the dependence of the braking coefficient on the ratio of the sides of the cross-section of the rectangular channel is constructed. 2 formulas are proposed for calculating the braking coefficient. A comparative analysis of the proposed formulas gives a good convergence of the calculation results, the average approximation error is 0.0126%, which indicates a high level of coincidence of the regression equation with a more complex analytical formula. A formula is proposed for calculating the viscosity of fiber-reinforced concrete mixtures by the time of material leakage from a vibroextruder.*

Key words: *viscosity, rheology, vibroextrusion, fiber concrete.*

ВИМІРЮВАННЯ В'ЯЗКОСТІ ФІБРОБЕТОННОЇ СУМІШІ ПРИ ВІБРОЕКСТРУЗІЇ

Ігор Андреєв

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Анотація. *Розглянуто особливості плину ньютонівських рідин між плоскими нерухомими стінками, які сходяться і у плоскому симетричному прямокутному каналі, що звужується. Запропоновано визначати зменшення витрати суміші у прямокутного каналі порівняно з плином між пластинами за допомогою коефіцієнта гальмування* $K_Г$. *Побудовано графік залежності коефіцієнта гальмування від співвідношення сторін поперечного перерізу прямокутного каналу. Запропоновано 2 формули для розрахунку коефіцієнта гальмування. Порівняльний аналіз запропонованих формул дає гарне сходження результатів розрахунків, середня похибка апроксимації при цьому дорівнює 0,0126 %, що свідчить про високий рівень збігу рівняння регресії з більш складною аналітичною формулою. Запропонована формула для розрахунку в'язкості фібробетонних сумішей за часом витікання матеріалу з віброекструдера.*

Ключові слова: *в'язкість, реологія, віброекструзія, фібробетон.*

The process of manufacturing fiber-reinforced concrete products largely depends on the viscosity of the mixtures being processed. In the practical determination of the rheological properties of fiber-reinforced concrete mixtures, a phenomenological approach is used, which assumes the material under consideration as a homogeneous isotropic medium. Only general reservations are made about the structure of the material. Based on the representations of continuity, the mathematical description of the flow is significantly simplified, and it is possible to introduce such macroscopic parameters as pressure and temperature. Currently, the rheological properties of cement mortars containing dispersed reinforcement have not been studied enough, and researchers offer various methods for determining these quantities.

To obtain objective rheological characteristics of fiber-reinforced concrete mixtures, it is necessary to use viscometers in which the flow of the material would

be simulated by the technological process. This requirement especially applies to the process of vibro-extrusion molding of products.

In the process of vibroextrusion of flat products in the end zones of a narrowing rectangular channel (Fig. 1), the flow of material is slowed down. The cross-section of such a channel has a rectangular shape. Therefore, for further consideration of the process, we will use the formula for calculating the flow rate of a Newtonian fluid in a rectangular channel [1]:

$$Q_п = \frac{WH^3}{12\mu} \cdot \frac{\Delta P}{L}\left[1 - \frac{129H}{\pi^5 W}\sum_{i=1,3...}^{\infty}\frac{1}{i^5}th\left(\frac{i\pi W}{2H}\right)\right], \quad (1)$$

where H is the width of the cross-section of the rectangular channel, m; W is the length of the cross-section of the rectangular channel, m; ΔP is the pressure drop in the channel, Pa; L is the length of the channel, m; μ is the viscosity, Pa·s.

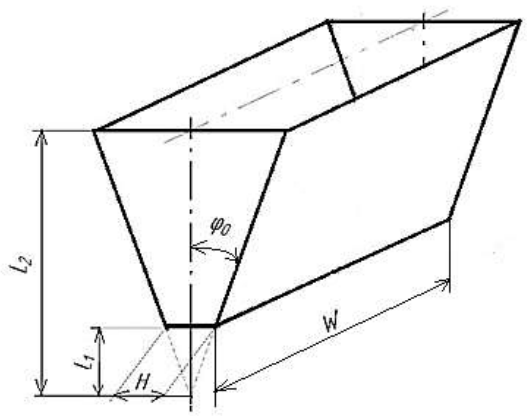


Fig. 1 – Calculation flow diagram in a flat, symmetrical, tapered rectangular channel

Taking into account equation (1), it was proposed to use the $K_Г$ braking coefficient to determine the degree of influence of the dimensions of the rectangular channel cross-section on the reduction of flow rate compared to the flow between parallel plates [2]:

$$K_Г = 1 - \frac{129H}{\pi^5 W}\sum_{n=1,3,...}^{\infty}\frac{1}{i^5}th\left(\frac{i\pi W}{2H}\right). \quad 2)$$

Using equation (2), we will plot a graph of the dependence of the braking coefficient K_Γ on the ratio *H/W* (Fig. 2):

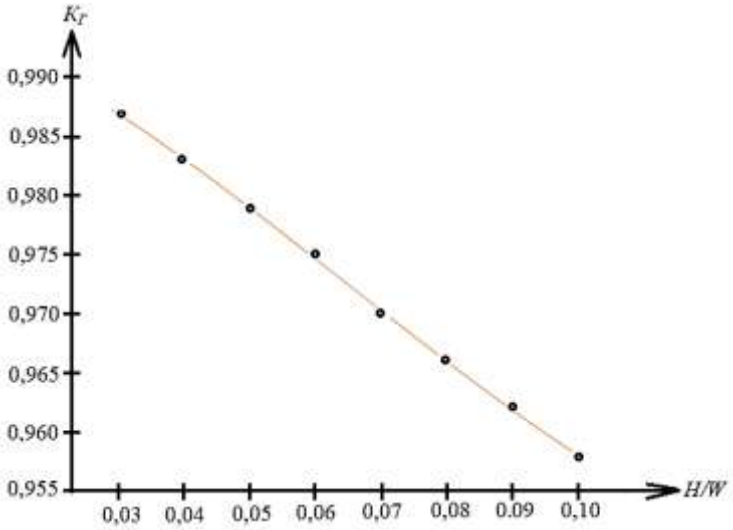


Fig. 2 – Graph of the dependence of the braking coefficient $\boldsymbol{K}_\Gamma$ on the ratio *H/W*

Using the constructed graph, the dependence of the braking coefficient K_Γ on the ratio *H/W* in the considered range of changing the argument can be described by cubic regression:

$$K_\Gamma = 20{,}2020(H/W)^3 - 3{,}9394(H/W)^2 - 0{,}1817H/W + 0{,}9954,$$

which is much simpler than formula (2). The average approximation error is 0.0126%.

Taking into account the braking of the mixture flow in the end zones of a narrowing rectangular channel, the formula for calculating the viscosity μ [2] is obtained:

$$\mu = \frac{\rho g L_1^2 L_2^2 (2\varphi_0 \cos 2\varphi_0 - \sin 2\varphi_0) t_в}{\sin 2\varphi_0 \cos 2\varphi_0 (L_1 + L_2)(L_1^2 - L_2^2)} K_Г = \frac{\rho g t_в}{C_к} K_Г,$$

where $C_к$ – design parameter [m^{-1}], which is calculated by the formula:

$$C_к = \frac{\sin 2\varphi_0 \cos 2\varphi_0 (L_1 + L_2)(L_1^2 - L_2^2)}{L_1^2 L_2^2 (2\varphi_0 \cos 2\varphi_0 - \sin 2\varphi_0)}.$$

Thus, measuring viscosity according to the proposed formula is reduced to recording the time of complete outflow of the fiber-reinforced concrete mixture from the vibroextruder.

References

1. Tadmor Zehev, Gogoc Costas G. Principles of polymer processing: monograph. 2nd ed. Hoboken, New Jersey: A John Wiley & Sons Inc., 2006. XVI, 961 p.

2. Андреєв І. А. Вимірювання в'язкості при віброекструзії фібробетону. Вісник національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", серія „Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження". 2024. № 4 (23). С. 35–40.

УДК 661.3

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КАУСТИЧНОЇ СОДИ З РОЗРОБКОЮ ВИПАРНОГО АПАРАТА ТА АПАРАТУ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ

бакалавр Семенов Д.П., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто питання модернізації установки виробництва каустичної соди з розробкою випарного апарата та апарату зворотного осмосу. Робота передбачає використання нових технологій для покращення ефективності установки та якості кінцевого продукту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КАУСТИЧНА СОДА, ВИПАРНИЙ АПАРАТ, АПАРАТ ЗВОРОТНОГО ОСМОМУ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

Annotation: The modernization of a caustic soda production plant is considered, including the development of an evaporator and a reverse osmosis unit. The study involves the implementation of new technologies to improve the efficiency of the plant and the quality of the final product.

KEYWORDS: CAUSTIC SODA, EVAPORATOR, REVERSE OSMOSIS UNIT, MODERNIZATION.

На початку XIX ст. розвиток виробництва каустичної соди (NaOH) був тісно пов'язаний з розвитком виробництва кальцинованої соди. Цей взаємозв'язок зумовлений тим, що сировиною для хімічного способу отримання NaOH служила кальцинована сода, яка у вигляді содового розчину каустифікувалася вапняним молоком. У 1882 р. було розроблено та здійснено у промисловості феритний спосіб отримання, також заснований на використанні кальцинованої соди [1]. Каустична сода широко використовується у сфері нафтопереробки, виготовлення целюлози, певних хімічних волокон та інших сферах.

Водні розчини каустичної соди є сильними лугами [2]. Тому каустична сода в першу чергу використовується в реакціях нейтралізації для утворення натрієвих солей. Гідроксид натрію реагує з амфотерними металами (Al, Zn) та їх оксидами, утворюючи комплексні аніони, такі як $[AlO_2]^-$ і $[ZnO_2]^{2-}$.

Реакція Al_2O_3 з NaOH є основним етапом під час вилучення глинозему з бокситу:

$$Al(OH)_3 + NaOH \rightarrow NaAlO_2 + 2H_2O$$

Каустична сода також реагує з газами слабких кислот, такими як H_2S, SO_2, CO_2:

$$H_2S + 2NaOH \rightarrow Na_2S + 2H_2O$$

$$SO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SO_3 + H_2O$$

$$CO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

У промисловості ці реакції необхідні для очищення газових викидів а також вибіркового видалення H_2S із природнього газу, що містить CO_2.

Металеві іони випадають осадом у формі гідроксидів з водних розчинів каустичної соди. Важливою реакцією у виробництві хлор-лугу є видалення магнію у вигляді $Mg(OH)_2$ в період первинного очищення та видалення інших домішок.

Органічні кислоти реагують із NaOH з утворенням розчинних солей. Омилення естерів призводить до утворення солі органічної кислоти та спирту, що добре видно на прикладі реакції тригліцеридів з утворенням мила і гліцерину:

$$C_3H_5(COOR)_3 + 3NaOH \rightarrow C_3H_5(OH)_3 + 3NaCOOR$$

Ще одна важлива реакція — це перетворення пропіленхлоргідрину в пропіленоксид:

$$ClC_3H_6OH + NaOH \rightarrow C_3H_6O + NaCl + H_2O$$

Реакції NaOH із природними продуктами є складними. Вони включають розчинення бавовни під час регенерації гуми, декстринизацію крохмалю,

очищення бавовни, рафінування рослинних олій, а також видалення лігніну та геміцелюлози в процесі крафт-переробки деревини. Основний етап реакції целюлози, каустичної соди та монохлороцтової кислоти для утворення натрієвої солі карбоксиметилцелюлози подібний до процесу мерсеризації бавовни та виробництва віскози з целюлозоксанту.

Технологічна схема виробництва каустичної соди

Каустична сода, отримана діафрагмовим методом, очищується комерційно за допомогою DH-процесу або методу аміачної екстракції, запропонованого компаніями PPG та OxyTech (рисунок 1) [2]. Основою цього методу є рідинно-рідинна екстракція, яка дозволяє знизити вміст солей та натрій хлорату.

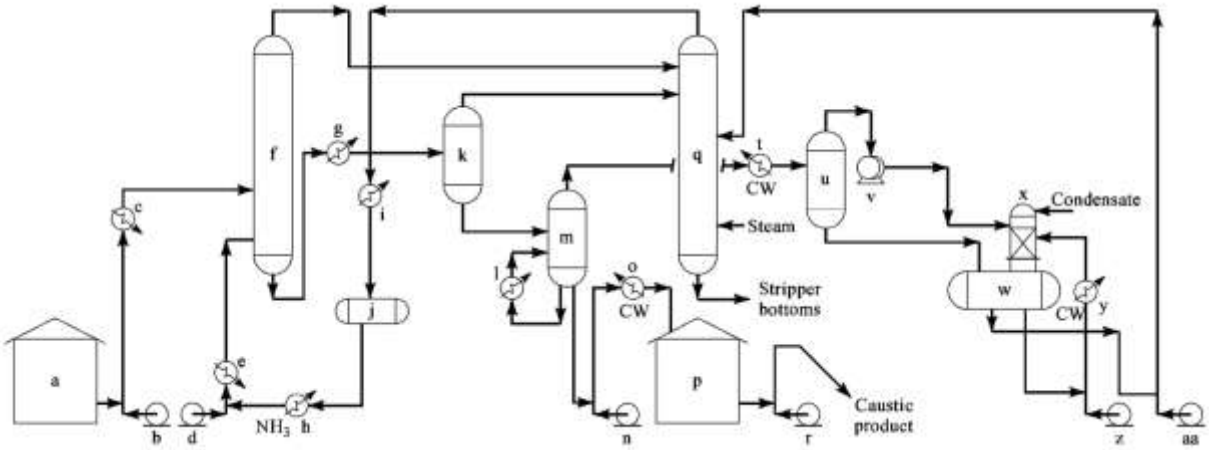
Процес очищення відбувається шляхом контакту 50% розчину каустичної соди з аміаком у протитечійному режимі за температури 60°C та тиску до 2500 кПа (25 атм). Рідкий аміак поглинає солі, хлорат, карбонати, воду та частину каустичної соди. Відфільтрований аміак випаровується, концентрується та повертається до екстракційного процесу.

Отриманий продукт містить приблизно 62% NaOH та очищений від домішок. Видалення Fe, Ni, Pb та Cu до низьких концентрацій здійснюється електролізом із використанням пористих катодів. Металічні домішки осідають на катоді, а каустична сода проходить фінальну очистку.

Модернізація установки полягає в додаванні апарата зворотного осмосу для покращення очищення каустичної соди. Це дасть змогу ефективніше видаляти залишкові домішки, такі як солі, важкі метали та інші забруднення, що не повністю усуваються на попередніх етапах. Як наслідок, якість кінцевого продукту підвищиться, а ризик небажаних хімічних реакцій у подальшому виробничому процесі зменшиться.

Зворотний осмос також сприятиме зниженню навантаження на випарники та інші очищувальні вузли. Очищена перед цим рідина матиме

менше солей та відкладень, що допоможе зменшити корозію обладнання та продовжити термін його експлуатації. Крім того, очищена вода після осмосу може бути повторно використана, що знизить споживання свіжої води та зробить процес більш екологічним.



a – резервуар для 50% каустичної соди, b – насоси подачі 50% каустичної соди, c – підігрівач каустичної соди, d – насоси подачі аміаку, e – підігрівач аміаку, f – екстрактор, g – додатковий підігрівач, h – охолоджувач аміаку, i – конденсатор випарника, j – резервуар для безводного аміаку, k – основний випарник, l – випарник-регенератор, m – випарник, n – насоси подачі очищеної каустичної соди, o – охолоджувач очищеного продукту, p – резервуар очищеної каустичної соди, q – стрипер аміаку, r – насоси подачі очищеної каустичної соди, t – конденсатор парів, u – випарник, v – вакуумний насос випарника, w – резервуар для водного аміаку, x – скрубер аміаку, y – конденсатор скрубера, z – насос рециркуляції аміаку, aa – насос відновлення аміаку, CW – холодна вода

Рисунок 1 Схема виготовлення

Список використаної літератури:

1. Технологія солі та лугів. Навчальний посібник / Л. В. Іванченко, В. Я. Кожухар та ін. Одеса : «Державний університет «Одеська політехніка»», 2021. 207 с.

2. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. Vol. 1. 4th ed. A to Alkaloids / Ed. by Watcher.

УДК 678.023

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛІНІЇ КАСКАДНОЇ ЕКСТРУЗІЇ З РОЗРОБКОЮ ШЕСТЕРЕНЧАТОГО НАСОСА

А.Ю. Абаєв, М.П. Швед

Національний технічний університет України «КПІ»

03056, Київ, пр. Перемоги, 37, корп 19

ixf@kpi.ua

Останнім часом у хімічному машинобудуванні значна увага приділяється вдосконаленню технологій, спрямованих на підвищення якості продукції, а також створенню нових економічних, високопродуктивних машин для переробки пластичних мас. Особливий інтерес викликають модифіковані дискові екструдери [1], які демонструють низку важливих переваг. Зокрема, такі екструдери забезпечують високий рівень змішувального ефекту за рахунок унікальної конструкції, що дозволяє суттєво знизити енерговитрати. Крім того, вони характеризуються коротким часом перебування матеріалу в зоні переробки, що мінімізує теплове навантаження на матеріал і сприяє збереженню його властивостей. Ще однією перевагою є можливість досягнення високих швидкостей зсуву за відносно низького тиску, що розширює спектр застосування таких машин. Варто також відзначити легкість забезпечення автогенного режиму роботи, що сприяє автоматизації процесу та підвищенню його ефективності. Завдяки цим характеристикам модифіковані дискові екструдери мають великий потенціал для використання в сучасних технологіях переробки пластичних мас, відкриваючи нові можливості для розвитку галузі.

Одним із недоліків дискових екструдерів є пульсація розплаву та недостатній тиск на виході, що обмежує можливість продавлювання розплаву через формувальний інструмент. Ці проблеми стали поштовхом для створення комбінованих дискових екструдерів [2], які об'єднують переваги різних

технологій для досягнення оптимальних результатів. Серед численних конструктивних рішень найефективнішим виявилося комбінування дискового екструдера з шестеренним насосом. Така конструкція має низку важливих переваг. По-перше, вона забезпечує високу якість підготовки розплаву завдяки ефективному змішуванню та рівномірному нагріванню матеріалу. По-друге, точність дозування значно зростає, що критично важливо для виробництва продукції з високими вимогами до геометрії та однорідності. По-третє, реалізація високого тиску на виході дозволяє формувати вироби складної конфігурації, розширюючи сферу застосування таких екструдерів. Таким чином, комбіновані дискові екструдери вирішують основні недоліки традиційних моделей, відкриваючи нові можливості для підвищення ефективності та якості виробничих процесів у галузі переробки пластичних мас.

Було створено каскадний дисково-шестеренний екструдер (рис. 1), до складу якого входять дисковий екструдер 1, нагнітальний дозуючий шестеренний насос 2 і шнековий дозатор 3. Особливістю такого екструдера є те, що всі три пристрої оснащені приводами (серводвигунами) 4,5,6 які мають високий ККД, що дозволить зменшити енергоспоживання приводів з можливістю безступінчастого регулювання кутової швидкості та моменту робочих органів через інтеграцію з програмованими логічними контролерами типу Siemens TIA Portal, а також те, що між дисковим екструдером і шестеренним насосом встановлено компенсатор 7 з ПЛК контролером Siemens SIMATIC S7-1500, який має високу продуктивність, гнучкість у програмуванні, підтримку інтерфейсів зв'язку PROFIBUS і PROFINET, можливість для інтеграції з іншими системами та забезпечує зворотній зв'язок із приводом дозатора узгоджуючи продуктивність дозатора і шестеренного насоса. Перероблюваний полімер з бункера 8 дозується в завантажувальну горловину 9 дискового розплавлювача-гомогенізатора, де він захоплюється багатозахідною

гвинтовою нарізкою завантажувально-пластикувальної зони, розігрівається за рахунок енергії дисипації і у вигляді напіврозплаву надходить у торцевий робочий зазор 10 дискового екструдера, де завершується плавлення полімеру і гомогенізація розплаву. Під впливом вакууму, який створюється в шестеренному насосі, а також тиску, що забезпечується завантажувально-пластикувальною зоною та ефектом Вайссенберга, розплав заповнює порожнини між зубами шестерень, під час їх обертання – це забезпечує стабільну продуктивність і підтримання необхідного тиску розплаву для його проходження через формувальний інструмент 11.

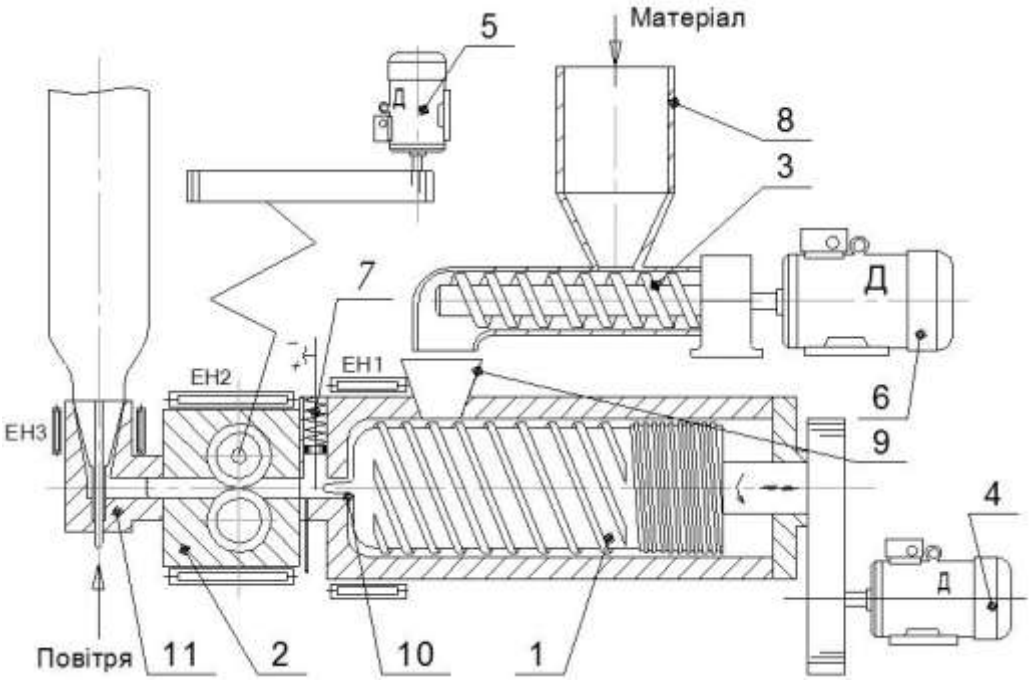


Рис.1 Схема каскадного дисково-шестеренного екструдера.

У ході проведення попередніх досліджень екструдера в складі лінії для виробництва рукавної плівки ЛРП-600, використовуючи автоматичні регулятори PID (Proportional-Integral-Derivative) які складаються з трьох основних компонентів:

- пропорційального (P) — відповідає за швидкість реагування на відхилення від заданого значення. Чим більший коефіцієнт пропорційного компонента, тим швидше регулятор намагається відкоригувати значення; - інтегрального (I) —

відповідає за усунення помилок на основі історії відхилень. Інтегральний компонент усуває постійні відхилення та допомагає уникнути "погойдування" системи; - диференціального (D) — враховує швидкість зміни відхилень, забезпечуючи більш плавне регулювання. Це допомагає зменшити коливання системи змінюючи кутові швидкості дозатора, дискового екструдера і шестеренного насоса, що дало можливість досягнути стабільні технологічні режими переробки полімерів. Дослідження зразків плівки підтвердили їх відповідність нормативним вимогам. За умови продуктивності 35 кг/год товщина плівки може коливатися в межах 8–10 мкм. Для порівняння, на лінії з черв’ячним пресом ЧП45×25 [3] мінімальна товщина плівки становить 25–30 мкм, але при цьому питомі енерговитрати зростають на 20–25 %.

Список літератури

1. Дослідження шестеренчастого насоса як нагнітального пристрою дискового екструдера для переробки полімерних матеріалів / Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонок, М. В. Сезонов // Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 2001. — № 3. — С. 136—139.

2. Обладнання для одержання і формування полімерних композиційних матеріалів / Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонок, Г. Л. Рябцев, М. В. Сезонов // Хімічна промисловість України. — 2001. — № 6. — С. 55—61.

3. Дослідження лінії для виробництва рукавної полімерної плівки. Методичні вказівки / Укл.: Л.Б. Радченко, М.П. Швед, А.Р. Степанюк, І.О. Мікульонок. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – С. 30—34.

UDC 665.642

MODERNIZATION OF THE N-PENTANE PRODUCTION UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF AN AIR COOLER

student Muzyka Oleksandr, assistant Podyman Hryhorii

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: This paper presents a technical and technological justification for the modernization of the n-pentane production unit through the implementation of an air cooler. Technical solutions are proposed to optimize the cooling process and improve the energy efficiency of the system.

KEYWORDS: N-PENTANE, AIR COOLER, MODERNIZATION, FRACTIONATION, COOLING, ENERGY EFFICIENCY

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА Н-ПАНТАНУ З РОЗРОБКОЮ ПОВІТРЯНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

студент Музика Олександр, асистент Подиман Григорій

Національний технічний університет України

“ Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського ”

АНОТАЦІЯ: У даній роботі наведено техніко-технологічне обґрунтування модернізації установки виробництва н-пентану шляхом впровадження повітряного холодильника. Запропоновано технічні рішення для оптимізації процесу охолодження та підвищення енергоефективності системи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: Н-ПЕНТАН, ПОВІТРЯНИЙ ХОЛОДИЛЬНИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ФРАКЦІОНУВАННЯ, ОХОЛОДЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

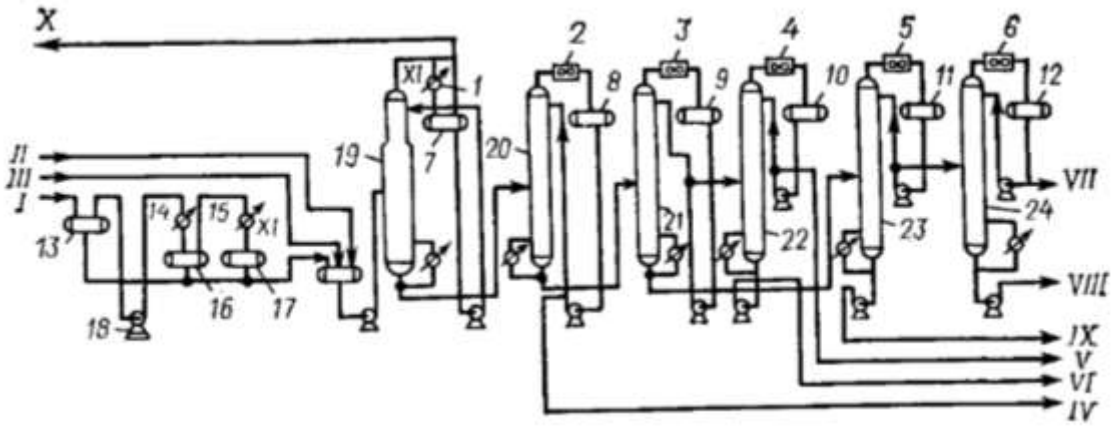
Н-пентан (C_5H_{12}) — це насичений ациклічний вуглеводень, що належить до класу алканів. Він є безбарвною рідиною з характерним запахом, має низьку густину (близько 0,63 г/см³) і високу леткість. Температура кипіння становить

приблизно 36 °С, а плавлення — близько -130 °С. Н-пентан використовується як розчинник у хімічній промисловості та входить до складу бензинових фракцій. Він легко займається і утворює займисті суміші з повітрям, що потребує обережного поводження [1].

1. Ізомеризація н-пентану для отримання ізопентану, який використовується як компонент високооктанового бензину.

2. Використання н-пентану як сировини для синтезу різних органічних сполук.

Виробництво н-пентану показано на рисунку 1 [2].



1 - 6, 14, 15 – конденсатори холодильники; 7 - 12 – ємності; 13, 16, 17 – сепаратори;

18 – компресор; 19 - 24 – колони.

Рисунок 1– Технологічна схема установки газофракціонування [2]

Газ прямої перегонки надходить на установку та через сепаратор 13 спрямовується на стиск у компресор 18. Після цього газ проходить процес охолодження та конденсації у водяному (14) та аміачному (15) конденсаторах-холодильниках. На кожному етапі конденсації газорідинна суміш розділяється у сепараторах 16 і 17, що дозволяє отримати чистіші фракції. Конденсати, зібрані у сепараторах 13, 16 та 17, змішуються з основними фракціями

стабілізації установок первинної перегонки та каталітичного риформінгу, після чого спрямовуються в блок ректифікації [2].

У колоні 19 ректифікаційного блоку відділяється метан та етан. Отриманий дистиляційний продукт, що містить також домішки пропану, частково конденсується в аміачному конденсаторі-холодильнику 1, де рідка фаза використовується для зрошення, а газова виводиться з установки. Кубовий продукт колони 19, деетанізована фракція, надходить у депропанізатор 20, де здійснюється поділ на пропанову фракцію та суміш вуглеводнів С4 і вище. Пропанова фракція проходить очищення від сіркових сполук і виводиться, тоді як кубовий продукт колони 20 спрямовується на подальше фракціонування в дебутанізатор 21.

У колоні 21 виділяється суміш бутану та ізобутану, яка направляється до колони 22 для поділу на компоненти. Кубовий продукт дебутанізатора, легкий бензин, подається в депентанізатор 23, де з нього виділяється суміш пентанів, а залишок, що містить С6 та важчі компоненти, йде на подальше розділення. В колоні 24 суміш пентанів розділяється на н-пентан та ізопентан.

Ця схема демонструє складний багатоступеневий процес розділення газової суміші, що забезпечує отримання високочистих продуктів. Кожна ректифікаційна колона функціонує за оптимальними температурними та тисковими параметрами, що забезпечує максимальну ефективність процесу.

Для оптимізації процесу виробництва необхідно:

1.Використання енергозберігаючих технологій: Впровадження нових технологій для зниження енерговитрат та підвищення ефективності виробництва.

2.Комплексна переробка сировини: Максимальне використання всіх компонентів сировини для отримання цінних продуктів.

3.Вдосконалення систем управління: Застосування сучасних систем автоматизації для оптимізації процесу та підвищення якості продукції.

Тому, для підвищення ефективності отримання н-пентану, необхідно виконати ряд наступних рекомендацій:

1.Використання штучного інтелекту: Застосування методів штучного інтелекту для оптимізації процесу, прогнозування параметрів та автоматизації управління.

2.Розробка нових каталізаторів: Дослідження та розробка нових каталізаторів для підвищення ефективності процесів переробки сировини та отримання н-пентану.

3.Інтеграція з іншими виробництвами: Інтеграція виробництва н-пентану з іншими хімічними виробництвами для підвищення ефективності використання ресурсів та зниження витрат.

Посилання на використані джерела:

1. Електронний ресурс: https://corelamps.com/elementy/pentan/ за 20.01.2025
2. Kirk Othmer Encyclopedia of Chemical Technology Vol 1, fourth edition, A to Alkaloids, 2004, Wiley.
3. Ластухін Ю. О. Органічна хімія /Ю. О Ластухін, С. А. Воронов. – Львів: Центр Європи, 2001. – С. 309-340; С. 684-709. – ISBN 966-7022-19-6.

УДК

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ КРИШКИ СКВОЗНОЇ

Нефьодова К. В., бакалавр; Щербина В.Ю., д.т.н., проф.,

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Виконана розробка програми для автоматизованого проектування кришки сквозної, що включає в себе автоматичне виконання 2D-креслення деталі та побудови 3D-моделі з можливістю налаштування розмірів за допомогою діалогового вікна. Програма може використовуватись як елемент автоматизованого проектування при виконанні конструкторських та проектних робіт.

Вступ. В сучасному машинобудуванні виникає всенагальніша потреба в оптимізації та автоматизації процесів проектування. Використання програмного забезпечення для автоматизованого створення 3D моделей значно зменшує час на розробку проекту, підвищує точність розрахунків та забезпечує зменшення кількості помилок, що виникають через людський фактор. Крім того, розроблені інструменти можуть бути використані для подальшого вдосконалення процесів проектування та виготовлення аналогічних деталей в інших сферах інженерії. Технології, що застосовуються для автоматизованого проектування кришки сквозної, можуть бути безпосередньо застосовані і до інших елементів каландрових машин і подібних механізмів, що дозволяє досягти високої точності, мінімізувати виробничі витрати та підвищити ефективність експлуатації обладнання.

Мета роботи: розробка програмного забезпечення для автоматизованого проектування кришки сквозної, яке б дозволяло ефективно створювати її тривимірні моделі та креслення у середовищі AutoCAD.

Математична модель. При створенні програм для автоматизованого проектування форм основою було обрано середовище AutoCAD, яке є найбільш поширеною інженерною системою для автоматизації проектування в Україні та світі. Розроблене програмне забезпечення використовує функціональну мову AutoLISP та мову для управління діалоговими вікнами DCL [1], що дозволяє здійснювати інтерактивне введення даних, значно пришвидшуючи процес створення проектної документації, а також забезпечує доступ до графічної бази даних для програмної обробки текстової та числової інформації [2].

Створена система має багаторівневу віконну структуру, що дозволяє швидко вводити або коригувати параметри та виконувати креслення деталі в 2D і 3D форматах. Процес введення та коригування даних відбувається в інтерактивному режимі за допомогою діалогового вікна, зображеного на рис. 1.

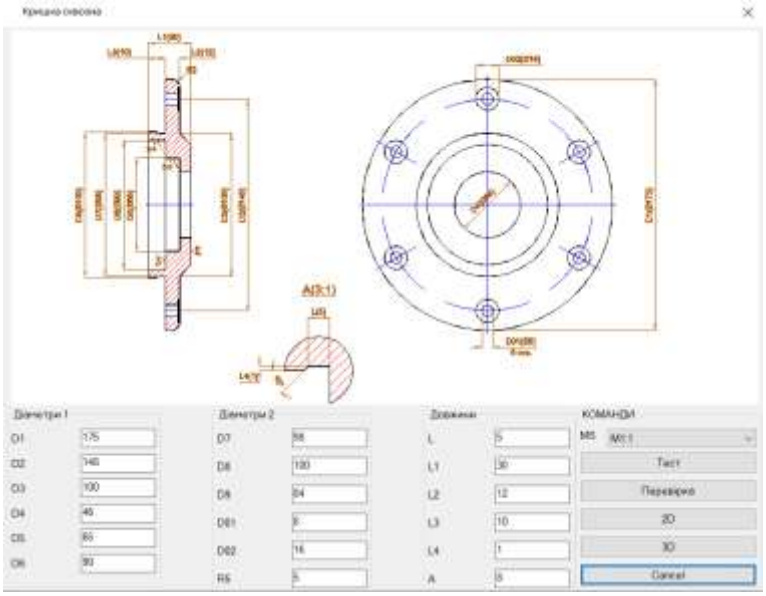


Рисунок 1 – Діалогове вікно уведення даних кришки сквозної

З рисунку видно, що діалогове вікно розділене на дві частини і друга в свою чергу на 4 вертикальних секцій, кожна з яких має свою назву для інтерактивного використання.

В верхній частині діалогового вікна, містить у собі схематичне зображення креслення. Для зручності, замість конкретних значень кожного

розміру використані короткі абревіатури, які співпадають з позначеннями, що знаходяться правіше.

В нижній частині 4 секції призначені для уведення розмірів деталі. Окремо виділені блоки для уведення значень діаметрів та довжини.

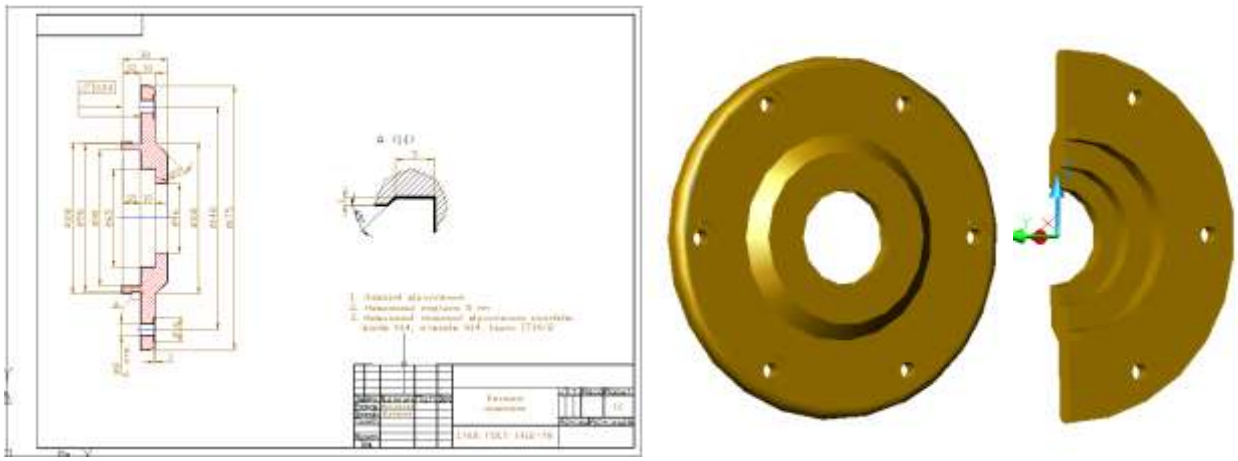
Остання частина КОМАНДИ діалогового вікна дозволяє обрати:

- масштабування деталі (присутні масштаби збільшення та зменшення);
- кнопку "Тест", яка повертає клавіші до записаних в коді програми, для того, щоб можна було легко повернутись до побудови деталі ("За замовчуванням");
- "Перевірка". Кнопка виконує перевірку даних введених в активні поля діалогового вікна. У разі помилки з'являється системне вікно, в якому вказуються конкретні помилкові значення. У випадку вірного уведення відбувається повідомлення, що помилок знайдено. Без натиснення "Перевірки" кнопки "2D" та "3D" не активуються.
- "2D". Виконує 2D-креслення деталі за заданими розмірами;
- "3D". Створює 3D-модель деталі за заданими розмірами.
- "Cancel". Вихід з меню діалогового вікна та відміна виконання програми.

На рис.3 приведені результати виконання креслення та 3D конструкції при уведенні базових даних для кришки сквозної.

Для креслення показаного на рисунку використовуються вихідні дані отримані з розрахунку базових технологічних параметрів деталі. Після уведення вказаних параметрів в діалогове вікно виконується розрахунок необхідних геометричних параметрів конструкції, будується 3D модель типу SOLID (рис. 2б) та виконується креслення шестерні (рис.2а). По 3D моделі, з

допомогою візуального контролю користувач-проектувальник аналізує отриману деталь і при необхідності вносить необхідні зміни в конструкцію.

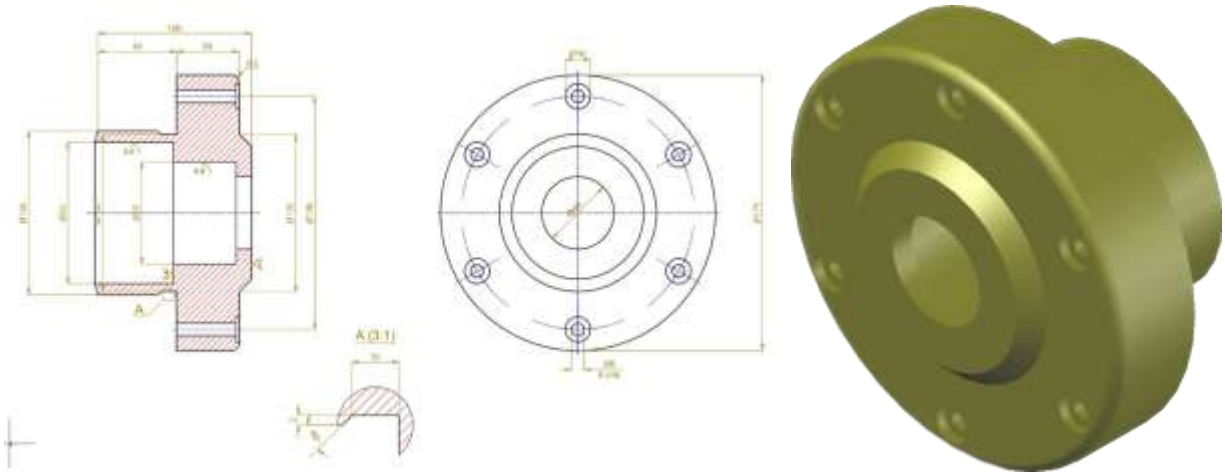


а) б)

Рисунок 2 – Побудова типового креслення кришки

а) креслення деталі; б) твердотільна модель

В програмі передбачена зміна та корегування функціональних параметрів в інтерактивному режимі з допомогою діалогового вікна. На рис.3 приведені результати виконання креслення при зміні основних розмірів базової деталі.



а) б)

Рисунок 3 – Побудова конструкції при зміні

а) 2D деталі; б) твердотільна модель

Потрібно зазначити, що створення 3D моделі конструкції типу SOLID передбачає не тільки візуальний контроль користувача але додатково дає можливість використовувати її при розрахунках на міцність в системах ANSYS, SOLIDWORKS, VESNA та їм подібним [3]. При цьому застосовується можливість AutoCAD трансформувати 3D модель в формат <>.sat, який можливо використати у вказаних системах.

Таким чином розроблена програма може використовуватись як складовий елемент для вдосконалення методів автоматизованого проектування при виконанні конструкторських та проектних робіт в розробці нових та модернізації діючих механізмів приводу.

Висновки. Розробка та впровадження автоматизованого програмного забезпечення для проектування кришки сквозної в середовищі AutoCAD є значним кроком у напрямку вдосконалення процесів інженерного проектування. Використання функціональної мови AutoLISP та мови управління діалоговими вікнами DCL дозволило створити гнучкий та ефективний інструмент для створення як 3D моделей, так і 3D креслень валка каландра. Завдяки інтерактивному введенню та коригуванню параметрів, користувач отримує можливість оперативно адаптувати геометрію деталі відповідно до конкретних вимог без необхідності вручну вносити зміни в усі елементи проекту.

Інтерактивний режим уведення даних дозволяє швидко змінювати розміри та інші важливі характеристики деталі, що особливо важливо при проектуванні складних конструкцій, таких як валки каландра.

Запропоноване програмне забезпечення має великий потенціал для використання не лише в проектуванні кришки сквозної, але й у розробці інших

складових частин технічних виробів, що дозволяє автоматизувати процеси проектування в різних галузях інженерії.

Перелік посилань

1. Щербина В.Ю., Гондлях О.В., Чемерис А.О., Швачко Д.Г. AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 175 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45732

2. Щербина В.Ю., Степанюк А.Р. Кожухотрубні теплообмінники. Конструкторське проектування обладнання [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 117 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67996

3. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] / В.Ю.Щербина, О.С.Сахаров, О.В.Гондлях, В.І.Сівецький. –К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156 с. https://cpsm.kpi.ua/publikatsiji/knigi/731

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЄКТУВАННЯ КРИШКИ РЕДУКТОРА ПРИВОДУ ЛЕБІДКИ

Бєлоконь А.І., бакалавр; Щербина В.Ю., д.т.н., проф.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розроблено програму для автоматизованого проектування кришки редуктора приводу лебідки, яка забезпечує автоматичне створення 2D-креслення деталі та побудову 3D-моделі з можливістю налаштування параметрів через діалогове вікно. Програма може використовуватись як інструмент автоматизованого проєктування для конструкторських робіт.

Вступ. Кришки редукторів приводів лебідок є важливими конструктивними елементами, що забезпечують захист внутрішніх механізмів від зовнішніх впливів та утримують мастильні матеріали в робочій зоні [1]. Під час експлуатації лебідок, які працюють в умовах значних навантажень, вібрацій і дії агресивного середовища, кришки редукторів піддаються суттєвому зносу, що вимагає періодичного обслуговування або заміни. Крім того, необхідність модернізації конструкцій з метою підвищення їх довговічності та надійності зумовлює потребу у швидкому та точному проектуванні цих деталей. Використання автоматизованих систем проектування дозволяє значно скоротити час розробки креслень та моделей кришок редукторів, забезпечуючи їх відповідність заданим параметрам та вимогам технологічного процесу [2].

Мета роботи: створення програмного забезпечення для автоматизації процесу проектування кришки редуктора приводу лебідки, яке забезпечуватиме автоматичне виконання 2D-креслень та побудову 3D-моделей з можливістю налаштування параметрів, що дозволить скоротити час розробки та підвищити ефективність проектних робіт.

Математична модель. При створенні програмного забезпечення для автоматизованого проектування кришки редуктора приводу лебідки як базова платформа використовувалась система AutoCAD, яка є однією з найпоширеніших інженерних систем автоматизації проектування. Розробка базувалась на використанні функціональної мови програмування AutoLISP та мови управління діалоговими вікнами DCL, що дозволяє реалізувати інтерактивний режим введення параметрів і значно скоротити час створення конструкторської документації [3]. Також це забезпечує доступ до графічної бази даних для програмної обробки текстової та числової інформації, а також інтеграцію розроблених програм з іншими підсистемами проектування [4]. Інтерактивний підхід сприяє підвищенню гнучкості та ефективності процесу автоматизації проектування.

Розроблена програма викликає діалогове вікно, в якому забезпечується введення або редагування параметрів деталі, на основі яких можна автоматично створювати креслення деталі у 2D і об'єкт типу SOLID в 3D. Зображення діалогового вікна наведено на рис. 1.

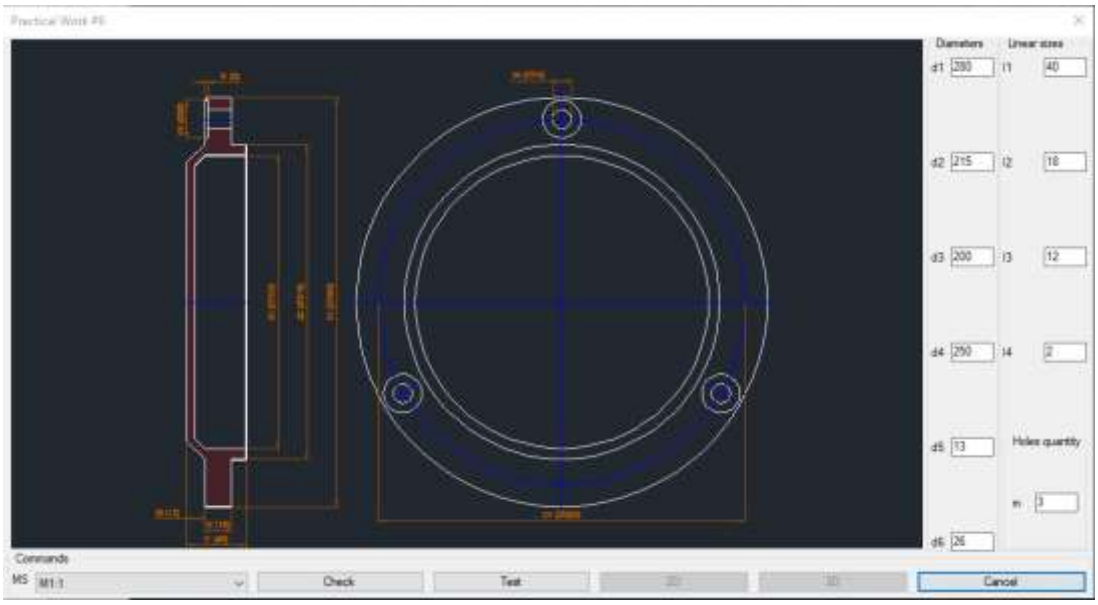


Рисунок 1 – Діалогове вікно для введення параметрів кришки редуктора приводу лебідки

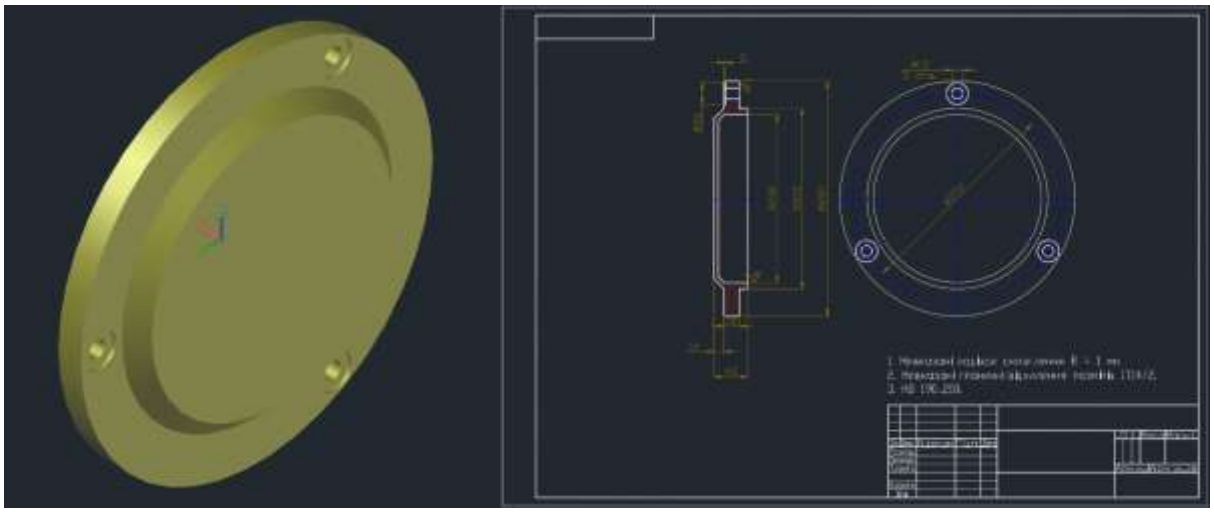
Діалогове вікно складається з двох вертикальних, однієї горизонтальної секцій і схематичного зображення деталі з позначеннями розмірів, які можна редагувати. Для кожного розміру є своя змінна, яка показана поряд зі значеннями розміру на схемі деталі.

Колонка праворуч з назвою «Diameters» відповідає за діаметри. А «Linear sizes» за ширину деталі та інші розміри.

Нижна панель під назвою «Commands» дозволяє вибирати різні команди, наприклад:

- **«Check»**: Виконує перевірку коректності введених даних. У разі помилки система повідомляє про некоректні параметри, а в разі успішної перевірки – активуються кнопки для створення 2D креслення і 3D деталі.
- «**Test»**: Заповнює поля стандартними параметрами за замовчуванням для швидкого попереднього проектування.
- «**2D»**: Генерує 2D-креслення кришки редуктора відповідно до заданих розмірів.
- **«3D»**: Створює 3D-модель деталі за введеними параметрами.

На рис. 2 наведено результати виконання 3D моделі типу SOLID та 2D креслення.



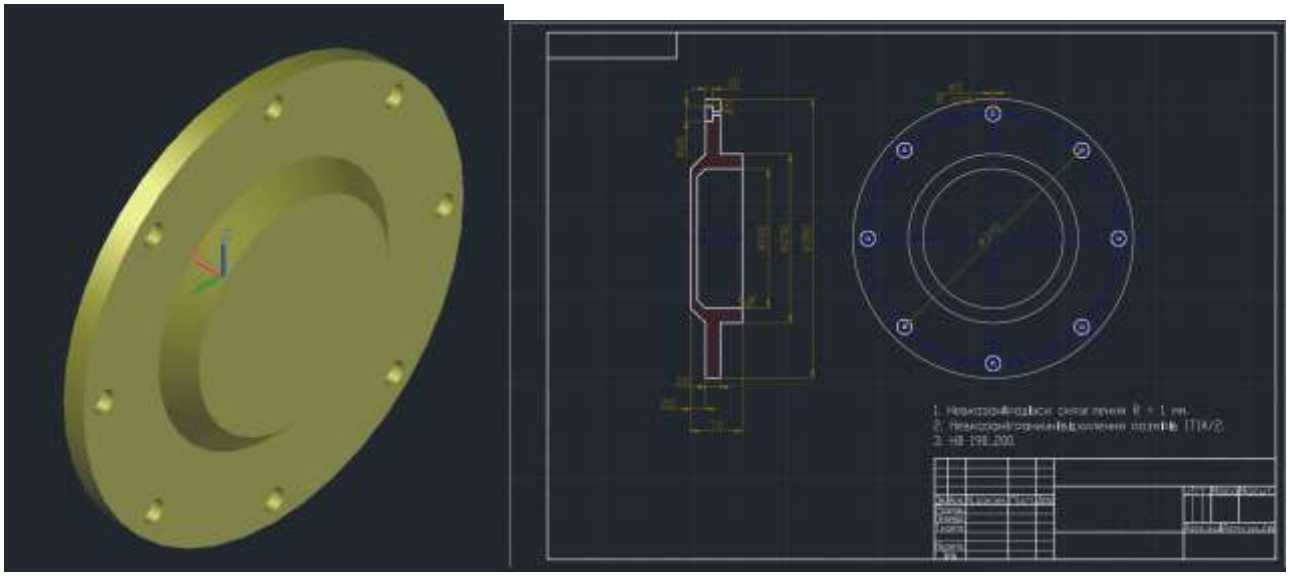
а) б)

Рисунок 2 – Результати програми

а) твердотільна модель; б) креслення деталі

Для створення креслення, зображеного на рисунку, 2 використовуються початкові дані, отримані в результаті розрахунку базових технологічних параметрів деталі. Після введення цих параметрів у діалогове вікно проводиться розрахунок необхідних геометричних характеристик конструкції, будується 3D модель типу SOLID (рис. 2а), а також створюється креслення кришки (рис. 2б).

Програма дозволяє змінювати та налаштовувати параметри в інтерактивному режимі через діалогове вікно. На рисунку 3 зображені результати коригування креслення після внесення змін в розміри деталі.



а) б)

Рисунок 3 – Результат виконання програми після внесення змін у її параметри а) твердотільна модель; б) креслення деталі

Розроблена 3D модель може бути використана в таких програмах, як SOLIDWORKS, ANSYS, VESNA та інших подібних для проведення розрахунків на міцність.

Розроблена програма є важливим інструментом для вдосконалення методів автоматизованого проектування при виконанні конструкторських та проектних робіт, що стосуються розробки нових та модернізації існуючих механізмів редуктора приводу лебідки.

Висновки. Створена програма для автоматизованого проектування кришки редуктора приводу лебідки дозволяє розробляти 2D креслення та 3D моделі типу SOLID. Програма використовує функціональну мову AutoLISP і мову керування діалоговими вікнами DCL, що дозволяє інтерактивно вводити дані та контролювати їх відповідність.

Використання цієї програми значно прискорює і підвищує якість проектування та розробки проектної документації у процесі створення нових та модернізації існуючих механізмів редуктора приводу лебідки.

Перелік посилань

1. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.; з іл.

2. Щербина В.Ю., Гондлях О.В., Чемерис А.О., Швачко Д.Г. AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 175 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45732

3. Щербина В.Ю., Лелека С.В., Безверхий І.О. Методологія проектування. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 119 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67997

4. Щербина В.Ю., Степанюк А.Р. Кожухотрубні теплообмінники. Конструкторське проектування обладнання [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 117 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67996

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ВЕДУЧОГО ВАЛУ

Трунін А.О., магістр; Щербина В.Ю., д.т.н., проф.,
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Розроблено програму для автоматизованого проектування ведучого валу, яка забезпечує автоматичне створення 2D-креслення деталі та побудову її 3D-моделі. Програма також включає в себе можливість налаштування розмірів через діалогове вікно.

Вступ. Сучасні тенденції машинобудівної галузі вимагають впровадження автоматизованих засобів проектування, які забезпечують підвищення продуктивності, точності розрахунків та зниження витрат на виробництво [1] [2].

Одним із ключових елементів багатьох механічних систем є ведучий вал, який відіграє важливу роль у забезпеченні роботи всього механізму, але традиційні підходи до проектування валів вимагають значних зусиль для виконання розрахунків, побудови креслень і створення 3D моделей, що може призводити до помилок через людський фактор та обмежувати можливості швидкого внесення змін.

Автоматизація процесу проектування ведучого валу є актуальним на сьогодні завданням завданням, оскільки вона дозволяє скоротити час на розробку конструкцій, підвищити точність та забезпечити гнучкість у налаштуванні параметрів деталі. Застосування інтерактивних засобів введення даних, таких як діалогові вікна, додатково спрощує роботу з деталлю, забезпечуючи інтуїтивно зрозумілий процес її налаштування [3].

Мета роботи. Створити автоматизовану систему проектування ведучого валу, яка використовує введені в неї параметри для побудови 2D-креслення та 3D-моделі ведучого валу.

Математична модель. У цій роботі система AutoCAD використовується як базова платформа для автоматизованого проектування завдяки її широкій популярності як у світі, так і в Україні. Основою розробки є мови програмування AutoLISP і DCL, які дозволяють автоматизувати створення креслень та моделей, а також забезпечують інтерактивний режим введення даних через діалогові вікна.

Створена система реалізована у вигляді багаторівневої віконної структури, яка забезпечує швидке введення та редагування параметрів деталі, а також автоматичне створення її 2D-кресленя та 3D-моделі в залежності від потреб користувача. Процес введення та зміни даних відбувається в інтерактивному режимі за допомогою діалогового вікна. Приклад діалогового вікна представлено на рис. 1.1

Діалогове вікно, розроблене для цієї роботи, розділено на 3 секції:

Перша секція містить схематичне зображення ведучого валу, який генерується програмою. На схемі зображені абревіатури параметрів, які користувач зможе вводити у відповідних полях нижче.

Друга секція включає всі параметри деталі, а також їх значення за замовчуванням, що дозволяє швидко перевірити роботоспроможність програми. Ця секція поділена на три окремі підвікна, кожне з яких відповідає за певний тип параметрів (діаметри, довжини, інші характеристики). Тут користувач може задавати власні параметри, щоб отримати деталь із потрібними характеристиками.

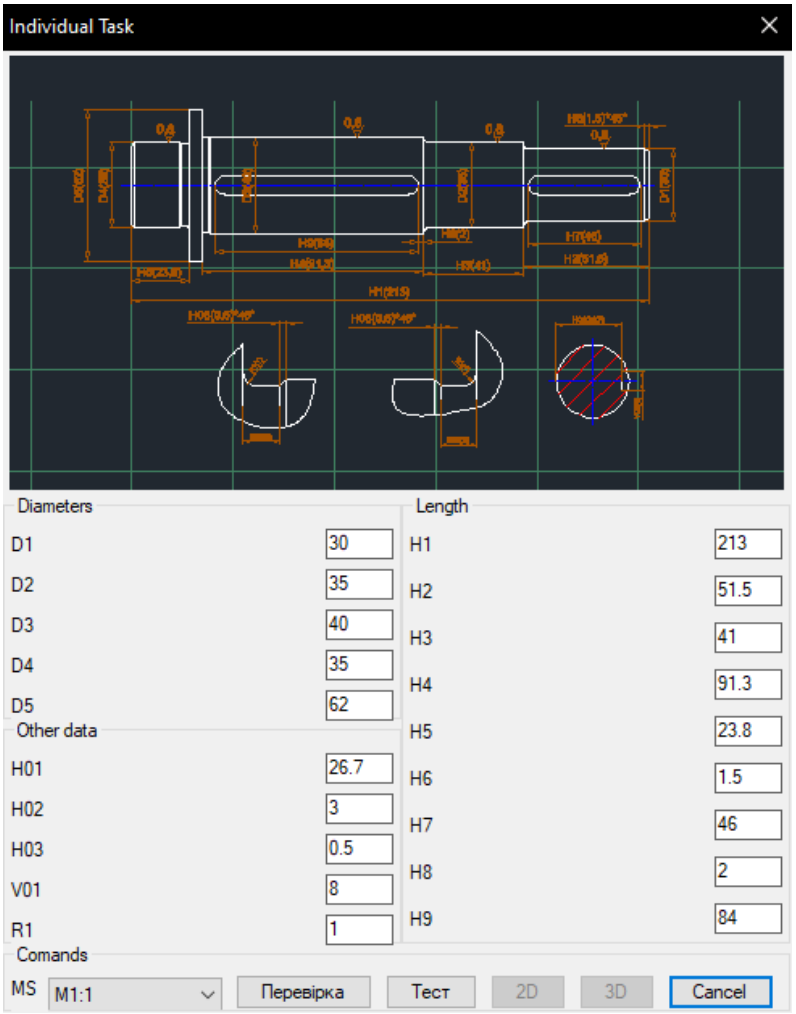


Рис. 1.1 – Діалогове вікно інтерактивного вводу

Третя секція містить набір команд:

- Зміна масштабу – дозволяє легко змінювати масштаб креслення за стандартними маштабами.
- Перевірка – аналізує введені параметри на відповідність умовам креслення, після чого стає доступним створення креслення або 3D-моделі.
- Тест – повертає параметри до значень за замовчуванням.
- 2D – активується після успішної перевірки і створює 2D-креслення деталі на основі заданих параметрів.

- 3D – також активується після успішної перевірки і генерує 3D-модель деталі.
- Cancel – скасовує виконання програми..

На рис. 2.1 та 2.2 наведено результати виконання програми з використанням базових даних.

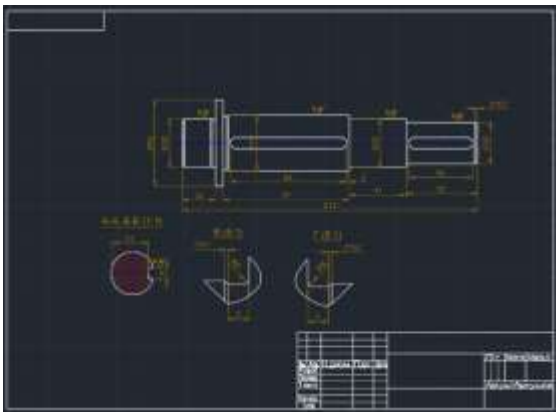


Рис 2.1 – 2D-креслення деталі

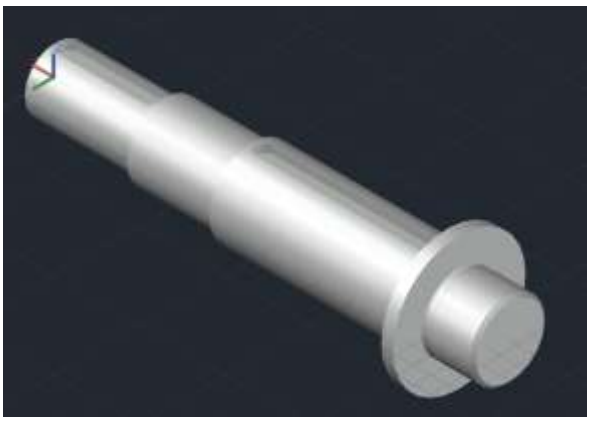


Рис 2.2 – 3D-модель деталі

Оскільки програма призначена для автоматизованого проектування, вона повинна мати можливість використання небазових параметрів для створення креслень. На рисунках 3.1 та 3.2 представлено результати роботи програми зі зміненими параметрами.

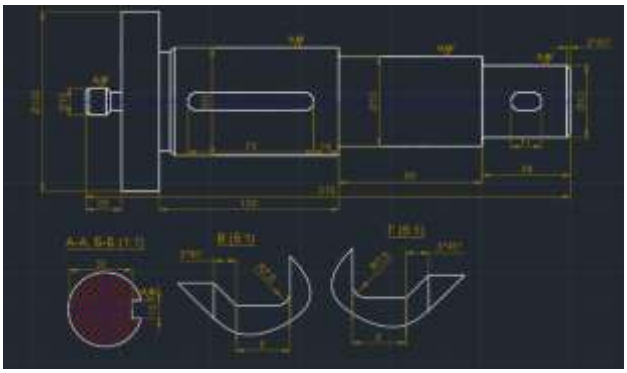


Рис 3.1 – 2D-креслення деталі

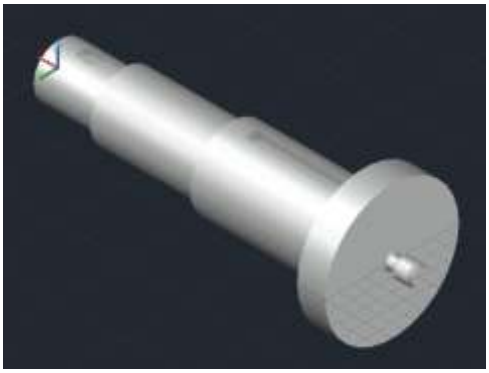


Рис 3.2 – 3D-модель деталі

Висновок: Розроблена програма для автоматизованого проектування ведучого валу значно спрощує процес створення креслень та тривимірних моделей деталі.

Використання платформи AutoCAD у поєднанні з AutoLISP і DCL дозволяє створити інтерактивну систему, яка забезпечує інтуїтивно зрозуміле введення даних, перевірку параметрів, а також швидке генерування 2D-креслень та 3D-моделей. Результати роботи програми підтвердили її ефективність при використанні як базових, так і змінених параметрів деталей.

Використання автоматизованих засобів проектування зменшує ймовірність помилок і підвищує продуктивність, що робить їх важливим інструментом для сучасного машинобудування.

Використані джерела

1. Щербина В.Ю., Гондлях О.В., Чемерис А.О., Швачко Д.Г. AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 175 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45732

2. Щербина В.Ю., Степанюк А.Р. Кожухотрубні теплообмінники. Конструкторське проектування обладнання [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 117 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67996

3. Щербина В.Ю., Лелека С.В., Безверхий І.О. Методологія проектування. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2024. 119 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67997

УДК 624.21/.8

ПИТАННЯ БЕЗПЕКИ І РИЗИКІВ У БУДІВНИЦТВІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОСТОВИХ СПОРУД

доц., к.т.н. Рубльов А.В.

Національний транспортний університет

Анотація: *Як що розглянути надійність мостових споруд як функцію опору конструкції та навантажень, що діють на конструкцію, на відміну від «безпеки», яка є суто якісним терміном, надійність є кількісно вимірювано, що можна розрахувати, і визначається як Недостатня надійність характеризується тим, що умова з певною ймовірністю, так званою ймовірністю відмови pf, не виконується. Таким чином, ймовірність відмови можна розглядати як показник «безпеки» конструкції.*

Ключеві слова: ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, НЕСНА ЗДАТНІСТЬ, РІВЕНЬ НАДІЙНОСТІ, ЙМОВІРНІСТЬ ВІДМОВИ, ТЕРМІН СЛУЖБИ.

SAFETY ISSUES AND RISKS IN THE CONSTRUCTION AND OPERATION OF BRIDGES

Assoc. Prof., Ph.D. Rublev A.V.

National Transport University

ABSTRACT: *The load carrying capacity of a road bridge is usually not a constant value over its 80-100 year service life, but decreases over time under the influence of various factors. On the one hand, the resistance of the structure decreases due to damage, while on the other hand, the stresses from external loads increase, primarily due to increased traffic volumes and an increase in the permissible total vehicle weight or axle load.*

KEYWORDS: TECHNICAL CONDITION ASSESSMENT, LOAD CAPACITY, RELIABILITY LEVEL, PROBABILITY OF FAILURE, SERVICE LIFE.

Для вирішення питань безпеки і ризиків у мостових спорудах застосовуються конкретні параметри матеріалу які можуть бути визначені шляхом відбору та оцінки зразків та крім того, місцева транспортна ситуація, і таким чином, використовуючи теорію екстремальних значень, фактичне транспортне навантаження може бути визначене. Все це збільшує відомості про структуру та зменшує невизначеність і розкид відповідних змінних [1, 2].

Можна визначити розвиток надійності структури з часом. Це є основою для оптимізованого і цілеспрямованого планування технічного обслуговування і вибіркового використання фінансових джерел, а отже, важливим модулем кожної системи управління мостами.

Беручи до уваги невизначеності, як опір конструкції, так і дії можуть бути змодельовані як змінні розсіювання, так звані випадкові величини, і математично представлені як випадкові величини або стохастичні процеси за допомогою статистичних досліджень. Якщо застосувати правила теорії ймовірності до механічних законів, то ймовірності виникнення аварійних станів можуть бути теоретично розраховані на основі випадкових величин. Такий теоретичний підхід можливий, якщо

- відома достатня статистична інформація про основні змінні,
- математично сформульовані механічні закони, що визначають взаємозв'язок між зовнішніми діями і внутрішнім опором конструкції,
- визначено граничний стан, до якого відноситься ймовірність відмови та
- закони для розрахунків з випадковими величинами і стохастичними процесами спрощені до такої міри, що їх можна застосувати до механічної задачі з розумними зусиллями.

Перелік посилань

1. ДБН В.2.3-6:2009 Споруди транспорту Мости та труби. Обстеження і випробування Київ Мінрегіонбуд України 2009

2. Teply, B., Eichinger, E.M., Pukl, R., Novak, D., Kollegger, J. und Stewart, M.G. (2003). Prestressed Bridges under Corrosion Attack. Proceedings EURO-C, März, St. Johann.

UDC 631.8

MODELING OF THE PROCESS OF CAPTURING FINE-DISPERSED HIGHLY DISPERSED PARTICLES AND WATER VAPOR IN A CYCLONE USING SPRAYED WATER

Postgraduate student Dmytruk Andriy V.,

Ph.D., Associate Professor Stepaniuk Andriy. R.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ANNOTATION. The improvement of the process of dust and water vapor capture in a cyclone apparatus with local wall irrigation is considered. The formation of a water film increases the efficiency of particle deposition and reduces their re-extraction. Modeling confirmed the feasibility of using the technology in fertilizer production and other industrial sectors.

KEYWORDS:CYCLONE, GAS PURIFICATION, WATER STEAM, FINE DUST, IRRIGATION, ECOLOGICAL EFFICIENCY, MINERAL FERTILIZERS, RESOURCE SAVING

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВЛОВЛЮВАННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ВИСОКОДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНКІВ І ВОДЯНОЇ ПАРИ В ЦИКЛОНІ З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗПИЛЕНОЇ ВОДИ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ. Розглянуто вдосконалення процесу вловлювання пилу та водяної пари в циклонному апараті з локальним зрошенням стінок. Утворення

водяної плівки підвищує ефективність осадження частинок і знижує їх повторне винесення. Моделювання підтвердило доцільність застосування технології у виробництві добрив та інших промислових галузях.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИКЛОН, ГАЗООЧИСТКА, ВОДЯНА ПАРА, ДРІБНОДИСПЕРСНИЙ ПИЛ, ЗРОШЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ, МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА, РЕСУРСООЩАДНІСТЬ

Ensuring food security is becoming critically important due to population growth and increasing demand for agricultural products. Ukraine, as a leader in production and export, actively uses mineral fertilizers to maintain soil fertility.

However, improper use of soils leads to erosion, which worsens fertility. Fluidized bed granulation is an effective method of fertilizer production, but is accompanied by the formation of dust and water vapor, which requires special technologies for their capture. Wet dust collectors are used for this, although their disadvantage is the formation of sludge.

The purpose of thesesis a simulation of the process of capturing dust and water vapor in a special device that creates a water film to improve cleaning efficiency and reduce harmful emissions into the atmosphere.

The process of mineral fertilizer production is advisable to carry out in a fluidized bed granulator, since this type of equipment provides heat utilization efficiency of more than 50% [1]. During granulation, a mixture of dust and water vapor is formed, where the dust can be reused as a raw material, so its collection is an important task. The separation of particles in cyclones is based on the interaction of centrifugal forces and gravity, which leads to the settling of heavier particles on the walls of the cyclone, where a condensed film is formed. This film helps to retain particles, reducing their removal through the outlet pipe.

To improve the capture of fine particles in a cyclone, it has been proposed to use a local irrigation method. This involves applying a solution to the cyclone walls,

which forms a water film that captures the particles as the gas passes through the apparatus [2-3]. Contact of the particles with the film leads to their deposition, as they lose kinetic energy and stick to the water surface.

This approach not only improves the capture of fine particles, but also reduces their emissions through the outlet pipe, which increases the environmental efficiency of the plant. Local irrigation also helps reduce dust formation, and water particles, colliding with each other, increase their mass, which increases the capture efficiency.

In addition, the water film helps to remove the largest particles, facilitating their settling, while simultaneously reducing the velocity of the smaller particles, making them easier to retain on the cyclone walls. Thus, this process improves the overall cleaning efficiency.

To effectively capture water vapor, it is necessary to cool the cyclone walls to the dew point temperature, which allows the vapor to condense and form a suspension of water and dust. This requires about 160 kg/h of water. Cooling is critical for effective condensation and particle capture, which provides emission reduction and increases gas cleaning efficiency.

The modeling of this process was carried out in SolidWorks [4], which allows analyzing the flow dynamics and the influence of various parameters on the capture efficiency and optimizing the system design. Figure 1 shows the temperature distribution in the cross section of the device.

The temperature distribution in the cross section of the device in Figure 1 shows the temperature change along the height of the device: in the upper part the temperature is high (orange, red and purple colors), and at the bottom it decreases significantly (blue and green colors). The combination with water irrigation accelerates the cooling. The results of the simulation of such a process are shown in Figure 2.

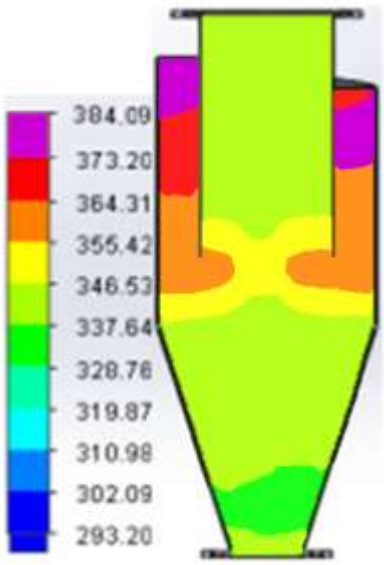


Figure 1 – Temperature distribution in the cross section of the device, K

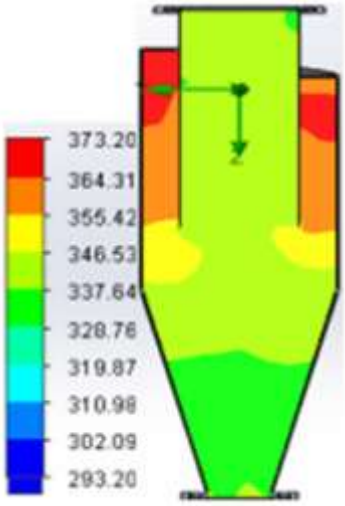


Figure 2 – – Temperature distribution in the cross section of the device with water irrigation supply, K

The temperature of the gas with water decreases faster due to additional heat transfer, as the water cools the flow and condenses the vapor. Comparing Figures 1 and 2, it can be concluded that the cooling is more effective with water supply. A comparison of the simulation results of the cyclone collection efficiency with and without irrigation is shown in Figure 3.

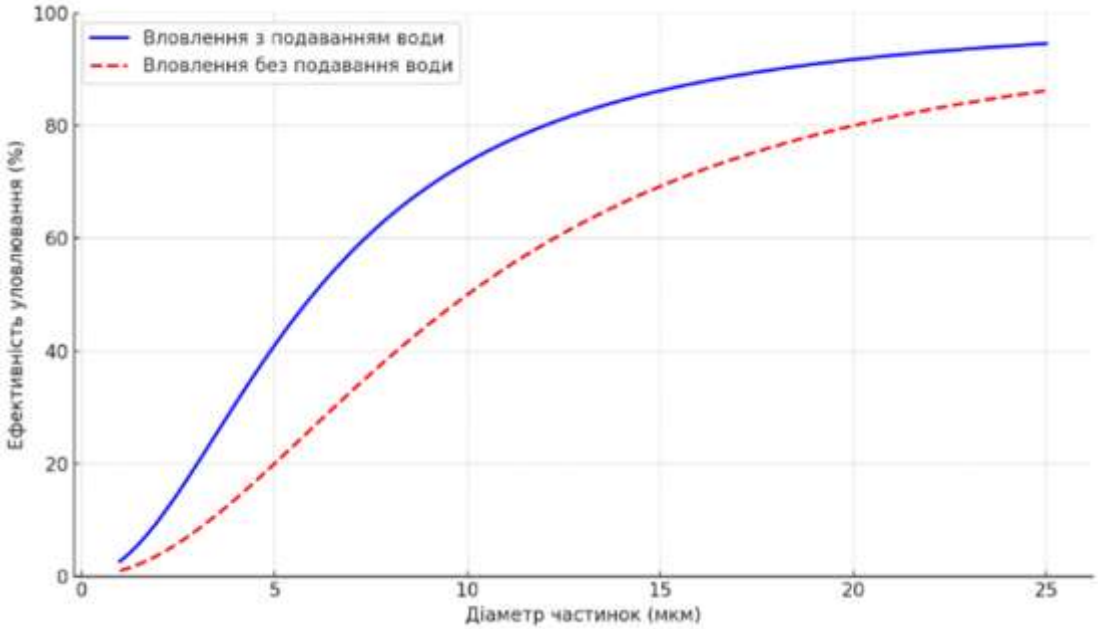


Figure 3 – Cyclone capture efficiencywith irrigation and without irrigation

The graph shows the dependence of the efficiency of particle capture in a cyclone on their diameter for two options: with water supply (blue line) and without it (red line), the abscissa axis is the particle diameter (from 0 to 25 microns), and the ordinate axis is the capture efficiency (%).

With water supply, the efficiency is much higher: for 10 μm particles it is about 80%, while without water it is only 50%. For 20 μm particles, the efficiency reaches 95% with water, while without water it is 75%. This confirms that the water supply improves the deposition of particles through vapor condensation and adhesion to the droplets.

From the simulation results shown in the figure, it can be concluded that a cyclone with water supply works more efficiently, especially for small particles, which will reduce the ecological burden on the environment.

Conclusions. The study showed that feeding water into the cyclone and thus creating a film on the surface of the cyclone wall, allows to significantly improve the efficiency of capturing fine particles in the cyclone. This method allows to reduce

dust emissions into the atmosphere. The modeling confirmed the possibility of optimizing cyclone designs to improve performance and rational use of resources.

The introduction of irrigation improves environmental performance and economic profitability through particle reuse. This opens up prospects for the modernization of dust collection systems in industry, contributing to sustainable development and environmental protection.

List of links.

1. Dmytruk, A. V., & Stepaniuk, A. R. (2023). Justification of cyclone modernization for trapping polydisperse solid inclusions and water vapor. In Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference “Ecology. Man. Society” (p. 265). Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute.
2. Ghosal, MK, & Saha, AK (2019). Fluid Motion and Heat Transfer in Cyclones (pp. 150–180). CRC Press.
3. Jacobi, MG, & Shneerson, BR (2018). Cyclone Separators: Design and Operation (pp. 220–260). Elsevier.
4. Stepaniuk, A. R., Kornienko, Ya. M., & Dmytruk, A. V. (2024). Separation of multicomponent gas mixtures. Bulletin of NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Series: Chemical Engineering, Ecology and Resource Conservation, 3, 39–49.

UDC 620.9:628.87

USE OF THE DISCRETE-PULSE ENERGY INPUT METHOD IN BIOETHANOL PRODUCTION

Dr. Sci., Professor Obodovych O.M., PhD Pereiaslavtseva O.O.,
PhD Rezakova T.A., chief designer Khomenko V.A.
Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine

Abstract: *The paper considers the relevance and demand for the use of bioethanol as an additive to motor fuel worldwide. The advantages and disadvantages of bioethanol production from lignocellulosic raw materials in comparison with traditional raw materials containing starch are considered. A universal resource- and energy-saving heat and mass exchange unit operating on the principle of discrete-pulse energy input and a hardware and technological scheme for preparing wort in the technology of obtaining bioethanol from lignocellulosic raw materials are developed.*

Анотація: *В роботі розглянуто питання актуальності та затребуваності використання біоетанолу в якості добавки до моторного палива в усьому світі. Розглянуто переваги і недоліки виробництва біоетанолу з лігноцелюлозної сировини у порівнянні з традиційною сировиною, що містить крохмаль. Розроблено універсальну ресурсо- та енергозберігаючу тепломасообмінну установку, що працює за принципом дискретно-імпульсного введення енергії і апаратурно-технологічну схему приготування сусла в технології отримання біоетенолу з лігніноцелюлозної сировини.*

KEYWORDS*: BIOETHANOL, LIGNOCELLULOSIC RAW MATERIAL, HYDROLYSIS, ROTARY-PULSATION APPARATUS.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА*: БІОЕТАНОЛ, ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНА СИРОВИНА, ГІДРОЛІЗ, РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ АПАРАТ.*

Purpose of work - development of energy-efficient equipment and technology for the production of wort for the production of bioethanol from lignocellulosic raw materials.

World oil reserves are decreasing every year, so it is necessary to actively and effectively address the problem of replacing oil fuel and energy resources with alternative ones, preferably of plant origin. In agriculture, 17% of corn, 19% of sugarcane and 13% of vegetable oil are used for biofuel production. From the point of view of global sustainable development, the main advantage of biofuels is that they are a renewable resource. In addition, the use of biofuels is neutral in terms of CO2 emissions. The systemic advantages of biofuels and support for this direction have ensured, starting from 2000, a rapid growth in the production of motor fuels - bioethanol and biodiesel. As can be seen from Fig. 1, the most promising is the production of bioethanol.

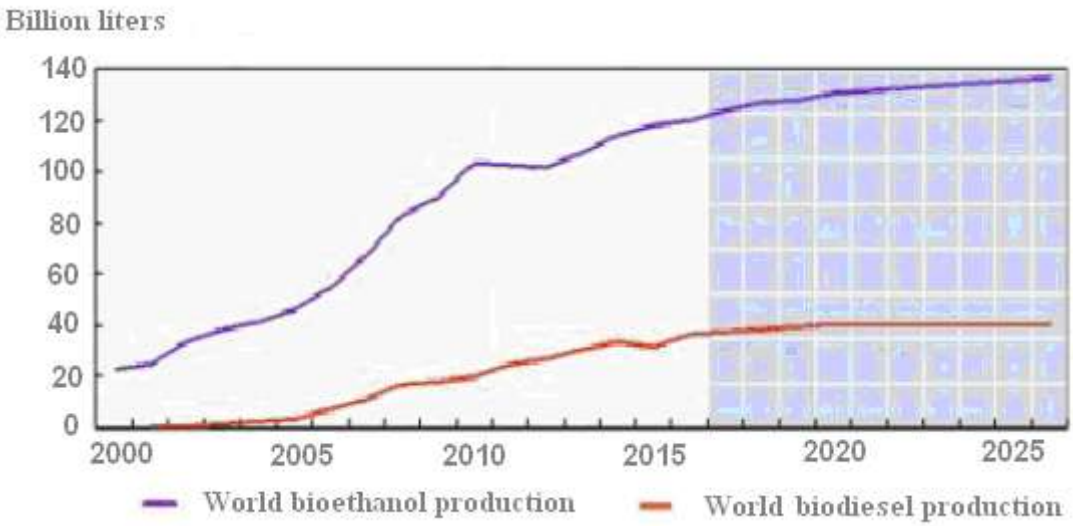


Fig. 1. Dynamics of world production of bioethanol and biodiesel (according to data OECD)/

The raw material for bioethanol production is, in particular, lignocellulose-containing raw materials. The production of bioethanol from lignocellulosic raw materials is at the stage of experimental and pilot-industrial tests. The main reason is

the difficulties that arise during the preliminary preparation of such raw materials for hydrolysis, which is associated with the destruction of the strong structure of the lignocellulosic complex, the removal of lignin and the conversion of crystalline cellulose into an amorphous state suitable for further processing.

Solving this problem is relevant for the scientific and industrial world. The Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine has developed a universal resource- and energy-saving heat and mass exchange unit that operates on the principle of discrete-pulse energy input [1]. The equipment and technological scheme of the unit is presented in Fig. 2.

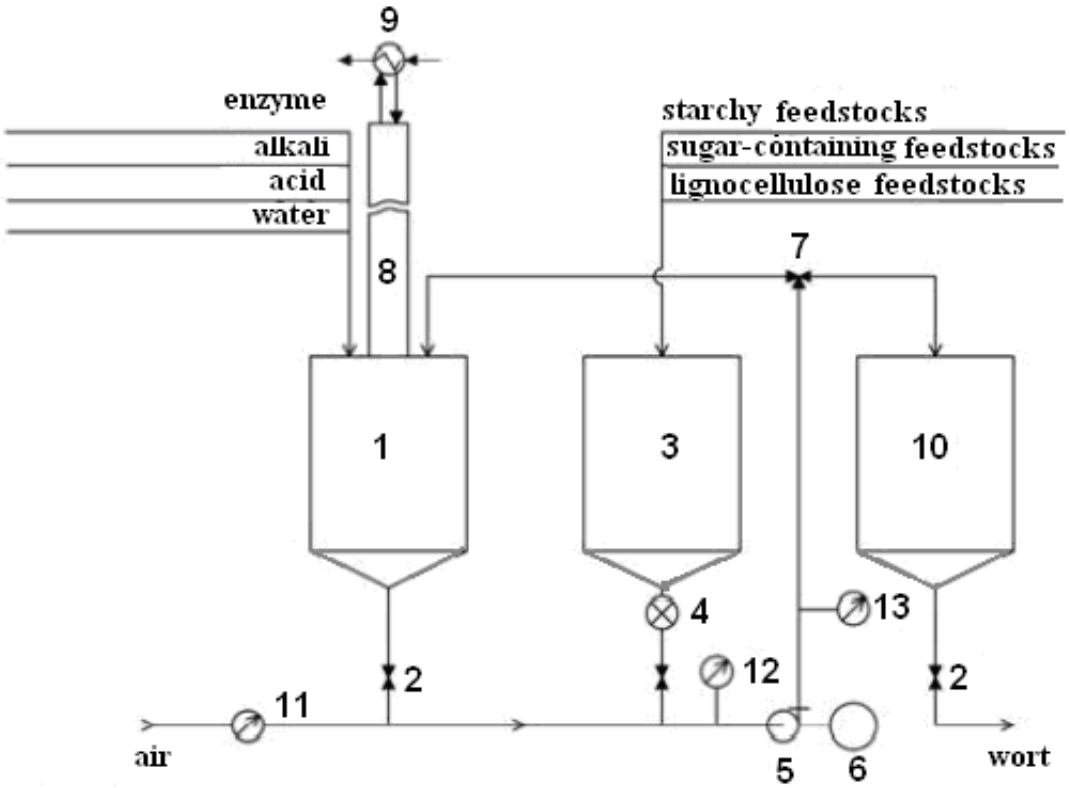


Fig. 1. Equipment and technological scheme of wort preparation in bioethanol technology: 1-receiving hopper; 2-two-way valve; 3-hopper for feeding raw materials; 4-doser; 5-rotor-pulsation apparatus; 6-electric motor; 7-three-way valve; 8-rectification column; 9-dephlegmator; 10-collector of finished wort; 11-rotameter; 12-vacuum gauge; 13-manometer/

The developed installation allows to carry out separate operations, which are provided by the technology of wort preparation, namely dispersion, mixing, dissolution, heating, hydrolysis, simultaneously in one apparatus. This makes it possible to reduce the duration of the process of preliminary preparation of raw materials for hydrolysis by 1,5...2 times, reduce the process temperature to 90...95^{0}C and reduce energy consumption by 20...25%.

Conclusions:

It is shown that the use of bioethanol as an additive to motor fuel is in demand in the world. Almost the entire volume of bioethanol (99,8%) is produced from sugar- and starch-containing raw materials. Mass production of bioethanol from lignocellulose-containing raw materials is absent due to the high cost and lack of appropriate energy-saving equipment and technology. To solve this issue, the Institute of Technical Thermophysics of the NAS of Ukraine developed a universal energy- and resource-saving heat-and-mass exchange equipment and technology

LITERATURE:

1. Микро- и наноуровневые процессы в технологиях ДИВЭ: Тематический сборник статей/ под общей ред. А.А. Долинского; Институт технической теплофизики НАН Украины. – К. Академпериодика, 2015. – 464 с.

УДК 536.242; 536.4

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЛАВЛЕННЯ З ПРИМУСОВИМ ВИДАЛЕННЯМ РОЗПЛАВУ

к.т.н. Степанова О.Є., Посунько Д.В., Данько І.О., Чалаєв М.Д., Ковальов В.І.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ. *Проведено моделювання для способу плавлення речовини, розміщеної в циліндричній ємності, що ґрунтується на русі дискового нагрівального елемента під дією сили тяжіння в процесі плавлення і перетікання розплавленої речовини через зазори між диском і стінками ємності.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *ГІДРОДИНАМІКА, НАГРІВАННЯ, ПЛАВЛЕННЯ, ПРИМУСОВЕ ВИДАЛЕННЯ РОЗПЛАВУ, ТЕПЛООБМІН.*

METHODS OF CLEANING THE AIR FROM HARMFUL IMPURITIES

Ph.D. Stepanova O.Ye., Posunko D.V., Danko I.O., Chalaev M.D., Kovalev V.I.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

ABSTRACT: *For the method of melting a substance placed in a cylindrical tank, based on the movement of a disc heating element under the action of gravity during melting and overflow of molten substance through the gaps between the disc and the walls of the tank, simulation has been carried out.*

KEY WORDS: *HYDRODYNAMICS, HEATING, MELTING, FORCED REMOVAL OF MELT, HEAT TRANSFER.*

Процеси нагрівання і плавлення органічних речовин з низьким коефіцієнтом теплопровідності, насамперед вуглеводнів (вазелін, парафін, церезин, віск, нафтопродукти, тверді жири тощо) широко розповсюджені в фармацевтичній, нафтопереробній, харчовій та інших галузях промисловості. Кожен з таких продуктів є складною сумішшю твердих, рідких та напіврідких

вуглеводнів із різною молекулярною масою і тому не має визначеної температури переходу з одного агрегатного стану в інший.

Аналіз літературних джерел показав, що традиційні способи розплавлення таких речовин за допомогою реакторів, ванн, електротканних нагрівачів, камер нагріву та ін. часто є енергозатратними, трудомісткими та контамінаційно небезпечними. Наприклад, спосіб плавлення, що реалізуються за допомогою нагрівальних елементів, які розташовуються на зовнішній поверхні ємності і обігрівають речовину через її стінку дозволяє створити рівномірний тепловий потік по всій висоті ємності, але при такому способі плавлення через стінки металевої ємності швидкість переміщення фронту плавлення в об'ємі мала через низьку їх теплопровідність, що призводить до розплавлення основи біля стінок ємності (можливість виникнення деструкції основи від перегріву стінок ємності), а в середині речовина залишається нерозплавленою (Рис. 1).

Рисунок 1. Процес плавлення вазеліну в ємності з використанням нагрівальних елементів, розташованих на зовнішній поверхні ємності

Аналіз публікацій, присвячених нагріванню та плавленню речовин з низьким коефіцієнтом теплопровідності засвідчує потребу в розробці сучасних методів та новітнього обладнання для більш ефективної реалізації цих технологічних процесів із зменшенням енергетичних витрат.

Метою даного дослідження є розвиток теорії та методів моделювання процесів нагрівання та плавлення цих речовин на основі результатів експериментальних досліджень на лабораторному стенді як першого етапу

розробки математичної моделі перебігу цих процесів. Для теоретичного аналізу результатів експерименту створено математичну модель, яка описує особливості гідродинаміки, тепло- та масообміну в процесі нагрівання та плавлення.

З математичної точки зору задача плавлення шляхом теплопровідності з примусовим видаленням розплаву є більш складною ніж звичайна задача плавлення оскільки необхідно шукати спільне вирішення рівняння кількості руху та рівняння енергій. Задача ще більш ускладнюється неозначеністю агрегатного та реологічного стану речовини в процесі плавлення в залежності від температур та необхідністю врахування її неньютонівских властивостей.

Розроблене моделювання течії розплаву в кільцевому зазорі, що описує ламінарну течію під дією перепаду тиску і швидкістю руху стінки ємності відносно нагрівача дало можливість розрахувати середню швидкість розплаву через зазор. В результаті моделювання течії розплаву під нагрівачем, що безпосередньо пов’язане з моделюванням течії розплаву через кільцевий зазор, бо розплав переходить із дискового в кільцевий зазор як одна нерозривна течія, було визначено тиск на вході в кільцевий зазор між стінкою і нагрівачем.

Математична модель процесів нагрівання та плавлення з примусовим видаленням розплаву дає можливість провести розрахунки для різноманітних вуглеводневих сумішей, оптимізувати та розрахувати параметри процесів для розробки установки.

УДК 620.193.16.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПРОЦЕСИ ДИСПЕРГУВАННЯ ПРИ ОТРИМАННІ УНІВЕРСАЛЬНОГО ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА

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], Переяславцев О.М.[1].
[1]Інститут технічної теплофізики НАН України
[2]Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Анотація: *Досліджено вплив кавітації на водовугільну суспензію різної концентрації з використанням роторно-пульсаційного апарата як кавітаційного реактора.*

Abstract: *The effect of cavitation on a water-coal suspension of different concentrations using a rotor-pulsation apparatus as a cavitation reactor is studied.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА*:** *КАВІТАЦІЯ, ВОДОВУГІЛЬНА СУСПЕНЗІЯ, РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ АПАРАТ.*

KEYWORDS: *CAVITATION, WATER-COAL SUSPENSION, ROTOR-PULSATING APPARATUS.*

В'язкість рідини суттєво впливає на поведінку потоку та характеристики кавітації. У водних суспензіях відмінності у в'язкості виникають через зміни концентрації та розмірів частинок порівняно з чистою водою і суттєво впливають на інтенсивність кавітаційної дії, що є вкрай важливим в рамках даного дослідження. Вплив кавітації на водовугільну суспензію різної концентрації досліджували використовуючи кавітаційний реактор на базі РПА.

Вимірювання в'язкості водовугільної суспензії проводили за стандартною методикою використовуючи ротаційний віскозиметр. В'язкість чистої води, отримана під час експерименту, становила 1,13 мПа·с, а при вимірюванні в'язкості водовугільної суспензії отримали наступні результати.

При низькій концентрації вугілля (до 10 г/л) в'язкість суспензії відповідає в'язкості чистої води незалежно від розміру частинок. Однак, в міру збільшення концентрації вугілля в'язкість суспензії збільшується, причому розмір часток відіграє значну роль. Дрібніші частинки сприяють помітному збільшенню в'язкості. Наприклад, для частинок діаметром 0,09 мм в'язкість збільшується з 1,132 до 1,219 мПа·с, тобто на 7,68 %. Навпаки, для частинок діаметром 0,05 мм в'язкість зростає з 1,139 до 1,756 мПа·с, тобто на 54,17 %. Таким чином, збільшення в суспензії концентрації вугілля з більш дрібнішими частинками призводить до помітного її підвищення в'язкості порівняно з чистою водою, що, в свою чергу, істотно підвищує рівень кавітаційного диспергування частинок вугілля в каналах роторно-пульсаційного апарата.

Порівняння чисельних результатів з експериментальними даними дозволяє досліджувати закономірності впливу кавітації та вплив розміру і концентрації частинок осаду на інтенсивність кавітації. Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

1. Вплив концентрації вугілля у водовугільній суспензії на в'язкість є більш вираженим, ніж вплив розміру частинок. У міру збільшення концентрації в'язкість значно зростає, причому ця тенденція стає більш помітною зі зменшенням розміру частинок.

2. Збільшення концентрації суспензії або зменшення розміру частинок вугілля сприяє підвищенню інтенсивності впливу кавітації, тому слід приділяти увагу воді з осадом, що містить невеликий розмір частинок осаду і їх високу концентрацію при роботі гідравлічних машин. З цього випливає, що у кожному наступному циклі рециркуляції у міру дроблення частинок рівень динамічного впливу кавітації зростає.

3. Слід також врахувати ту обставину, що кожна частинка вугілля є центром утворення кавітаційних мікробульбашок, які в процесі їхнього росту переміщуються разом з дисперсними частинками. Таким чином, на стадії

кавітаційного колапсу цих бульбашок, кожен з них, відповідно до механізму дискретно-імпульсного введення енергії, створює потужний динамічний вплив безпосередньо на поверхню дисперсії, що призводить до її руйнування.

UDC 661.727.4

MODERNIZATION OF PHENYL CHLORIDE PRODUCTION PLANT WITH DEVELOPMENT OF HEAT EXCHANGER

Student TARTACHNYI Nazar, assistant, PODYMAN Hryhorii

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: A patent review has been conducted to determine the possibilities for upgrading heat exchangers in the production of phenyl chloride.

KEYWORDS: PHENYL CHLORIDE, TECHNOLOGICAL SCHEME, HEAT EXCHANGER

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ФЕНІЛХЛОРИДУ З РОЗРОБКОЮ ТЕПЛООБМІННИКА

Студент ТАРТАЧНИЙ Назар, асистент, ПОДИМАН Григорій

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: Проведено патентний огляд для визначення можливостей модернізації теплообмінників при виготовленні фенілхлориду.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ФЕНІЛХЛОРИД, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ТЕПЛООБМІННИК

Проведення патентного огляду теплообмінників було необхідним для виявлення сучасних технічних рішень, що дозволяють підвищити ефективність теплообміну та знизити енергетичні витрати в процесі виробництва фенілхлориду. Аналіз існуючих розробок допомагає визначити оптимальні методи модернізації обладнання та впровадити інноваційні технології.

У роботі [1] зазначений опис теплообмінника, у якого перша трубна решітка (рис.1) кріпиться до оболонки теплообмінника, що забезпечує підтримку для трубок, які проходять через оболонку. Вона має багато перших

отворів, які дозволяють вставляти та закріплювати труби в правильному положенні. Друга трубна решітка вона кріпиться до передньої поверхні першої трубної решітки і до задньої поверхні камери. Друга решітка також включає багато других отворів, які дозволяють підтримувати трубки і проходити через перші отвори першої решітки

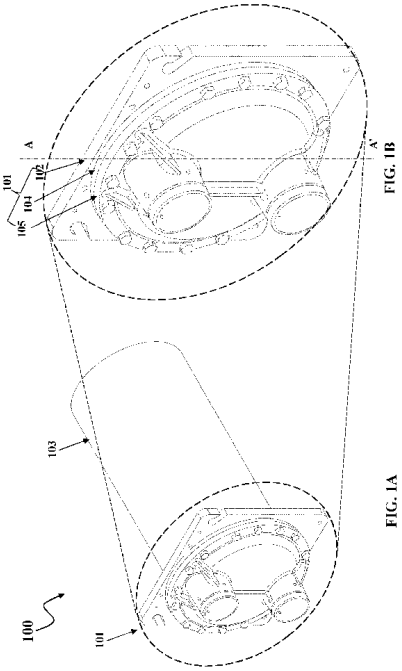


Рис.1- Теплообмінник

Принцип роботи потік рідин у теплообміннику мають місце два потоки рідин: одна рідина, яка охолоджується, проходить через трубки, вставлені у перші та другі решітки, тоді як інша рідина, наприклад, охолоджуюча рідина, оточує ці трубки в камері . Передача тепла тепло передається шляхом конвекції від теплоносія, що проходить через трубки, до охолоджуючої рідини, що заповнює камеру. Завдяки великій площі контактів між рідиною в трубах та рідиною в камері, забезпечується ефективна передача тепла.

Переваги: Винахід пропонує конструкцію, яка зменшує проблеми, пов'язані з гальванічною корозією між різнорідними металами у

теплообмінниках, оскільки використовує метал, що має електрохімічний потенціал, еквівалентний або нижчий, ніж у труб.

Завдяки створенню конструкції з труб , що дозволяє одночасно пропускати різні рідини (на приклад, холодоагент та охолоджуючу воду), вдосконалюється процес теплообміну без значних структурних змін у старих установках.

Недоліки: Використання алюмінієвих трубок замість мідних може призвести до значних витрат на обслуговування але контакт алюмінію з іншими металами може призвести до гальванічної корозії.

Гальванічній корозії можна запобігти за допомогою кількох методів, які допомагають зменшити ймовірність електрохімічних реакцій між металами, що контактують один з одним. Використання ізоляційних прокладок або покриттів між різними металами, щоб запобігти прямому контакту. Можна шляхом приєднання до системи жертвуваного анода [1].

Теплообмінник [2] включає кожух, згорнуту трубу та завихрювач (рис.2). Оболонка має вхідний і вихідний отвір і утворює порожнину. Спочатку рідкий холодоагент і пароподібний холодоагент надходять у вхідний отвір корпусу. Згорнута трубка розташована всередині порожнини та з'єднана з вхідною трубкою ззовні оболонки та вихідною трубкою ззовні оболонки. Секунда рідкого холодоагенту та пароподібного холодоагенту надходить у вхідну трубку спіральної труби. Завихрювач розташований поруч із вхідним отвором кожуха і має розміри, щоб розподіляти спочатку рідкий холодоагент і пароподібний холодоагент по змійовій трубі.

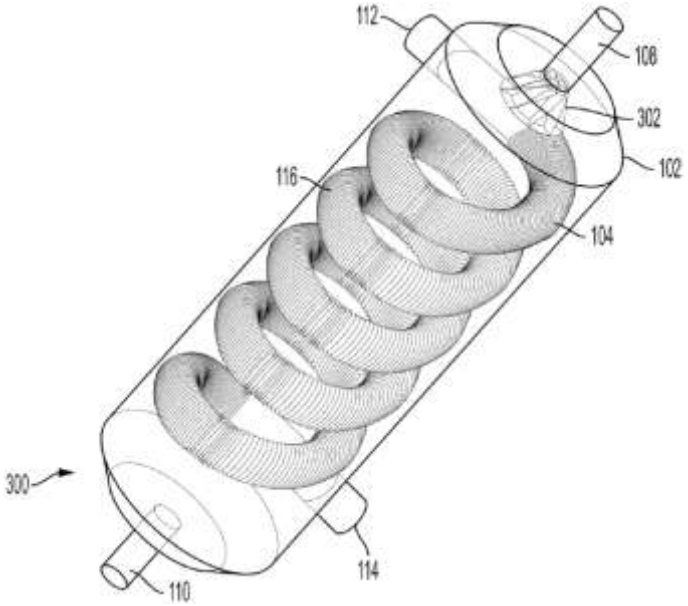


Рис.2- Теплообмінник [2]

Переваги: Використання завихрювачів дозволяє створити більш рівномірний розподіл холодоагенту, що забезпечує більшу площу контакту між рідким і пароподібним холодоагентом. Це призводить до збільшення коефіцієнта теплопередачі. Завдяки більш ефективному теплообміну, системи можуть працювати з меншими витратами енергії, оскільки зменшується потреба в енергозатратах на охолодження чи нагрівання. Завдяки завихрювачам, зменшують опір течії, що призводить до зниження падіння тиску в системі. Це сприяє підвищенню загальної ефективності обігу холодоагенту.

Недоліки: Складні внутрішні конструкції можуть стати місцем скупчення забруднень, що ускладнить регулярне очищення теплообмінника і може призвести до зниження ефективності.

Вирішення питань, пов'язаних із забрудненням теплообмінників, можна Встановити фільтри на вході в систему для видалення часточок бруду та забруднень, що можуть потрапити в теплообмінник. Використовуйте магнітні фільтри для видалення металевих часток, які можуть бути частиною забруднень [2].

Процес роботи: Перша рідина, яка протікає через кожух (2), забирає тепло від другої рідини, що проходить через трубочки трубчастого пучка (13). Завдяки конструкції (рис.3), друга рідина проходить шлях від переднього отвору до заднього отвору, не витрачуючи енергію на повторну циркуляцію. Оскільки друга рідина проходить лише один раз через теплообмінник, це дозволяє знижувати втрати тепла і підвищувати ефективність системи. Кожухотрубний теплообмінник може забезпечувати високу теплопередачу з покращеною продуктивністю [3].

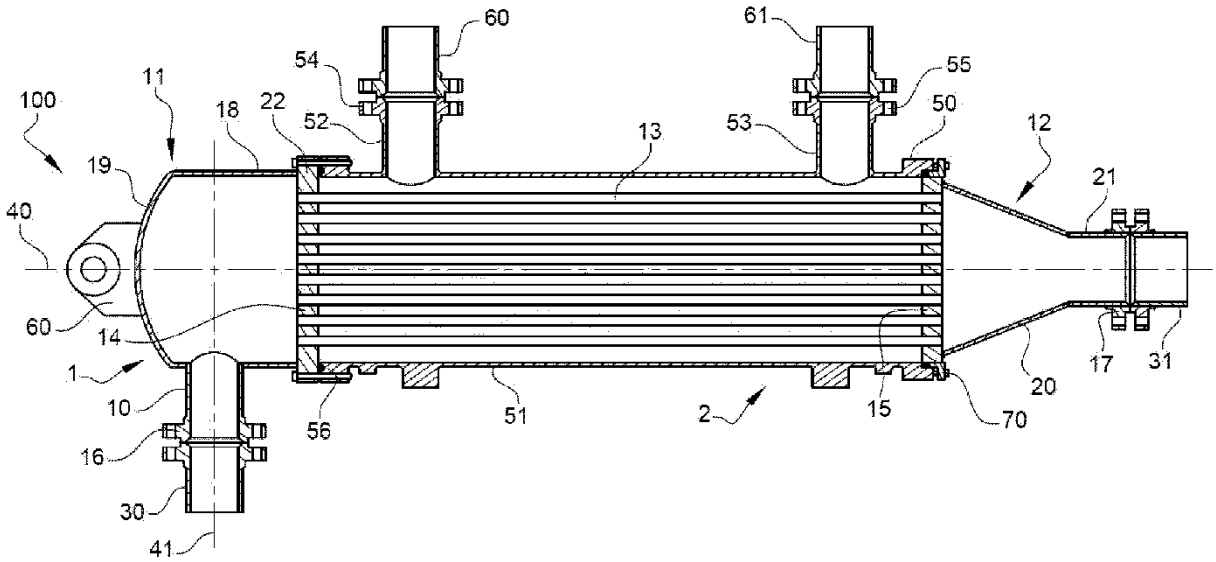


Рис.3- Кожухотрубний теплообмінник [3]

Переваги: Знімний трубчастий вузол Дозволяє швидко замінювати або ремонтувати трубчастий пучок без необхідності демонтажу всього теплообмінника. Трубчастий пучок забезпечує одноразовий прохід другої рідини, що може зменшити втрати тиску і покращити ефективність теплообміну.

Недоліки: Оскільки друга рідина проходить лише один раз через кожух, можливості зміни напрямку потоку обмежені. Це може зменшувати ефективність у деяких випадках, де потрібен багаторазовий теплообмін. Через одноразовий прохід другої рідини необхідно ретельно розраховувати швидкість потоку, щоб уникнути нерівномірного теплообміну та збільшення втрат енергії.

Є декілька варіантів вирішення поставити трубки різного діаметра, які можуть забезпечити краще змішування та зменшити потік мертвих зон. Зробити систему так, щоб кілька теплообмінників могли працювати у паралельному режимі, що дозволить рідині кілька разів проходити через різні секції з різними температурами [3].

Теплообмінник типу «труба в трубі» (рис.4) з уніфікованим кожуховим елементом, що включає структуру зовнішньої труби з внутрішньою поверхнею, що включає конструкцію розширення, торцеву кришку та випускний отвір потоку; конструкцію внутрішньої труби, що включає в себе внутрішній корпус трубчастої форми, що визначає внутрішню область потоку, при цьому структура внутрішньої труби включає в себе поверхневі елементи, сформовані на зовнішній стороні конструкції внутрішньої труби; конструкцію внутрішньої труби, що включає верхнє кільце, з'єднане із зовнішнім боком поблизу вхідного отвору конструкції внутрішньої труби; внутрішня трубна конструкція містить випускний отвір навпроти вхідного отвору; де верхнє кільце конструкції внутрішньої труби з'єднане з верхньою секцією конструкції зовнішньої труби; і зазор, утворений між структурою зовнішньої труби і структурою внутрішньої труби, зазор, що плавно з'єднаний між вхідним отвором і вихідним отвором потоку [4].

Переваги: Двостійна трубна конструкція забезпечує жорсткість і стабільність елементів теплообмінника, що важливо для роботи в умовах високих тисків і температур. Внутрішня робоча рідина надходить зверху і рухається вгору, що може покращити теплообмін за рахунок природних конвективних процесів. Вільно плаваючі кінці це дозволяє елементу розширюватися при нагріванні без ризику виникнення теплових деформацій, що підвищує надійність конструкції.

Недоліки: При значних температурних змінах можуть виникати термічні напруги між внутрішніми та зовнішніми структурами, особливо якщо

деталювання конструкції не враховує ці фактори. Через конструкцію "труба в трубі" площа поверхні, доступна для теплообміну, може бути меншою в порівнянні з іншими типами теплообмінників, такими як пластинчасті або змійовикові, що може знизити загальну ефективність. Внутрішні труби можуть бути важкодоступними для очищення, що призводить до накопичення відкладень та зменшення ефективності теплообміну. Порівняно з іншими типами теплообмінників, у трубах можуть виникати значні гідравлічні втрати, що може знижувати ефективність роботи системи.

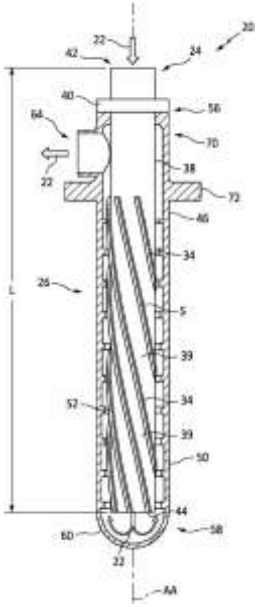


Рис.4 - Уніфікований кожуховий теплообмінник "труба в трубі" [4]

Покращити площу поверхні теплообміну застосувати спеціальні рифлені або гофрованих трубок, які забезпечують більшу площу контакту між теплоносієм і стінками теплообмінника. Зменшення гідравлічних втрат Оптимізувати внутрішніх діаметрів труб для зменшення опору потоку без втрати натиску. Підбор найбільш підходящого типу насоса відповідно до умов роботи системи для підтримки оптимального тиску [4].

У винаході [5] пропонується пристрій колектора для теплообмінника, зокрема для кожухотрубного теплообмінника, що містить: лист, зокрема трубну решетку, кришку, зокрема кришку головки, виконану з можливістю

розташування впритул до першої сторони листа та плавного ущільнення зазначеної першої сторони, щоб утворити камеру, структурний з'єднувальний елемент, сконфігурований для з'єднання з кришкою та проходження через камеру для структурної підтримки листа. Крім того, винахід забезпечує спосіб складання колектора для теплообмінника і теплообмінника.

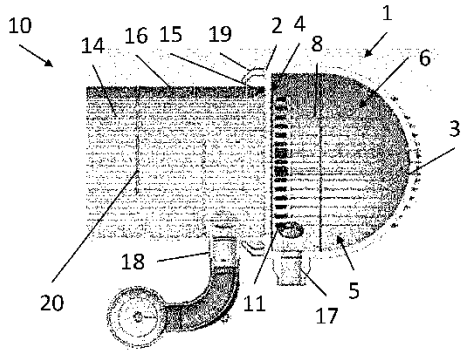


Fig. 4

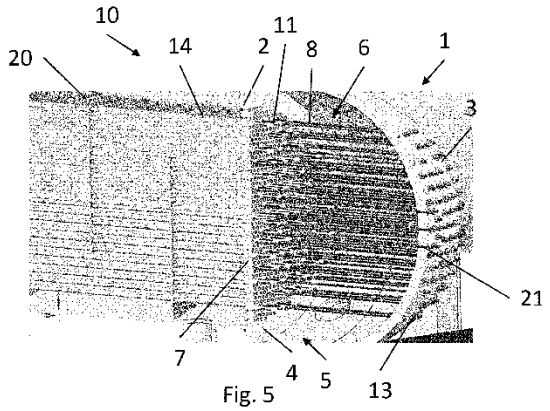


Fig. 5

Рис.4 - Колектор з теплообмінником [5]

Переваги: Висока ефективність при передачі тепла між рідинами, що може допомогти зекономити енергію та зменшити операційні витрати. Використання корозійностійких матеріалів у конструкції забезпечує тривале використання в ресивних середовищах, таких як хімічні виробництва.

Недоліки: Кожух трубні теплообмінники можуть бути не такими ефективними при обробці малих обсягів потоки, оскільки розраховані на більші обсяги циркуляції. При роботі з агресивними рідинами або в умовах підвищеної вологості виникає ризик корозії труб, що може призвести до витоків або зниження ефективності.

Покращення. Використання труб з нержавіючої сталі, сплавів чи спеціальних покриттів може суттєво зменшити ризик корозії. Також можна використовувати полімерні або композитні матеріали, якщо це дозволяє температура та тиск.

Посилання на літературу

1. https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=EP445584296
2. https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=US410560396&_cid=P20-M8O471-87509-4
3. https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=WO2024056364
4. https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=US427161814&_cid=P20-M8O471-87509-2
5. https://patentscope.wipo.int/search/ru/detail.jsf?docId=EP428693912&_cid=P20-M8O471-87509-2

UDC 621.928.3

MODELING OF COMPLEX EMISSION DETECTORS USING CFD SYSTEMS

graduate student M.V. Dyshkant, Ph.D., Assoc. Stepaniuk A.R.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: This study explores the use of computational fluid dynamics (CFD) to model the operation of cyclone separators. Particular attention is given to the comparison of different turbulence models (RSTM, LES) for predicting particle separation efficiency. Key parameters influencing the outcomes of numerical simulations are identified, and promising strategies for optimizing cyclone designs are outlined. Tasks for further research are formulated

KEY WORDS: CYCLONE DEVICES, CFD, TURBULENCE, RSTM, LES, WALL ROUGHNESS, OPTIMIZATION, PARTICLE SEPARATION.

МОДЕЛЮВАННЯ АПАРАТІВ ВЛЮВЛЮВАННЯ КОМПЛЕКСНИХ ВИКИДІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕКМ CFD

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: *В роботі розглядається застосування обчислювальної гідродинаміки (CFD) для моделювання роботи циклонних апаратів. Особливу увагу приділено порівнянню різних турбулентних моделей (RSTM, LES) для прогнозування ефективності розділення частинок. Визначено ключові*

параметри, що впливають на результати чисельного моделювання та виявлено перспективні підходи до оптимізації конструкцій циклонів. Сформульовані задачі подальших досліджень

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИКЛОННІ АППАРАТИ, CFD, ТУРБУЛЕНТНІСТЬ, RSTM, LES, ШОРСТКІСТЬ СТІНКИ, ОПТИМІЗАЦІЯ, РОЗДІЛЕННЯ ЧАСТИНОК.

The production processes of many products are accompanied by the generation of a significant amount of complex fine-dispersed emissions. This also applies to the production processes of complex granular fertilizers. Which contain both water-soluble components, such as ammonium sulfate, and water-insoluble fine-dispersed components, such as bone meal. These emissions are accompanied by a significant amount of water vapor, which is generated during the drying of fertilizers. To capture these emissions, complex capture schemes are traditionally used, for example, in cyclones with subsequent treatment in scrubbers. The current state of the art in the use of computational fluid dynamics (CFD) has become a key tool for analyzing and improving their operation. CFD enables accurate predictions of gas and particle behavior, thereby enhancing separator efficiency [1].

CFD modeling of cyclone devices is complicated by several factors:

- anisotropic turbulence resulting from complex cyclone geometry;
- high particle concentration, which affects flow dynamics;
- complex particle–gas interactions that are difficult to describe mathematically.

These aspects create difficulties for predicting the performance of devices, especially in real operating conditions [1].

In the early stages of modeling flows in cyclones, the k-ε turbulence model was widely used. However, it turned out to be insufficiently accurate for describing complex anisotropic flows. Later, for example, in studies at the University of Delft,

RSTM (Reynolds Stress Transport Model) models began to be used. These models better take into account the anisotropy of turbulence, but require significant computational resources [2].

Among modern modeling methods, LES (Large Eddy Simulation) attracts special attention. This approach allows modeling large eddy structures in flows, which increases the accuracy of forecasts. Studies, for example, Hoekstra et al. (1999), have shown high efficiency of LES for cyclones, although the method requires detailed computational grids and significant resources [3].

Another critical factor is the wall roughness of the cyclone's inner surface, which significantly impacts:

- particle trajectory and deposition;
- gas flow distribution.

Kuang et al.'s (2017) study demonstrated that considering wall roughness in CFD models is critical for improving prediction accuracy and optimizing structures [4].

CFD opens up opportunities for optimizing cyclone devices by:

- analysis of different operating modes (flow rate, particle concentration);
- improving the geometry of the devices.

However, the practical implementation of such solutions requires a reduction in computational costs and further improvement of models [5].

Conclusion. Future CFD research should focus on combined LES–Euler/Lagrange approaches taking into account interfacial interaction, improving the meshes for simulations, and using experimentally confirmed coefficients to predict separation efficiency in industrial conditions.

References.

4. Le DK, Guo M., Yoon JY (2023). A hybrid CFD – deep learning methodology to improve the accuracy of cut-off diameter prediction in

coarse-grid simulations for cyclone separators. J. Aerosol Sci. 170, 106143. doi: 10.1016 / j. jaerosci. 2023.106143

5. Yang X., Yang J., Wang S., Zhao Y.: Effects of operational and geometrical parameters on velocity distribution and micron mineral powders classification in cyclone separators. Powder Technol. 407 (2022), 117609. doi: 10.1016 / j. powtec. 2022.11760
6. A Large Eddy Simulation Study of Cyclones: The Effects of Interparticle Collisions on Erosion Prediction. Journal of Energy and Power Technology, 4 (2) (2022), https: // doi. org / 10.21926 / jept. 2202017
7. Morin, M. et al. (2021) 'Effect of solid loading and inlet aspect ratio on cyclone efficiency and pressure drop: Experimental study and CFD simulations', Powder Technology, 377, pp. 174–185. doi: 10.1016 / j. powtec. 2020.08.052
8. Dong, J., Chen, G., Zhang, P., & Li, J. (2025). Separation Performance Enhancement of Gas-Solid Cyclone Separators by Flow Control and Coupling Physical Fields. Separation & Purification Reviews, 1–16. https: // doi. org / 10.1080 / 15422119.2025.2464111

UDC 663.127

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF FERMENTER DESIGN IN THE PRODUCTION OF FEED YEAST

Ph.D. Husarova O.V.[1, 2], master Chukhlib Y.S.[1],
senior engineer Husarov V.M.[2]
[1] National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»
[2] Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

ABSTRACT: *scientific and technical sources and patents of different countries have been reviewed and analysed in order to justify the choice of fermenter design. On the basis of generalisation of literature data, the apparatus for the production of fodder yeast was selected.*

KEY WORDS: FEED YEAST, FERMENTER, AN AERIAL LIFT AIR DISTRIBUTOR, MODERNISATION.

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ КОНСТРУКЦІЇ ФЕРМЕНТЕРУ ПІД ЧАС ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ

к.т.н. Гусарова О. В.[1, 2], магістрантка Чухліб Ю.С.[1],
пров. інженер Гусаров В.М. [2]
[1] Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
[2] Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

АНОТАЦІЯ: *для обґрунтування вибору конструкції ферментера було розглянуто та проаналізовано науково-технічні джерела та патенти різних країн. На основі узагальнення літературних даних обрано апарат для виробництва кормових дріжджів.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОРМОВІ ДРІЖДЖІ, ФЕРМЕНТЕР, АЕРОЛІФТНИЙ ПОВІТРОРОЗПОДІЛЬНИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

The fermenter is one of the most important devices in the production of feed yeast. It is in this apparatus that the main stage is carried out - the cultivation of yeast biomass, which is the final product or raw material for further processing [1].

To justify the choice of the apparatus design, let's consider the main types of fermenters, their advantages and disadvantages.

The stirred fermenter is one of the most common types of fermenters. A stirrer is installed inside the apparatus, which ensures mixing of the medium. Advantages: efficient mixing and aeration, ability to maintain a uniform temperature, pH, and nutrient concentration. Disadvantages: the presence of moving parts - higher operating costs, complicated cleaning [2].

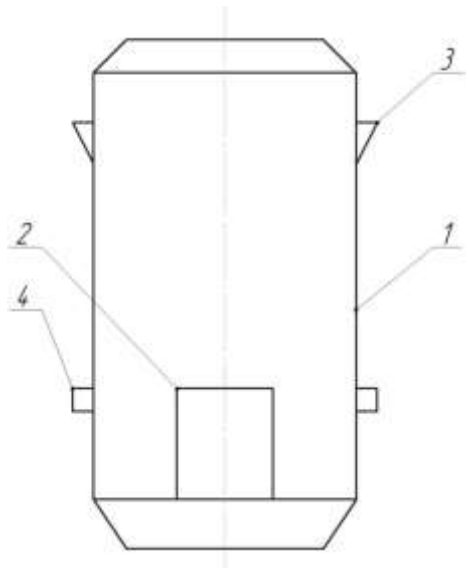
Bubble (gas-lift) fermenter - gas is supplied from below, forming bubbles that mix the medium without a stirrer. Advantages: simple design, suitable for sensitive cells, lower power consumption. Disadvantages: less efficient mixing compared to stirring devices [2-4].

Pneumatic fermenter (tubular or with air aeration) - mixing and transportation of biomass is carried out by a jet of air or steam. Advantages: high sterility, suitable for large volumes. Disadvantages: limited mixing, not suitable for viscous media [3, 4].

Compressed gas fermenters are the most commonly used for biomass cultivation due to their operational reliability, which is due to the absence of moving parts [3].

Given the advantages, we chose a fermenter with an aerial lift air distributor. This design of the fermenter has a number of advantages over fermenters of other designs, as it has no rotating parts, which reduces operating costs, the fermenter is installed outside the building and can be made of steel, reinforced concrete, and even brick.

The scheme of the fermenter is shown in Figure 1. The fermenter is a cylindrical apparatus with a capacity of 80 m3 for a 240 t/year plant, which is usually installed outdoors next to the feed yeast plant. The fermenter with an aerial lift air distributor is designed for the continuous cultivation of fodder yeast. The main elements of the fermenter are: body 1, diffuser 2, irrigator 3. Inside the vat there is an air distribution system and pipes for air and wort supply. The apparatus is equipped with fittings for the drainage of mash (not shown in the diagram), which are located in the lower part of the fermenter [3].



1 – housing; 2 – diffuser; 3 –irrigator (water inlet); 4 – water outlet

Figure 1 - Scheme of the fermenter

The yeast is grown in a continuous flow. At the beginning of the production, the nutrient medium and the required amount of sulfuric acid are poured into the vat to create the desired acidity. As soon as the medium covers the air distribution system, air is injected with a blower to aerate it. The duration of yeast cultivation is 10...20 hours in a constantly aerated medium. During the yeast cultivation period, the temperature and acidity of the environment are maintained at a constant level. The air supply is strictly controlled. The air distribution device must ensure that the air is

crushed, i.e., that the yeast uses oxygen to the fullest extent possible. Periodically, a sample is taken from taps located at different levels to determine the number of yeast cells. After the accumulation of yeast in sufficient quantity at the first filling of the vat and steady state, the selection of brag from the fermenter begins, adding the same amount of nutrient medium. The process is stopped with the release of the apparatus for disinfection, after which it is resumed in the same order. Such a fermenter provides high productivity, reliability and efficiency of the process, reducing costs due to the absence of mechanical components and easy maintenance.

To substantiate the modernization of the fermenter, let's consider patent sources. Patent [5] describes a bioreactor with an air draft tube that provides efficient circulation of liquid and gas without mechanical mixing. Advantages: design flexibility, scalability. Disadvantages: limited mixing efficiency and volume. Paper [6] discusses a U-shaped fermenter with nozzles for gas injection, which improves mixing and mass transfer in the system. Advantages: improved mixing, increased mass transfer. Disadvantages: limited flexibility in scaling.

The patent [7] describes a continuous aerial lift fermenter with a mechanism for mixing the suspension and ensuring a constant flow of the medium. Advantages: continuous operation, uniform mixing. Disadvantages: complexity in design and setup, possible formation of stagnant zones.

Conclusions: based on the analysis of scientific and technical literature, the choice of the design of the fermenter for the production of feed yeast was substantiated. A patent search showed that the inventors' efforts were aimed at improving circulation and mixing, intensifying mass transfer. The proposed modernization ideas help to reduce energy costs for production, increase the reliability of equipment operation, etc.

References:

1. Bondarchuk M.N. Fodder yeast / M.N. Bondarchuk // Poultry farming. 2007.- № 5-6. С. 23-27.

2. Reactors of biotechnological production: Workshop: a textbook for students majoring in 133 "Industrial Engineering", educational program "Equipment of Pharmaceutical and Biotechnological Production" / Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute; compiled by V.M. Melnyk, L.Y. Avdeeva - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021. 60 p.

3. Rezenchuk O.E., Povodzynskyi V.M., Shybetskyi V.Y. Classification and analysis of fermenters with pneumatic stirring // Scientific news of NTUU "KPI" - 2011. - № 3. - p. 79-84.

4. Carolin Bokelmann, Jason Bromley, Ralf Takors. Pros and cons of airlift and bubble column bioreactors: How internals improve performance. // Biochemical Engineering Journal. – Vol. 213. – 2025. P. 109539. https://doi.org/10.1016/j.bej.2024.109539 (accessed May 25, 2025).

5. Philip H. Bentley. Flexible bioreactor with inflatable draft tube. Pat. US20090303829A1. Access mode: https://patents.google.com/patent/US20090303829A1 (accessed May 25, 2025).

6. Nicolas Tscheikner. Fermenter with gas injection system. Pat. EP2376616A2. Access mode: https://patents.google.com/patent/EP2376616A2 (accessed May 25, 2025).

7. Albert L. Farrall. Continuous airlift fermenter with suspension circulation mechanism Pat. US4943535A. Access mode: https://patents.google.com/patent/US4943535A (accessed May 25, 2025).

УДК 66.06

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНОГО АПАРАТА УСТАНОВКИ ОПРІСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ З УТИЛІЗАЦІЄЮ КОНЦЕНТРАТУ

студентка Вовк М.Є., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто два патенти, які описують методи модернізації випарного апарату, проаналізовано принцип дії та наведено переваги та недоліки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОДЕРНІЗАЦІЯ, ВИПАРНА УСТАНОВКА, АПАРАТ, МОРСЬКА ВОДА, ПРІСНА ВОДА, ВОДЕНЬ.

Розглянемо патент US12049410B2[1], який описує адсорбційну опріснювальну систему з використанням багатоефективного випарного апарату.

Це система, яка відокремлює воду від морської води шляхом випаровування та відділення вологи від морської води через випарник, адсорбує пару на поверхні силікагелю в процесі адсорбції, десорбує пару з поверхні силікагелю в процесі десорбції, а потім конденсує десорбовану пару в рідкий стан шляхом подачі пар до конденсатора, таким чином збираючи прісну воду.

Система має багатофункціональний випарник, який виробляє та забезпечує пару високого тиску та пару низького тиску через перший блок випаровування та другий блок випаровування, які включають в себе безліч послідовних випарників та три шари адсорбції та десорбції, завдяки чому можна компенсувати коефіцієнт продуктивності, максимально виробляти прісну воду та використовувати охолоджену воду, яка виробляється як побічний продукт у першому випарному блоку та другому випарному блоку, як

воду для централізованого охолодження та охолодження житлових приміщень. Конфігурація системи наведена на рисунку 1.

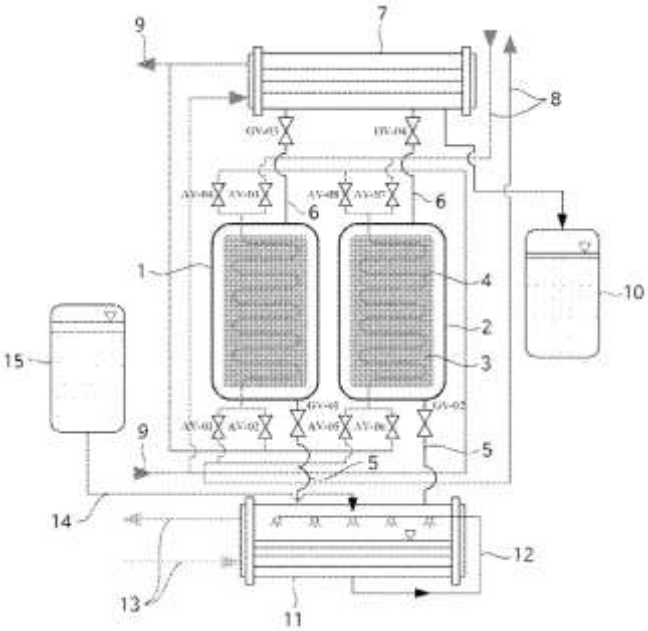


Рисунок 1 – Конфігурація існуючої системи адсорбційного опріснення.

1 – десорбційний шар, 2 – адсорбційний шар, 3 – гідрофільний адсорбент, 4 – теплообмінна трубка, 5, 6 – паропроводи, 7 – конденсатор, 8 – гаряча вода, 9 – охолоджена вода, 10 – резервуар для зберігання прісної води, 11 – випарник, 12 – трубопровід для циркуляції, 13 – холодна вода, 14 – трубопровід для подачі морської води, 15 – резервуар для дегазації;

Випарний апарат, описаний у патенті, має ряд переваг, які виділяють його серед інших. Однією з ключових переваг є високий рівень контролю процесу випаровування. Завдяки вдосконаленій конструкції забезпечується точне регулювання температури, тиску та швидкості випаровування, що дозволяє отримувати матеріал із стабільною якістю та заданими характеристиками. Крім того, апарат демонструє високу енергоефективність, що є важливим фактором для промислового застосування, оскільки це дозволяє зменшити витрати на енергію. Його універсальність робить можливим адаптацію конструкції для обробки різних типів сировини, а використання корозійно-стійких матеріалів забезпечує довговічність обладнання. Ще однією

перевагою є мінімізація втрат матеріалу завдяки ретельно продуманій системі уловлювання парів.

Однак є й певні недоліки, які варто врахувати. Серед них можна виділити високу вартість виробництва випарного апарата, зумовлену складністю його конструкції та використанням спеціалізованих матеріалів. Це може обмежувати його доступність для малих підприємств. Крім того, складність конструкції вимагає висококваліфікованого персоналу для обслуговування та ремонту, що може збільшити витрати. Ефективність апарата також залежить від якості вихідної сировини, що створює додаткові вимоги до вхідних матеріалів.

Патент EP4345057A1[2] описує метод і пристрій для випаровування рідкого водню (рисунок 2), що включає використання каталізатора для сприяння перетворенню параводню в ортводень.

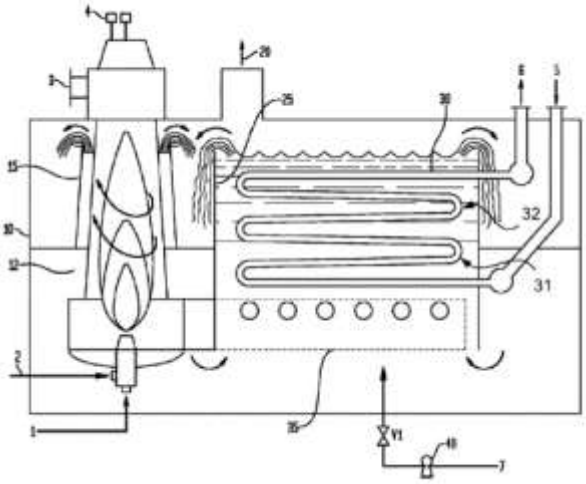


Рисунок 2 - Схематично ілюструє занурений випарник з горінням.

1 – подача горючого газу; 2,3 – подача повітря для згоряння; 4 – газ; 5 – точка подачі; 6 – вивід; 7 – подача озону; 10 – резервуар для води; 12 – пальниковий блок; 15 – охолоджувальна водяна сорочка; 20 – випускна труба; 25 – переливна перегородка; 30 – трубний пучок; 35 – резервуар для дегазації; 40 – компресор;

Метод передбачає контрольоване випаровування водню за допомогою каталізатора, що забезпечує ефективне використання тепла, яке виділяється під час перетворення параводню в ортводень. Винахід також включає пристрій, який оптимізує процес випаровування, забезпечуючи безпечне та ефективне використання водню.

Переваги цієї технології полягають у її енергоефективності, оскільки вона використовує тепло, що утворюється при перетворенні пароводню в ортводень, для нагрівання та випаровування водню. Це дозволяє мінімізувати залежність від зовнішніх джерел енергії та створює контрольований процес, що підвищує загальну безпеку. Крім того, технологія легко інтегрується у різні промислові системи, забезпечуючи широкий спектр можливостей для зберігання, транспортування та використання водню. Ефективне використання ресурсів також сприяє зниженню негативного впливу на довкілля, що робить винахід перспективним з екологічної точки зору.

Серед недоліків варто зазначити технологічну складність впровадження. Реалізація такого рішення потребує спеціалізованого обладнання, високоточних інженерних рішень, а також значних фінансових витрат. Продукти згоряння, такі як оксиди азоту, можуть негативно впливати на довкілля, якщо їх не усунути. Це створює необхідність додаткових заходів для обробки води та запобігання корозії компонентів, що ускладнює підтримку системи в належному стані.

Висновок: Розглянувши патенти, можна зробити висновок що модернізація випарного апарата є важливим напрямком для забезпечення ефективного опріснення морської води та використання водню як енергоресурсу. Обидва патенти мають свої переваги та недоліки, їх впровадження сприяє розвитку інноваційних технологій в галузі опріснення

морської води й використання водню, що є важливим для вирішення глобальних екологічних та енергетичних викликів.

Перелік посилань:

1. Adsorption desalination system using multi-effect evaporation apparatus: пат. US12049410B2 США: B01D1/16. Заявл. 20.08.2019; опубл. 30.07.2024. URL: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/074660299/publication/US12049410B2?q=pn%3DUS12049410B2

2. METHOD AND APPARATUS FOR EVAPORATING LIQUEFIED HYDROGEN: пат. EP4345057A1 Європа: C01B3/00. Заявл. 29.09.2022; опубл. 03.04.2024. URL: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/083508903/publication/EP4345057A1?q=pn%3DEP4345057A1

УДК

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЕРТОВОГО ВАЛУ МЛИНА

Семенов Д.П. бакалавр; Щербина В.Ю., д.т.н., проф.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ;

Розроблена система для автоматизованого проектування обертового вала млина, яка дозволяє створювати креслення деталі і відображати її у вигляді твердотільної 3D моделі. У програмному забезпеченні використовується багаторівнева діалогова віконна структура для інтерактивного введення даних, що забезпечує оперативну зміну параметрів і оптимізацію конструктивних рішень для прискорення створення конструкторської документації.

Вступ. Обертовий вал млина є однією з ключових деталей, яка забезпечує стабільну роботу обладнання в умовах інтенсивної експлуатації. Ця деталь піддається постійному впливу високих навантажень, вібрацій, тертя та інших агресивних чинників. Невідповідність конструкції або матеріалів може призводити до передчасного зносу, викривлення чи навіть руйнування вала. Подібні проблеми викликають зупинки виробничих процесів і значні фінансові втрати. У сучасних умовах машинобудівні підприємства все частіше стикаються із завданням оптимізації проектування складних вузлів. Використання автоматизованих систем дозволяє не лише підвищити точність проектних рішень, але й скоротити час розробки конструкторської документації. Особливу увагу приділено можливості параметричного проектування, що забезпечує адаптацію конструкцій до змінних умов експлуатації та вимог виробництва. У цьому контексті важливим є створення

системи автоматизованого проектування, яка дозволить інтерактивно вносити зміни та перевіряти конструктивні рішення в реальному часі.

Метою роботи є розробка програмного забезпечення для автоматизованого проектування обертового вала млина із використанням параметризованих змінних, що скоротить час розробки конструкторської документації та забезпечить високу точність проектування.

Математична модель. При розробці програм автоматизованого проектування як базова була використана система AutoCAD, яка є найбільш розповсюдженою інженерною системою для автоматизованого проектування. Використання в системі такого програмного забезпечення як функціональна мова AutoLISP та DCL [1, 2], з допомогою яких можливо створювати програми користовуча, що дозволяє не тільки значно прискорити процес розробки документації з використанням інтерактивного режиму введення даних, але і застосовувати розроблені команди графічного редактора для здійснення доступ до графічної бази даних та створення ефективних систем і підсистем зв'язаних з програмною обробкою текстової та числової інформації.

Рішення. Основою для реалізації програми слугує система AutoCAD, яка надає широкий набір функціональних інструментів для автоматизованого проектування. У роботі використані мова програмування AutoLISP і мова створення діалогових вікон DCL. Це забезпечує інтерактивне введення даних, доступ до графічних баз даних, а також створення ефективних програмних рішень для обробки текстової й числової інформації [3].

Система розроблена у вигляді багаторівневої структури діалогових вікон, яка забезпечує швидке введення та редагування параметрів для створення креслення або тривимірної моделі деталі. Передбачено програмний контроль правильності введених даних для мінімізації помилок. Після запуску програми на екрані відображається діалогове вікно, приклад якого наведено на рис. 1.

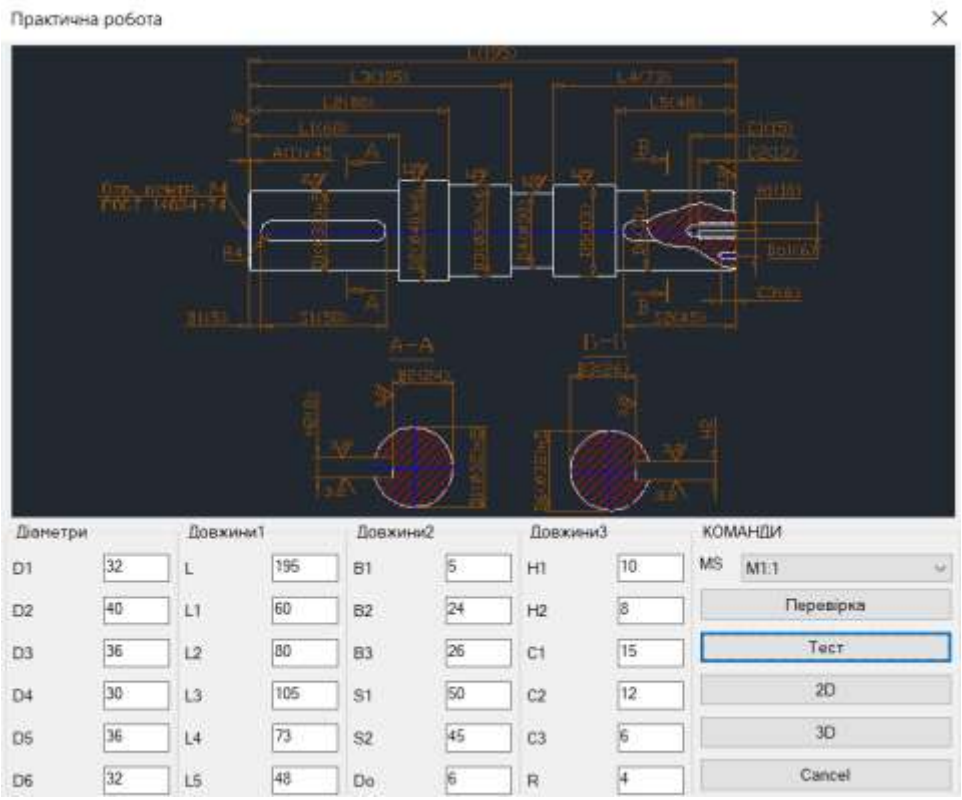


Рис. 1 – Діалогове вікно для введення даних

Діалогове вікно складається з трьох основних блоків:

1. Ескіз деталі для полегшення вводу формальних параметрів.

2. Поля в якому задаються розміри. Для зручності керування розміри розділено по групам:, «Діаметри», «Довжини»1-3, «Масштаб», «Дані» для визначення масштабу креслення та запису або читання даних.

3. Блок «Управління». Містить клавіші виконання: «Тест», «Перевірка», «2D», «3D», «Cancel» і поле в якому задається масштаб креслення.

Для зміни одного з конструктивних параметрів валу необхідно виконати вибір одного з дійсних значень та ввести необхідне значення в відповідне діалогове вікно. Необхідні значення розмірів вносяться в вікна відповідно до ескіза деталі на екрані.

Поле клавіш виконання складається з наступних клавіш:

«Перевірка» виконується шляхом порівняння залежних розмірів. Якщо помилок не виявлено з’являється відповідне повідомлення і кнопки «2D» і «3D» стають доступними для ініціалізації.

«Тест» повертає клавіші до записаних в pr10.lsp, для того, щоб можна було легко повернутись до побудови деталі за розмірами за завданням.

У випадку відсутності помилок виводиться повідомлення «Помилок при введенні даних не знайдено». При отриманні вікна з текстом «Помилок при введенні даних не знайдено» кнопки 2D та 3D стають активними.

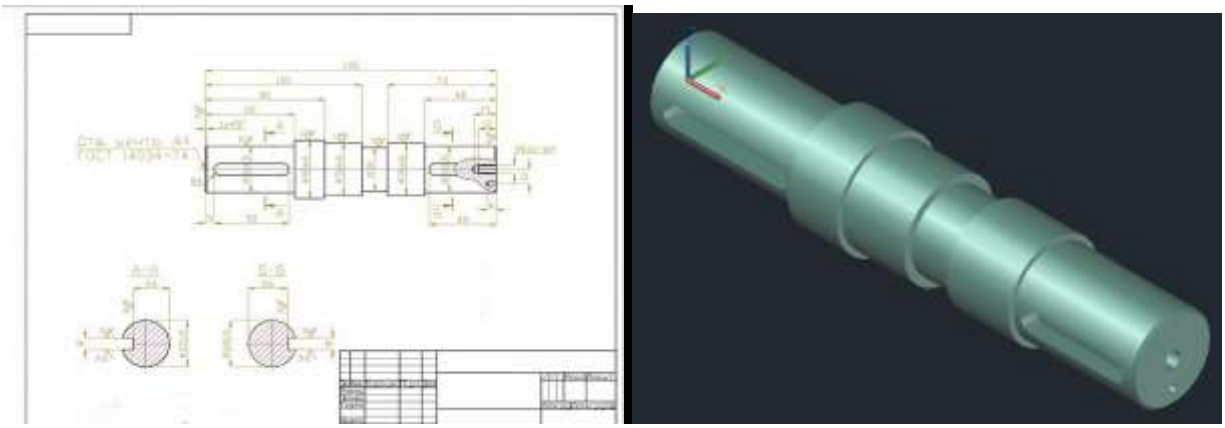
При натисканні на «2D» виконується побудова креслення валу за вибраними розмірами в діалоговому вікні.

При натисканні на «3D» виконується побудова тривимірної моделі типу SOLID із заданими розмірами.

Клавіша «Масштаб» включає в себе набір, що визначає масштаб креслення.

Клавіша «Cancel» використовується для закриття діалогового вікна та виходу з програми.

Результати виконання. Результати виконання показано на рисунку 2, де а – креслення деталі, б – твердотільна модель.



а) б)

Рис. 2 – Результати виконання приграми

а) – креслення деталі; б) – твердотільна модель

Висновки. Створена програма для автоматизованого проектування валу приводного механізму, що дозволяє виконувати 2D-креслення та 3D-моделювання типу SOLID. У програмному забезпеченні використано функціональну мову AutoLISP та мову управління діалоговими вікнами DCL, що забезпечує інтерактивний ввід даних та їх контроль в реальному часі. Використання розробленої програми значно підвищує ефективність проектування, скорочує час створення проектної документації та покращує її якість на всіх етапах конструкторських та проектних робіт при розробці нових валів і модернізації існуючих приводних механізмів.

Перелік посилань

1. Іжиніринг інноваційних технологій та обладнання. Механічне обладнання для виробництва в'яжучих будівельних матеріалів [Електронний ресурс] / В.Ю.Щербина, О.В.Гондлях, В.І.Сівецький – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 147 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45720

2. Конструкторське проектування обладнання. Курсовий проект [Електронний ресурс] / В.Ю. Щербина, А.О. Чемерис; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 38 с. http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25664

3. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] / В.Ю.Щербина, О.С.Сахаров, О.В.Гондлях, В.І.Сівецький. –К.: НТУУ «КПІ», 2014. –156с. https://cpsm.kpi.ua/publikatsiji/knigi/731

MODERNIZATION OF THE ACETONE PRODUCTION UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF A HEAT EXCHANGER

assistant Podyman Hryhorii, student Murashov Hordii

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: In this work, one patent was reviewed, which describes methods for modernizing the acetone production unit.

KEY WORDS : MODERNIZATION, ACETONE, PATENT REVIEW, HEAT EXCHANGER

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТОНУ З РОЗРОБКОЮ ТЕПЛООБМІННИКА

асистент Подиман Г. С., студент Мурашов Г.І.

Національний технічний університет України

“ Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського ”

АНОТАЦІЯ: В цій роботі було розглянуто один патент, який описує методи модернізації установки виробництва ацетону.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОДЕРНІЗАЦІЯ, АЦЕТОН, ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД, ТЕПЛООБМІННИК

Розглянемо патент UA115253U[1], який описує теплообмінник кожухотрубний з виносним компенсатором, що являє собою кожухотрубний апарат, який відрізняється тим, що компенсатор винесено в стакан, який знаходиться зовні корпусу.

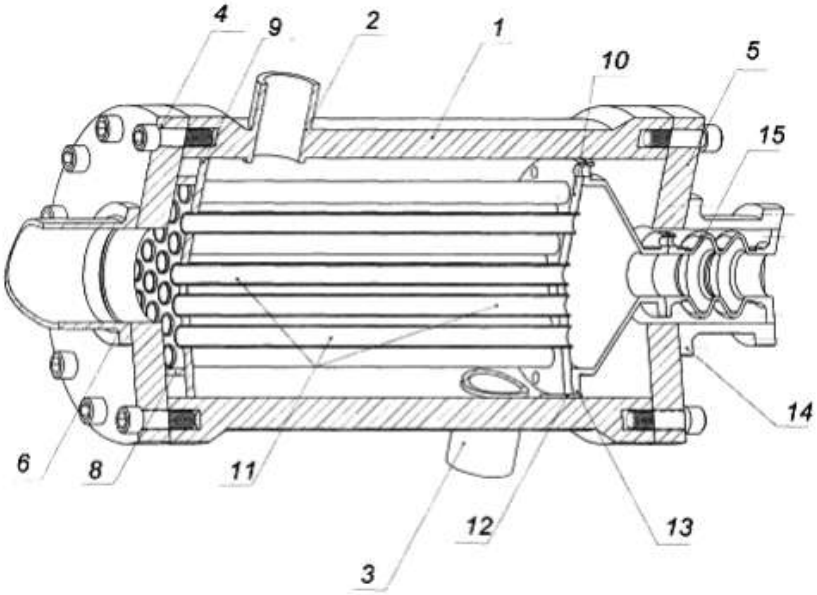


Рис. 1 - теплообмінник, поздовжній розріз, [1];

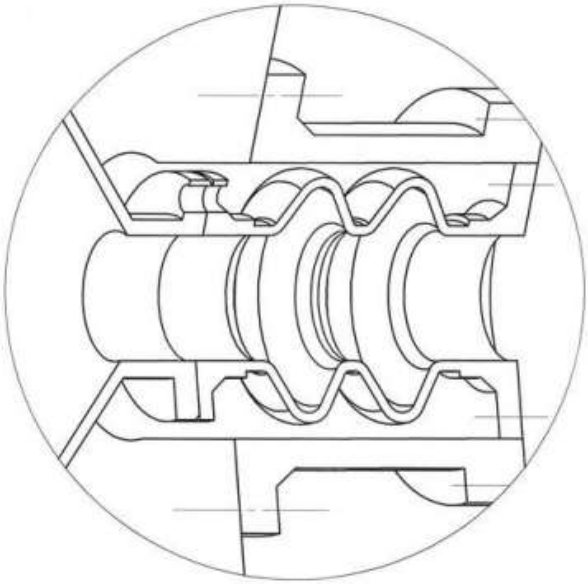


Рис. 2 - компенсатор у виносному стакані, [1].

Горизонтальний кожухотрубний теплообмінник містить кожух 1 із патрубками 2 і 3, дві кришки 4 і 5, фланець 7, приварне дистанційне кільце 8, випускну камеру 13, пучок труб 11, виносний стакан 14, який містить в собі компенсатор 15, а також трубні решітки 9 та 10, рухому з яких обладнано лижею 12, що спираються на корпус 1 (Рис. 1). Виносний стакан з

компенсатором зображено на (Рис. 2). Горизонтальний кожухотрубний теплообмінник працює в такий спосіб. Під час складання теплообмінника у корпус 1 на лижі 12 заводять трубчатку, що складається з випускної камери 13, до якої прикріплено болтовим з'єднанням компенсатор 15, а також трубних решіток 9 і 10 з теплообмінними трубами 11. При цьому одну трубну решітку 9 приварюють до корпусу 1, до якої в свою чергу приварюють дистанційне кільце 8. Після цього прикручують кришку 4 та кришку 5. До кришки 5 прикручують виносний стакан 14 , [1].

Під час роботи теплообмінника в разі зміні довжини теплообмінних труб 11 порівняно з довжиною корпусу 1, компенсатор 15, який міститься у виносному стакані 14 повністю усуває можливість виникнення температурних напружень як в теплообмінних трубах так і в корпусі, [1].

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення горизонтального кожухотрубного теплообмінника, у якому нове виконання корпусу та добавлення компенсатора забезпечить компенсацію температурного напруження трубного пучка, [1].

Поставлена задача вирішується тим, що в горизонтальному кожухотрубному теплообміннику, що містить кожух із патрубками, дві кришки з отворами, випускну камеру з штуцером і трубними решітками, а також закріплені в трубних решітках теплообмінні труби, при цьому одна трубна решітка є приварною (містить дистанційне кільце), а друга є рухомою. Рухома решітка обладнана лижею, що спирається на корпус, [1].

Згідно з корисною моделлю, новим є нове виконання корпусу, який містить виносний стакан, що у свою чергу містить в собі компенсатор. Виконання теплообмінника із зазначеними відмітними ознаками забезпечує істотне зменшення температурного напруження в трубному пучці. У той же час це дасть можливість не дасть змішувані середовища з трубного простору в

міжтрубний або навпаки, тому такий теплообмінник можна застосовувати, як виносний теплообмінник агрегату синтезу аміаку, [1].

Недолік цього теплообмінника - значні температурні напруження, що виникають у корпусі і теплообмінних трубах у разі оброблення високотемпературних середовищ, наприклад у виробництві аміаку, [1].

Перевагами цього теплообмінника – завдяки винесеному компенсатору зменшуються температурні напруження в трубному пучку та корпусі, що покращує довговічність апарата; наявність рухомої трубної решітки та лижі спрощує монтаж, демонтаж та обслуговування теплообмінника; виносний стакан із компенсатором дозволяє ефективно компенсувати зміни довжини теплообмінних труб при нагріванні або охолодженні, що запобігає деформаціям.

Модернізація установки для виробництва ацетону за допомогою патенту UA115253U[1] значно підвищила ефективність процесу. Завдяки збільшенню площі теплообміну вдалося прискорити теплопередачу, що зменшило енергетичні витрати та час проведення технологічних операцій. Скорочення довжини труб дозволило зменшити габарити установки, що сприяло економії простору та спрощенню обслуговування. Додатково, винесення компенсатора в окремий стакан допомогло знизити температурні напруження, підвищуючи надійність та довговічність обладнання. У результаті модернізація забезпечила більш стабільний і продуктивний процес виробництва ацетону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. UA115253U ТЕПЛООБМІННИК КОЖУХОТРУБНИЙ З ВИНОСНИМ КОМПЕНСАТОРОМ [UA] : F28D7/00. Заявл. 20.10.2016; опубл. 10.04.2017.

URL: https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/806739/

УДК 66.045

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПІДІГРІВАЧА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ

ас. Косенко В.В., студент Костирєв О.Ю.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ. У роботі розглянуто різні типи теплообмінних апаратів. На підставі аналізу обґрунтовано вибір апарату для підігріву кормових дріжджів. Запропоновано модернізувати кожухотрубний теплообмінник для підігріву дріжджової суспензії з метою інтенсифікації теплообміну.

Ключові слова: МОДЕРНІЗАЦІЯ, ТЕПЛООБМІННИК, ПІДІГРІВАЧ, КОРМОВІ ДРІЖДЖІ.

Актуальність теми: Виробництво кормових дріжджів є актуальним для світової практики, а також для України. Воно має велике значення як у сільському господарстві так і в промисловості. Технологічні процеси цього виробництва різноманітні і постійно удосконалюються. Одним із етапів технологічного процесу цього виробництва є використання теплообмінника в ролі підігрівача. Вибір такого типу апарату дуже визначальний для одержання оптимального результату.

Мета дослідження: вибір теплообмінника-підігрівача для виробництва кормових дріжджів та його модернізація.

Найбільш поширені в виробництві кормових дріжджів кожухотрубні теплообмінники, оскільки вони мають поліпшені термодинамічні характеристики, завдяки чому нагрівання відбувається швидше, ніж в інших типах теплообмінних апаратів. Теплообмінник - підігрівач в технологічній схемі виробництва кормових дріжджів допомагає забезпечити оптимальні умови для росту, метаболізму та виділення дріжджів із субстратів. Тому

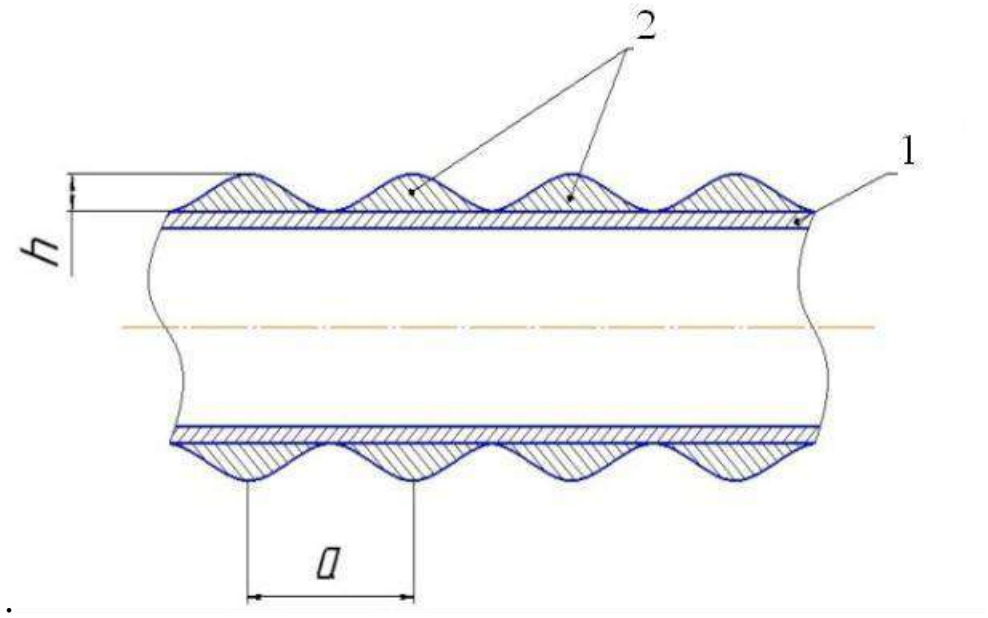
модернізація підігрівача для покращення результатів виробництва кормових дріжджів і їх якості є критично важливою.

На основі проведеного аналізу сучасного стану підприємств по виробництву кормових дріжджів як найбільш оптимальну конструкцію підігрівача було вибрано кожухотрубний теплообмінник з урахуванням його надійності та ефективності. В таблиці приведені деякі оптимальні параметри теплообмінників, відповідно до інформації підприємств, які займаються виробництвом і постачанням теплообмінного обладнання.

Показники	Види теплообмінників			
	Кожухотрубний	Труба в трубі	Спіральний	Пластинчастий
Коефіцієнт тепловіддачі	2500 Вт/(м^2 · К)	3000 Вт/(м^2 · К)	1800-3500Вт/(м^2·К)	1900-5000Вт/(м^2·К)
Коефіцієнт теплообміну рідина/рідина	1200 - 5800 Вт/(м^2 · К)	150 - 1800 Вт/(м^2 · К)	700 – 2500 Вт/(м^2 · К)	1000 – 4000 Вт/(м^2 · К)
Робочий тиск	0.6; 1.0; 1.6; 2.5; 4.0; 6.0 МПа	0.6; 1.0; 1.6; 2.5; МПа	від вакууму до 2,5 МПа	Від 1 до 2,5 МПа
Вартість(грн)	90000 і >	від 50000	від 190000	60000 і >
габаритні розміри	великі	середні	малі	малі

Основним завданням було дослідження переваг і недоліків аналогічних теплообмінників з визначенням шляхів вирішення проблеми підвищення ефективності роботи апарату. Дослідження проведено для вибору кращого варіанту модернізації вибраної конструкції теплообмінника. Проаналізовано рішення, які дозволяють забезпечити найбільш високий коефіцієнт теплопередачі при якомога меншому гідравлічному опорі та надійність конструкції. На ефективність і інтенсивність процесу впливають такі фактори: форма і розмір поверхні теплообміну; наявність турбулізуючих елементів у каналах; відстань, яку проходить рідина в залежності від розташування роз'ємів; кількість трубок, що збільшує поверхню теплообміну але ускладнює реалізацію турбулентного потоку .

Модернізація кожухотрубного теплообмінника, що пропонується, призначена для підвищення інтенсивності теплообміну шляхом встановлення статичних змішувачів для посилення турбулентності теплоносія і покращення гідродинаміки. Запропоновано використати статичний змішувач, який працює в турбулентному режимі, а не в ламінарному, тобто перемішування відбувається без участі рухливих механічних пристроїв, у вигляді спіральних стрічок, обвитих навколо труб (рис.1). Статичні змішувачі функціонують при використанні лише кінетичної енергії потоку рідкого середовища. Спіральна стрічка збільшує площу теплообмінної поверхні; доступна для очищення; компактна, легко виймається при необхідності; має простий монтаж, що дозволяє вбудовувати їх в теплообмінники з мінімальними витратами; працює як на зовнішній, так і на внутрішній потоки.



1 - теплообмінна труба; 2 – спіральна стрічка.

Рисунок 1 - Схема перерізу теплообмінної труби

Турбулентний (бурхливий) рух це такий вид течії рідини або газу, при якій їх елементи здійснюють невпорядковані рухи по складних траєкторіях, що приводить до інтенсивного перемішування рідини, що рухається. Він

зустрічається під час руху малов'язких рідин і характеризується значно більшою ефективністю та інтенсивністю. Коефіцієнт опору, як і максимальна швидкість, залежить від числа Рейнольдса.

В міжтрубному просторі за рахунок зміни поверхні труб відбувається активізація потоку і одночасно збільшення поверхні тепловіддачі. В результаті такої зміни в пристінному шарі турбулізується потік і це покращує процес теплообміну, тобто інтенсифікується сам процес теплопередачі шляхом турбулізації пристінного потоку рідини всередині трубок.

Це дозволить підвищити коефіцієнт теплопередачі а відповідно й ефективність роботи теплообмінника. Коефіцієнт тепловіддачі, який визначає швидкість теплообміну руху рідини, залежить від багатьох чинників: фізичних параметрів рідини, коефіцієнта теплопровідності, форми і розміру теплообмінної поверхні. Оскільки поверхня теплообміну збільшиться більше ніж в 2 рази, то зросте і теплопередача але менше, тому що її величина обернено пропорційна термічному опору.

Запропонована модернізація теплообмінника-підігрівача відповідає вимогам сучасного виробництва, включаючи енергоефективність, простоту обслуговування та відповідність міжнародним стандартам якості.

Список використаних джерел:

1. Конструювання і розрахунок кожухотрубних теплообмінників [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / Ігор Андреєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 140 с.

2. Методичний посібник "Стандартні терміни та визначення, які застосовуються в біотехнології", укладачі Бондар І.В., Гуляєв В.М., Винокурова Т.К., Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2006 р., 18 стор

3. Мікульонок І.О. Інноваційні змішувачі хімічної технології [Текст] : монографія / Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 132 с

4. НОВІ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКІВ к.т.н., доц. І.А.Андреєв, студент А.М.Беца Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут” Збірник тез доповідей XIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених.

5. Смірнова О.С., Опарін С.О., Біла А.А. Розрахунок кожухотрубного теплообмінника-підігрівача – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2008. – 38 с.

6. Тепло–полис, інжирінингова компанія – 2025-03-29 https://teplo-polis.com.ua/ua/service/kozhuhotrubnyj-teploobmennik/

UDC 66.047.541

EXPERIMENTAL SETUP FOR STUDYING THE DRYING OF BISCHOFITE USING INFRARED RADIATION

PhD student Filipov V.V., PhD, Associate Professor Novokhat O.A.

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *A description of the experimental setup for drying bischofite using infrared radiation under various drying modes is provided. Methods for adjusting the drying parameters of bischofite are specified. The parameters that need to be monitored and recorded during experimental studies are proposed.*

KEY WORDS: BISCHOFITE, DRYING, EXPERIMENTAL SETUP, MOISTURE CONTENT

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДОСЛІДЖЕННЯ СУШІННЯ БІШОФІТУ ІНФРАЧЕРВОНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

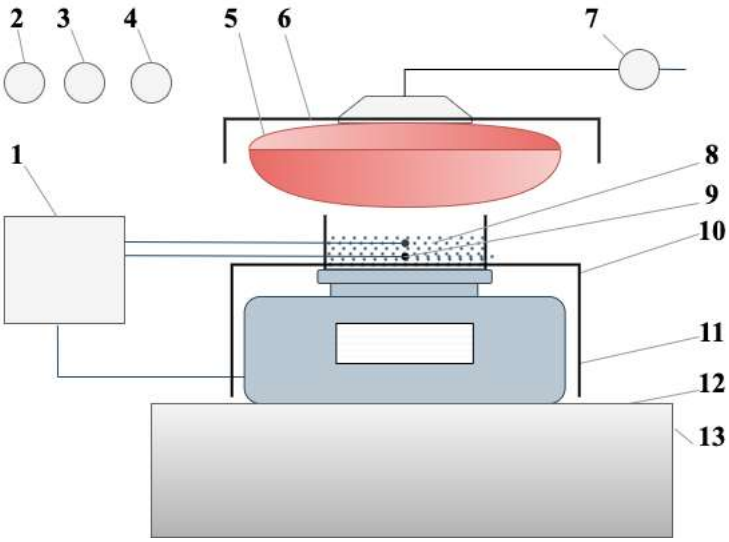
АНОТАЦІЯ: *Наведено опис експериментальної установки для сушіння бішофіту інфрачервоним випромінюванням за різних режимів сушіння. Вказано способи зміни параметрів сушіння бішофіту. Запропоновано параметри, які необхідно контролювати та фіксувати їх значення під час проведення експериментальних досліджень.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: БІШОФІТ, СУШІННЯ, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА, ВОЛОГОВМІСТ

Infrared drying is a promising method for moisture removal from bischofite, classified as a radiation-based drying technique. The use of infrared radiation offers several advantages, including its ability to penetrate deep into the material without significantly heating the surrounding air (except for dispersed moisture in the air). Additionally, modern infrared panels are characterized by a high degree of thermal flow control flexibility and low inertia.

However, the effective application of infrared drying for bischofite requires a detailed study of the kinetic patterns governing this process. Understanding these patterns enables the determination of optimal technological parameters and the assessment of the feasibility of this method.

To investigate the kinetic characteristics of bischofite drying under infrared radiation, an experimental setup was developed (Fig. 1).



1 – personal computer; 2 – thermometer; 3 – barometer; 4 – hygrometer; 5 – infrared emitter; 6 – reflector; 7 – wattmeter; 8 – bischofite; 9 – temperature sensor; 10 – container; 11 – protective screen; 12 – electronic scales; 13 – vibration-resistant surface.

Figure 1. Schematic diagram of the experimental setup:

The design of the setup includes electronic scales that measure the current mass of the material in real-time. To minimize the influence of external vibrations, the

weighing module is placed on a vibration-resistant platform. A container filled with the test material—crystalline bischofite—is positioned on the working surface of the scales. Thermocouples are placed both inside the bischofite layer and on its surface to record temperature values.

The container is made of transparent material and features a scale for determining the height of the bischofite layer. Temperature readings from the thermocouples and the current mass values from the electronic scales are transmitted to a personal computer for further processing and analysis.

To record environmental parameters, a thermometer, barometer, and hygrometer are placed near the setup, providing measurements of temperature, atmospheric pressure, and humidity, respectively.

The energy source for the drying process is an infrared emitter directed toward the bischofite surface. The intensity of radiation is adjusted by varying the voltage supplied to the emitter, while the electrical power is measured using a wattmeter.

To minimize heat loss to the surrounding environment, a reflector is positioned above the emitter. The distance between the working surface of the infrared emitter and the bischofite surface is measured using a caliper.

References:

1. Kushniruk, V., Novokhat, O. Analysis of intensification of zeolite drying on a vibrating conveyor dryer with infrared emitters. Technology Audit and Production Reserves. 2023. 2 (1 (70)), P. 6–9. doi: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.279032

2. Галстян А. С., Марчевський В. М., Улітько Р. М. Кінетика сушіння кристалічного бішофіту. Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. 2010. С. 113–116.

УДК 532.246

ДИНАМІКА ТЕПЛОМАСООБМІНУ І ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ В ЗОНІ КОНДЕНСАЦІЇ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ

професор, д.т.н. Сорокова Н.М., аспірант Половинкін К.О.

Національний технічний університет України
"КПІ імені Ігоря Сікорського"

Теплові труби (ТТ) застосовуються для термостабілізації термонапружених елементів промислового обладнання, електричних двигунів, радіоелектронної апаратури, літальних апаратів, машин оборонної промисловості і т.і. Це пов'язано з тим, що ефективна теплопровідність ТТ на кілька порядків є вищою, ніж у високотеплопровідних матеріалів [1]. Геометричні характеристики і продуктивність ТТ обираються в залежності від особливостей їх використання, на основі детальних досліджень тепломасопереносу і фазових перетворень в кожній зоні ТТ. Дійовим способом впливу на теплопередавальні характеристики ТТ є умови тепловідведення в зоні конденсації, оптимальний вибір яких доцільно проводити із залученням методу математичного моделювання.

В зоні охолодження ТТ тепломасообмін відбувається внаслідок конденсації насиченої пари на капілярно-пористій структурі (гніті), розташованій на внутрішній поверхні стінки ТТ, та передачі теплоти конденсації через стінку охолоджуючій рідині. Конденсат по капілярно-пористій структурі гніту під дією капілярних сил переміщується уздовж бічної поверхні ТТ в зону нагріву, де випаровується, відводячи теплоту від термонапруженої поверхні.

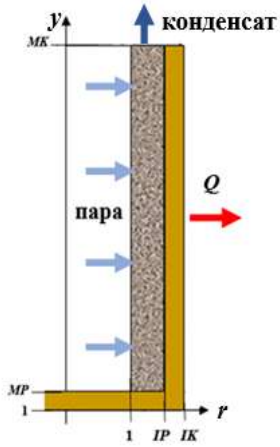


Рис.1 Розрахункова область

Математична модель для розрахункової області (рис.1) включає рівняння енергії, масопереносу рідини і пари:

$$c_{\text{еф}}\left(\frac{\partial T}{\partial t}+w_{\text{еф}\,r}\frac{\partial T}{\partial r}+w_{\text{еф}\,y}\frac{\partial T}{\partial y}\right)=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(\lambda_{\text{еф}}r\frac{\partial T}{\partial r}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_{\text{еф}}\frac{\partial T}{\partial y}\right)+LI_V\,, \qquad (1)$$

$$\frac{\partial U_{\text{р}}}{\partial t}+\frac{\partial(w_{\text{р}\,r}U_{\text{р}})}{\partial r}+\frac{\partial(w_{\text{р}\,y}U_{\text{р}})}{\partial y}=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(D_{\text{р}}r\frac{\partial U_{\text{р}}}{\partial r}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(D_{\text{р}}\frac{\partial U_{\text{р}}}{\partial y}\right)+I_V\,, \qquad (2)$$

$$\frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial t}+\frac{\partial(w_{\text{п}\,r}U_{\text{п}})}{\partial r}+\frac{\partial(w_{\text{пy}}U_{\text{п}})}{\partial y}=\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(D_{\text{п}}r\frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial r}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(D_{\text{п}}\frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial y}\right)-I_V\,. \qquad (3)$$

Тут $U_{\text{р}}$, $U_{\text{п}}$ – об'ємні концентрації рідини і пари; $w_{\text{п}}$, $w_{\text{р}}$ – швидкості фільтрації фаз, що визначаються за законом Дарсі:

$w_\psi=-K\nabla P_\psi/\mu_\psi$ (ψ = п, р), де $K=0,4d_{\text{в}}^{2,75}\exp(8,4\cdot10^{-3}\Pi d_{\text{в}}^{-0,22}$ – коефіцієнт проникності [1], $d_{\text{в}}$ – діаметр волокон гніту, мкм, П – пористість; ∇P_ψ, μ_ψ – градієнт тиску і динамічний коефіцієнт в'язкості фази ψ; ефективні теплопровідність, теплоємність і швидкість теплоносія в пористому шарі $\lambda_{\text{еф}}=\lambda_{\text{т}}\Psi_{\text{т}}+\lambda_{\text{р}}\Psi_{\text{р}}+\lambda_{\text{п}}\Psi_{\text{п}}$, $c_{\text{еф}}=c_{\text{т}}\Psi_{\text{т}}\rho_{\text{т}}+c_{\text{р}}U_{\text{р}}+c_{\text{п}}U_{\text{п}}$, $w_{\text{еф}\,r}=\left(w_{\text{р}\,r}c_{\text{р}}U_{\text{р}}+w_{\text{п}\,r}c_{\text{п}}U_{\text{п}}\right)/c_{\text{еф}}$, де об'ємні частки твердої $\Psi_{\text{т}}$=1–П, рідкої $\Psi_{\text{р}}=U_{\text{р}}/\rho_{\text{р}}$ і парової $\Psi_{\text{п}}=1-\Psi_{\text{т}}-\Psi_{\text{р}}$ фаз.

Коефіцієнти дифузії $D_{\text{р}}$ і $D_{\text{п}}$ в капілярах гніту знаходяться по формулам: $D_{\text{р}}=\gamma_{D\text{р}}[\exp(A_D/RT)-1]^{-1}$ [2], $D_{\text{п}}=\gamma_{D\text{п}}T^{3/2}/P_{\text{п}}$, де A_D – енергія дифузійної активації, R – універсальна газова стала, $\gamma_{D\text{р}}$, $\gamma_{D\text{п}}$ – дифузійні коефіцієнти.

Інтенсивність фазових перетворень знаходиться [2] як різниця потоків рідини, що випаровується, та пари, що конденсується

$$I=\gamma_{\text{c}}\left\{\varphi_{\text{т}}\big|_{\nu=0}\left(\exp\left[A/\left(RT\big|_{\nu=0}\right)\right]-1\right)^{-1}-\ \varphi_{\text{c}}\left(\exp\left[A/\left(RT_{\text{c}}\right)\right]-1\right)^{-1}\right\},\qquad \gamma_{\text{c}}=\text{const}. \qquad (4)$$

Тут $\varphi_{\text{т}}$ – відносна вологість парогазової суміші, якій згідно ізотермі сорбції відповідає концентрація $U_{\text{р}}$ в даній точці; ν – нормаль; A – енергія активації.

Граничні умови на поверхні r =1, $MP \le y \le MK$ являють умови III роду:

$$-D_{\text{п}} \left.\frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial r}\right|_{\nu=0} + \left.\frac{\partial (w_{\text{п}r} U_{\text{п}})}{\partial r}\right|_{\nu=0} = -\gamma_{\text{п,с}} \left(U_{\text{п}}\big|_{r=1} - \rho_{\text{п,с}} \Psi_{\text{п}} \right), \quad D_{\text{р}} \left.\frac{\partial U_{\text{р}}}{\partial r}\right|_{r=1} + \left.\frac{\partial (w_{\text{р}\,r} U_{\text{р}})}{\partial r}\right|_{r=1} = I_{\text{с}}\big|_{r=1},$$

$$\lambda_{\text{еф}} \left.\frac{\partial T}{\partial r}\right|_{r=1} + w_{\text{еф}r} \left.\frac{\partial T}{\partial r}\right|_{r=1} = \alpha (T_{\text{с}} - T\big|_{r=1}) + L\, I\big|_{r=1}.$$

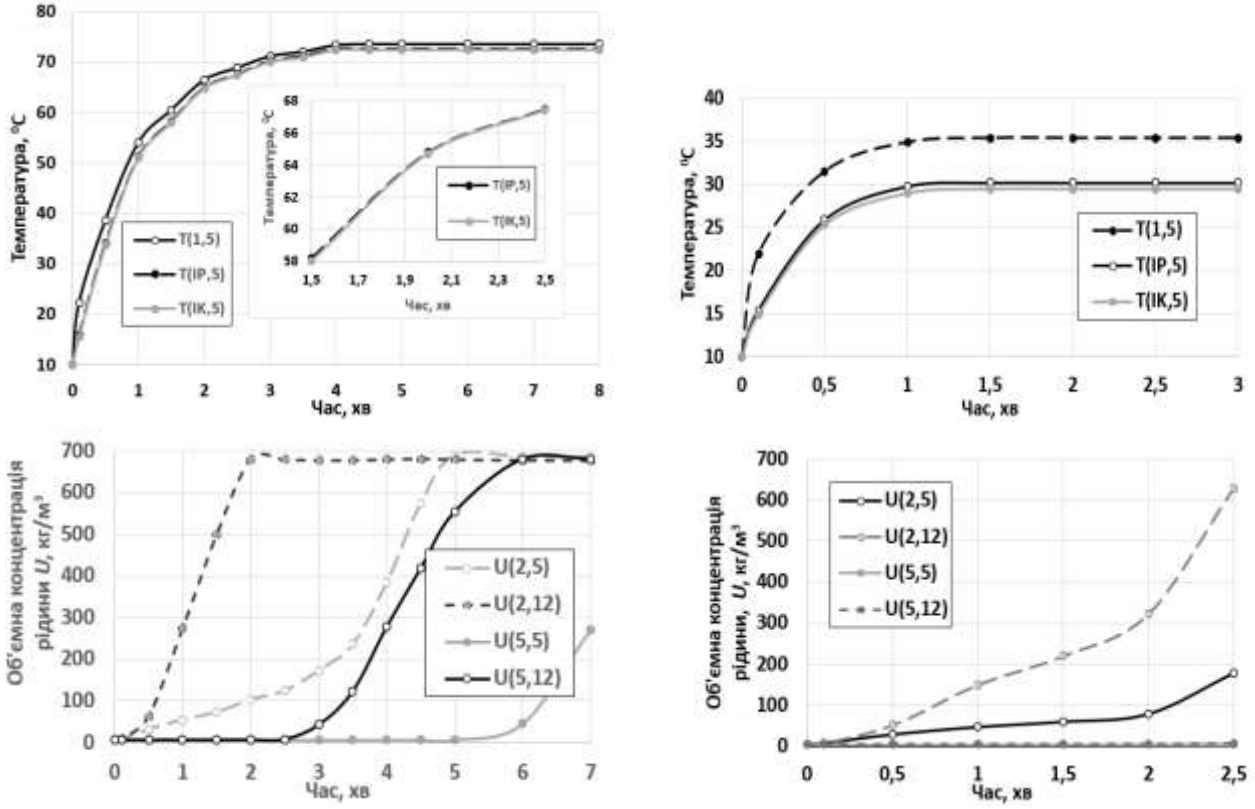
Через границю $1 \le r \le IP$, y = MK конденсат відводиться під дією капілярних сил в зону транспорту, а зміною T і $U_{\text{п}}$ на цій границі можна знехтувати:

$$\left.\frac{\partial T}{\partial y}\right|_{y=MK} = 0; \quad -D_{\text{р}} \left.\frac{\partial U_{\text{р}}}{\partial y}\right|_{y=MK} + \left.\frac{\partial (w_{\text{р}\,r} U_{\text{р}})}{\partial y}\right|_{y=MK} = \frac{K}{\mu_{\text{р}}} \frac{P\big|_{y=MK} - P_{\text{к}}}{\partial y} U_{\text{р}}\big|_{y=MK}; \quad \left.\frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial y}\right|_{y=MK} = 0;$$

$$\left.\frac{\partial w_{\text{р}y}}{\partial y}\right|_{y=MK} = \frac{K}{\mu_{\text{р}}} \frac{P\big|_{y=MK} - P_{\text{к}}}{\partial y}; \qquad \left.\frac{\partial w_{\text{п}x}}{\partial x}\right|_{\nu=0} = 0,$$

де капілярний тиск $P_к$ розраховується за виразом, отриманим у [2], що є аналогічним формулі Лапласа $P_{\text{к}} = 2\sigma(T)/r^*$, $r_{\min} < r^* < r_{\max}$, $r_{\min}$ і $r_{\max}$ – мінімальний і максимальний радіуси пор, r^*– характеристичний параметр дисперсності розмірів пор.

Результати розрахунку у деяких вузлових точках, де m=5=MP+2, а m=12=MK-2 (рис.1) представлені на рис.2. Розглядалась мідна ТТ, з довжиною зони конденсації l = 0,25 м, $d_{\text{в}}$ = 20 мкм, П = 0,7. Ізотерма сорбції для пористої мідної структури [3] $W^{-1} = W_{\max}^{-1} - 35{,}5 \ln \varphi$, де $W_{\max}$=0,45%, а $U_{\text{р}} = 0{,}01 W \rho_{\text{т}}$.



а) $\alpha_{зов}$ = 40 Вт/(м^{2}К) б) $\alpha_{зов}$ = 1000 Вт/(м^{2}К)

Рис.2 Зміна в часі температури та об'ємної концентрації рідкої фази в деяких вузлових точках системи гніт-стінка ТТ при різних інтенсивностях тепловіддачі $\alpha_{зов}$ від наружної поверхні ТТ

Висновки. Розроблена математична модель і метод її реалізації показують адекватні якісні результати і можуть бути корисними при аналізі різних впливових факторів на ефективність роботи ТТ при конструюванні або обранні режимів експлуатації ТТ.

Перелік посилань

1. *Кравець В.Ю. Процеси теплообміну у мініатюрних випарно-конденсаційних системах охолодження. Х.: ФОП Бровін О.В., 2018. 288 с.*

2. Никитенко Н.И., Снежкин Ю.Ф., Сороковая Н.Н., Кольчик Ю.Н. Молекулярно-радиационная теория и методы расчета тепло- и массообмена. Киев: Наукова думка, 2014. 744 с.

3. Сорокова Н., Половинкін К. (2024). Математична модель і метод розрахунку динаміки тепломасообміну в зоні конденсації теплової труби. Scientific Works, 88(1), 63–69. https://doi.org/10.15673/swonaft.v88i1.2962.

UDC 536.24; 666.3

DEVELOPMENT OF A RESEARCH AND INDUSTRIAL HEAT AND MASS EXCHANGER-UTILIZER FOR HIGHLY DUSTY GAS STREAMS

Kremnev V., Timoshchenko A., Korbut N.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

ABSTRACT. *The paper is devoted to the development of a research and industrial heat and mass exchanger-utilizer suitable for highly dusty gas streams.*

KEYWORDS: HEAT AND MASS EXCHANGER-UTILIZE, SECONDARY RESOURCES, FIBER PRODUCTS, PARTICLES, HIGH TEMPERATURE MIXTURE.

РОЗРОБЛЕННЯ ДОСЛІДНО-ПРОМИСЛОВОГО ТЕПЛОМАСООБМІННИКА–УТИЛІЗАТОРА ДЛЯ ВИСИКОЗАПИЛЕНИХ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ

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

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ. *Робота присвячена розробленню дослідно-промислового тепломасообмінника–утилізатора придатного для висикозапилених газових потоків.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕПЛОМАСООБМІННИК–УТИЛІЗАТОР, ВТОРИННІ РЕСУРСИ, ВОЛОКОННА ПРОДУКЦІЯ, ЧАСТКИ, ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНА СУМІШ.

The development is aimed at the operation of the heat and mass exchanger-utilizer during the utilization of thermal energy of secondary gas resources containing a large number of solid fuel particles that are not prone to sticking together. Such highly dusty gas flows are characteristic of various productions of fiber products (glass fiber, basalt fiber, etc.) [1].

Most of the production processes of basalt fibers and products based on them are characterized by small and medium capacities of technological equipment. At the same time, the specificity of these processes determines the formation of thermal secondary energy resources of high potential. 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, the temperature of the gas mixture is 150-230 ˚C, the moisture content of the combustion products is 134-142 g water/kgdry air, the moisture content of the gas mixture is 34-36 g water/kg dry air, pollination of a gas mixture of 0.03-0.05 g/m^3.

The purpose of the work. To create a unified heat and mass exchanger using serial finned water-air heat exchangers of the recuperative type, which does not require preliminary cleaning of highly dusty gases, and on its basis - a plant-wide heating system due to the utilization of heat from secondary energy resources.

Results. The installation uses innovative technical solutions regarding the method of operation and the device for its hardware design, which provide simultaneous heat and mass exchange and gas purification. Periodic cleaning of the heat exchange surface from the outside is carried out in the installation.In this device, heating water moves in the inner space of finned heat exchange pipes. The minimum values of the aerodynamic and hydraulic resistance of the utilizer are ensured in order to minimize the operating costs for pumping media. The unified heat exchanger has the following technical characteristics:

- Coolant temperature at the inlet/outlet is 60/40 ˚C.
- Volume consumption of gas secondary resources up to 2800 m^3/h.
  (up to 2426 kg/h).
- Live section for passage:
  gas flow 0.329 m^2;

coolant	0.000846 m^2.
- Heat exchange surface	4x16.34 = 65.36 m^2.
- Full aerodynamic resistance up to	1200 Pa.

The recycling system implemented at the Chernivtsi Thermal Insulation Materials Planprovides an actual economic effect of up to UAH 1.20 million/year. [2, 3].

Conclusions. Analogous systems can have a significant distribution in the utilization of the heat of dusty gas emissions containing dust that is not prone to clumping (as in the case of basalt fibers).

References.

1. Джигирис Д.Д., Махова М.Ф. Основы производства базальтовых волокон и изделий. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 412 с.

2. Кремньов В.О., Тимощенко А.В., Бєляєв Г.В., Шпільберг Л.Ю., Жуков К.Л. Інноваційні розробки – складові системної інтенсифікації теплотехнологічних процесів виробництва базальтових волокон /Тези XIII Міжнародної он-лайн конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики», 7 – 8 листопада 2023 року, м. Київ, С.71 http://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2023/11/zbirka-tez-2023-dlja-sajtu.pdf

3. Тимощенко А.В., Кремньов В.О., Бєляєва І.П., Корбут Н.С., Стецюк В.Г. Інноваційний дослідно-промисловий тепломасообмінник–утилізатор. Тези XIII Міжнародної он-лайн конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики», 7 – 8 листопада 2023 р., м. Київ, С. 72. http://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2023/11/zbirka-tez-2023-dlja-sajtu.pdf

UDC 681.5

CONSTRUCTION OF TEMPERATURE FIELDS USING COMPUTER SIMULATION

PhD, Associate Professor Novokhat O.A., Master’s graduate Honcharenko D.I.

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *The obtained temperature field distribution inside the 3D printer nozzle during polymer melting is presented. Additionally, the temperature field distribution within the resulting polymer flow inside the channel is shown.*

KEY WORDS: TEMPERATURE FIELDS, 3D PRINTER, POLYMER, FLOW SIMULATION, SOLIDWORKS

УДК 681.5

ПОБУДОВА ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИМУЛЯЦІЇ

к.т.н., доцент Новохат О.А., магістр Гончаренко Д.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: *Наведено отриманий розподіл температурних подів усередині сопла 3д-принтера під час утворення розплаву полімеру. Також показано розподіл температурних полів усередині отриманого потоку полімеру усередині каналу..*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕМПЕРАТУРНІ ПОЛЯ, 3Д-ПРИНТЕР, ПОЛІМЕР, FLOW SIMULATION, SOLIDWORKS

An essential condition for developing new devices or improving existing ones is the ability to conduct simulation experiments using software. In engineering, such software includes SolidWorks and its modules, particularly Flow Simulation.

This study examines the construction of computer modeling for simulating the distribution of temperature fields inside a 3D printer nozzle.

To build the temperature distribution model, boundary and initial conditions were defined, the type of material (polymer) was specified, the mesh density with nodal points was adjusted, and the analysis type was set.

Initially, the 3D printer extruder head (nozzle) was designed in the SolidWorks CAD system. The temperature distribution inside the device is shown in Figure 1.

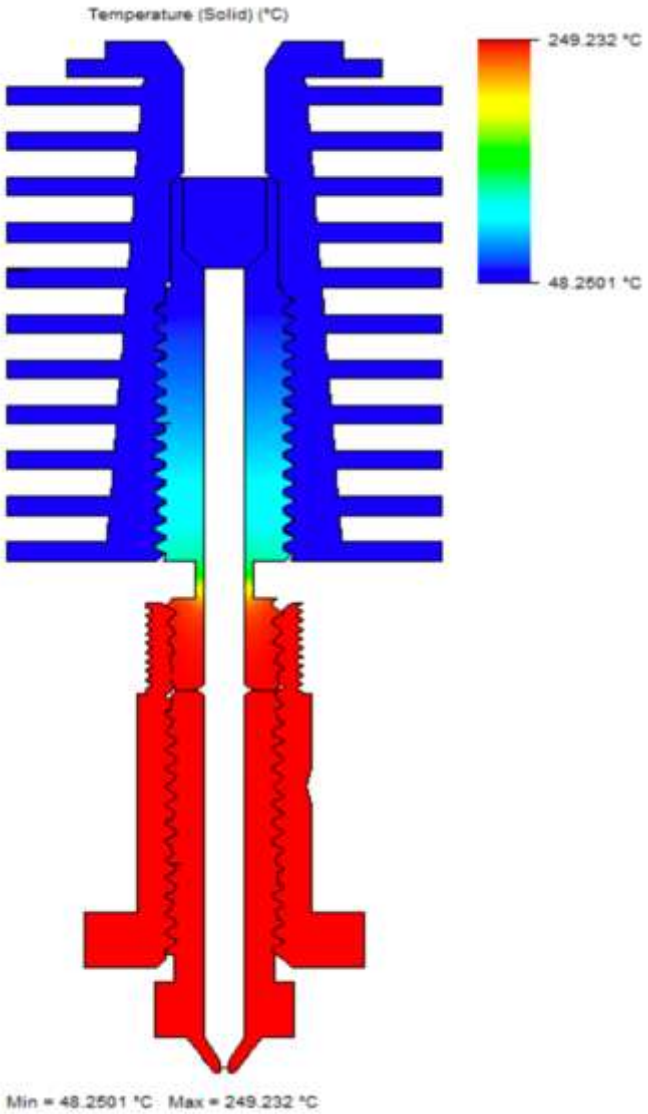


Fig. 1 – The temperature distribution inside the nozzle

Additionally, the temperature distribution within the polymer melt flow was obtained (Figure 2).

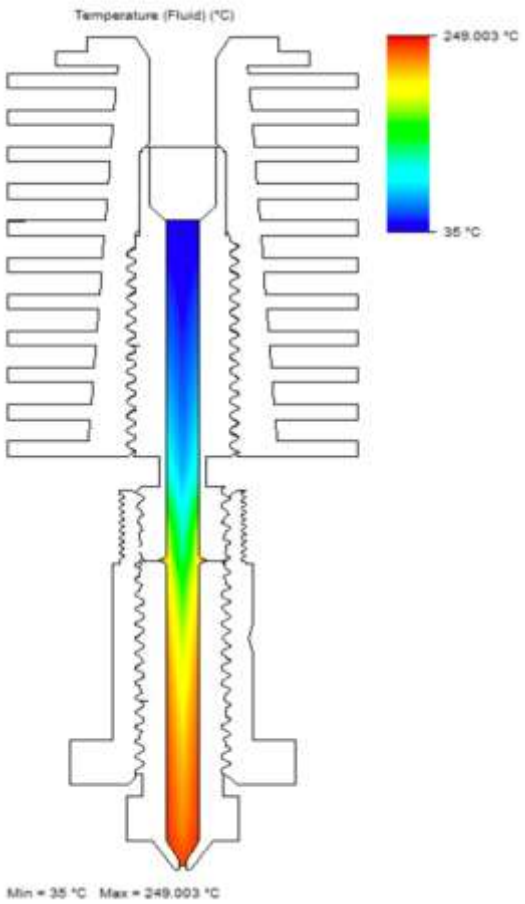


Fig. 2 – The temperature distribution within the polymer melt flow

Thus, the obtained temperature field distribution within the polymer melt and the 3D printer nozzle in the Flow Simulation module of the SolidWorks CAD software enables the study of the influence of geometric parameters on melt flow, heating, and heat exchange processes without the need for a physical prototype.

References:

1. Wang J., Chen H.-J., Gong Y.-J., Wang Q., Ren J.. Optimization Design of Printing Nozzle for a Delta 3d Printer. 3rd Advances in Engineering Research (AER). 2017. V. 105. P. 820-825. https://doi.org/10.2991/mme-16.2017.114

2. Veselý P. Nozzle Temperature Effect on 3D Printed Structure Properties. ELEKTROTECHNOLÓGIA 2019: Slovakia. 2019. P. 126-131.

3. SOLIDWORKS Flow Simulation [Електронний ресурс] / SolidWorks. Режим доступу: https://www.solidworks.com/product/solidworks-flow-simulation

4. An Introduction to Flow Analysis Applications with SolidWorks Flow Simulation [Електронний ресурс] / SolidWorks. Режим доступу: https://www.solidworks.com/sw/docs/flow_sim_studentwb_2011_eng.pdf

UDC 661.965

MODERN METHODS OF HYDROGEN PURIFICATION

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

ABSTRACT: *The relevance of hydrogen purification during production is discussed; an invention for an economical purification system are presented.*

KEYWORDS: HYDROGEN PURIFICATION, ENERGY EFFICIENCY, MICROWAVE DEHYDRATION.

СУЧАСНІ МЕТОДІ ОЧИЩЕННЯ ВОДНЮ

доц., к.т.н. Новохат О.А., студент Даніхно Р.М.;
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: *Встановлена актуальність очищення водню при виробництві, наведені ефективні методі очищення та розглянуто винахід на економічну очисну систему.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОЧИЩЕННЯ ВОДНЮ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, МІКРОХВИЛЬОВЕ ЗНЕВОДНЕННЯ.

Hydrogen is a promising and environmentally friendly energy carrier with wide potential for use in various fields, including fuel cells, electricity generation, and transportation. However, its production process is often accompanied by impurities that can adversely affect hydrogen quality and efficiency in further applications. Therefore, purification is a critical step that ensures not only high performance but also the safe use of this energy source [1].

Among many available technologies, the following effective methods can be distinguished:

Pressure Swing Adsorption (PSA) – A widely used hydrogen purification method based on selective adsorption of impurities on porous materials such as activated carbon or zeolites under high pressure.

Membrane Separation – Another common hydrogen purification technique that uses thin, permeable materials (e.g., polymers, metals, or ceramics) to separate hydrogen from other gases based on molecular size, shape, or affinity.

Cryogenic Distillation – A method that exploits the different boiling points of hydrogen and other gases. By cooling the gas mixture to extremely low temperatures, hydrogen is separated as vapor while impurities condense into liquids.

Palladium Diffusion – This method takes advantage of palladium metal's unique property of absorbing and diffusing hydrogen atoms through its lattice structure. A pressure or temperature gradient across a thin palladium membrane allows selective transport of hydrogen, leaving impurities behind.

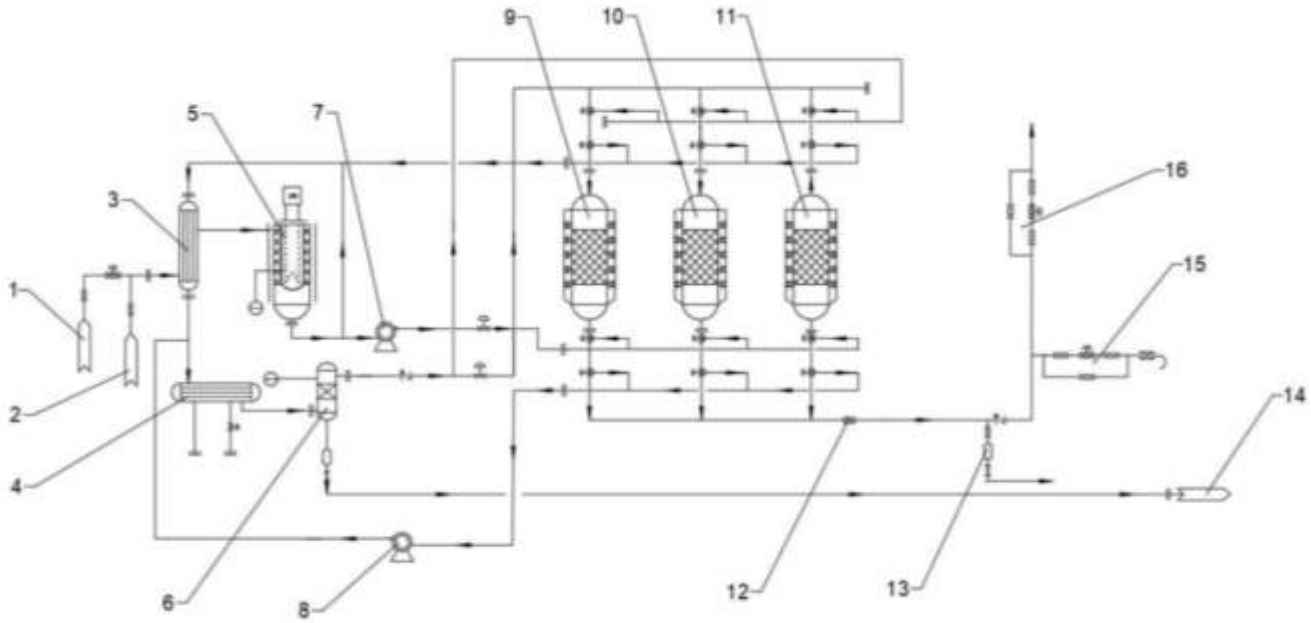
Biological Methods – These are novel techniques that utilize microorganisms such as bacteria, algae, or fungi to convert or remove impurities from gaseous hydrogen.

A modern patent by "SANTACC ENERGY TECH" [2] introduces an efficient and energy-saving hydrogen purification equipment system (Figure 1).

This invention proposes a method for purifying combustible gases like hydrogen, characterized by high purification efficiency and low energy consumption. It incorporates an innovative multi-cycle waste heat recovery structure and microwave dehydration technology, as well as a novel deoxidizing tower design combined with a heater and a spherical-distribution catalytic layer. This design effectively enhances energy efficiency, reduces equipment quantity and footprint, simplifies instrumentation and material requirements, and significantly lowers equipment costs and energy usage.

The reactor uses microwave dehydration technology instead of traditional electric heating (thermal conduction), offering higher efficiency and lower energy

consumption. It integrates with the deoxygenation reactor to discharge hot air for coordinated dehydration, full utilization of thermal energy, and improved efficiency and energy savings. Microwave heating has strong penetration and acts directly on water molecules, resulting in faster dehydration and cooling compared to traditional thermal conduction heating. This shortens the heating and cooling cycle, producing purer hydrogen.



1 – hydrogen pipe, 2 – nitrogen pipe, 3 – waste heat cooler, 4 – hydrogen cooler, 5 – deoxygenation reactor, 6 – mist removal filter, 7 – dry purge dehydration accelerator, 8 – reflux cooling accelerator, 9 – direct reactor, 10 – circulation mist removal reactor, 11 – reverse dehydration reactor, 12 – filter, 13 – sampling and analysis valve group, 14 – sewage pipe, 15 – emergency release valve group, 16 – gas supply valve group.

Figure 1 – Diagram of the hydrogen purification system

The deoxidation reactor combines electric heating tubes and deoxidizers, reducing the number and size of reactors while ensuring efficient integration of reaction equipment.

Using waste heat circulation and microwave heating technology eliminates secondary heating and condensation systems typical in traditional setups,

significantly reducing equipment quantity, complexity, investment costs, and energy consumption.

High-purity hydrogen production up to 99.999% can be achieved with minimal valves and equipment. Compared to conventional systems, this invention can reduce equipment quantity by over 25%, valves by over 35%, and overall weight by over 20%, significantly cutting production costs and space requirements while improving system stability and adaptability to on-site installation conditions.

This system is highly promising and can be used for upgrading hydrogen production facilities to obtain higher quality fuel at lower capital costs.

References:

1. Article “Hydrogen Purification System” – https://ua.sqhydrogen.com/hydrogen-purification-system/
2. Patent CN118904037A "Efficient energy-saving hydrogen purification equipment system and process method thereof" – https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/093296665/publication/CN118904037A?q=pn%3DCN118904037A

UDC 621.577

NATURAL ZEOLITES AS WORKING BODIES OF ADSORPTION THERMAL TRANSFORMERS

Posunko D.V., Danko I.O., Chalaev M.D., Shavrin Yu.V., Kovalev V.I.

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

ABSTRACT: *The sorption properties of a number of natural and synthetic zeolites were investigated. It was shown that natural zeolites are practically not inferior to synthetic ones in terms of their characteristics and can be used as working bodies of adsorption thermal transformers.*

KEY WORDS*: CLINOPTILOLITE, SORPTION THERMOTRANSFORMER, SORPTION PAIRS, REFRIGERANT.*

ПРИРОДНІ ЦЕОЛІТИ ЯК РОБОЧІ ТІЛА АДСОРБЦІЙНИХ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРІВ

Посунько Д.В., Данько І.О., Чалаєв М.Д., Шаврін Ю.В., Ковальов В.І.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ: *Досліджено сорбційні властивості ряду природних і синтетичних цеолітів. Показано, що за своїми характеристиками природні цеоліти практично не поступаються синтетичним і можуть використовуватися як робочі тіла адсорбційних термотрансформаторів.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *КЛІНОПТИЛОЛІТ, СОРБЦІЙНИЙ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОР, СОРБЦІЙНІ ПАРИ, ХОЛОДОАГЕНТ.*

In recent years, in order to expand the scale of involvement in the energy cycle of low-potential energy sources, significant attention has been paid to adsorption thermal transformers and research aimed at finding new effective working bodies for them. With the help of adsorption machines, it is possible to produce cold, provide heat supply, as well as combined production of cold and heat.

In the adsorption cycle, heat and mass transfer processes occur between three main devices: adsorber, condenser and evaporator. The features of the cycle are determined by three temperatures: the temperatures of the refrigerant in the condenser and evaporator, as well as the dehydration temperature of the adsorbent. In the simplest configuration, the adsorption system consists of two main elements: adsorber-desorber and condenser-evaporator. The characteristics of the adsorption cycle are the thermal (refrigeration) coefficient COP and the specific performance per cycle.

The main indicators of the efficiency of the working steam are the moisture capacity of the sorbent, the regeneration temperature and the heat of desorption of the refrigerant. From a qualitative point of view, it can be said that the stronger the bond energy between the solid and the adsorbed molecule, the lower the temperature at which the evaporator can operate, but the lower the heat coefficient and the higher the regeneration temperature of the adsorbent.

In heat pumps for utilization of heat of a low-potential source at positive temperatures it is more advantageous to use adsorbent-refrigerant pair with a weak bond (type “solid absorber-water”), which allows to obtain a thermal coefficient of 1.7...1.8. At negative temperatures of the source it is desirable to use pair with a stronger bond (type “solid absorber-methanol”) and a thermal coefficient of the order of 1.5...1.6. At lower temperatures (-10...-20 ºC) – pairs with a very strong bond (type “solid absorber-ammonia”) are required, which gives a thermal coefficient of no more than 1.3.

Known sorption pairs used as working fluids of adsorption thermal transformers were analyzed, and the following sorption pairs were experimentally investigated: clinoptilolite – water (Sokyrnytsia deposit, Transcarpathia); mordenite – water (Lypcha deposit, Transcarpathia); NaX zeolite – water; modified mordenite – water; modified clinoptilolite – water.

Natural zeolites are of interest due to their availability (there are a number of deposits in Ukraine) and low cost. Since there is no data in the literature on the sorption properties of zeolites at temperatures necessary for calculating the adsorption heat pump and refrigeration cycle, water adsorption isotherms were measured for these sorbents by thermogravimetry in the range of operating temperatures of the adsorption cycle. (Figure 1, Figure 2).

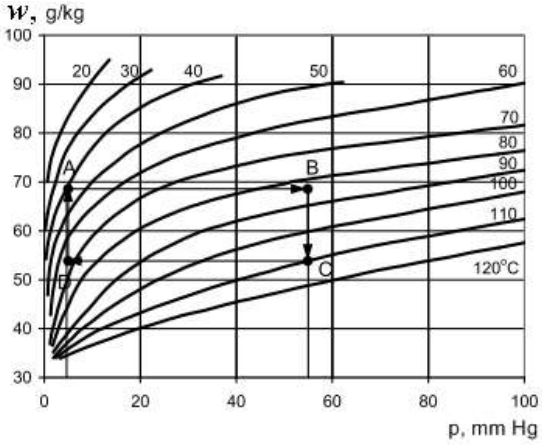


Figure 1 – Water adsorption isotherms on natural clinoptilolite

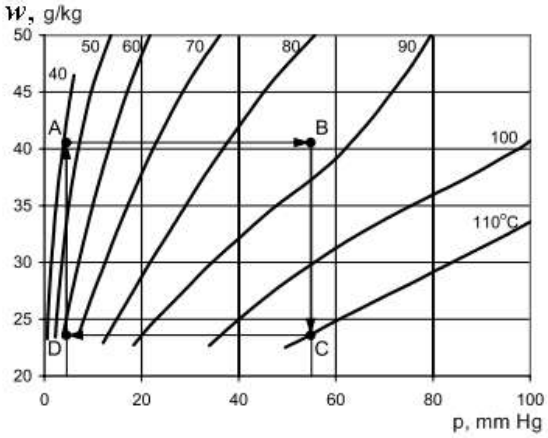


Figure 2 – Water adsorption isotherms on modified clinoptilolite

Conclusions

Based on the experimentally obtained water adsorption isotherms for mordenite and clinoptilolite and the study of their energy indicators in adsorption refrigeration and heat pump cycles, it is shown that natural zeolites are practically not inferior to synthetic ones in their characteristics and can be used as working bodies of adsorption thermal transformers.

УДК 663.551

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ЦИКЛІЧНОЇ РЕКТИФІКАЦІЇ

к.т.н. Булій Ю.В[1] , д.т.н. Ободович О.М.[2], к.т.н. Целень Б.Я.[2],

к.т.н. Мукоїд Р.М[1]., к.т.н. Бондар М.В[1].

[1]Національний університет харчових технологій

[2]Інститут технічної теплофізики НАН України

Анотація: *Розроблені енергозберігаюча технологія циклічної ректифікації етилового спирту і конструкція ректифікаційної колони для її реалізації. Технічне рішення дозволяє забезпечити повне видалення естерів, підвищити ступінь вилучення і кратність концентрування інших летких домішок на 25-38 % і зменшити питомі витрати гріючої пари на 40 % у порівнянні з типовими установками шляхом збільшення часу контакту пари і рідини на тарілках до 30-60: в колоні концентрування домішок від 25 до 15 кг/дал безводного спирту, введеного в колону, в епюраційній – від 15 до 8,2 кг/дал безводного спирту.*

Abstract: *Energy-saving technology of cyclic rectification of ethyl alcohol and design of rectification column for its implementation are developed. The technical solution allows to provide complete removal of esters, to increase the degree of extraction and multiplicity of concentration of other volatile impurities by 25-38% and to reduce the specific consumption of heating steam by 40% in comparison with typical installations by increasing the contact time of steam and liquid on the plates up to 30-60: in the column2 of the concentration introduced into the column, in the epuration column - from 15 to 8.2 kg/dal of anhydrous alcohol.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА**:** *ЕТИЛОВИЙ СПИРТ, РЕКТИФІКАЦІЯ, ЛЕТКІ ДОМІШКИ, ГРІЮЧА ПАРА, РІДИНА, ТАРІЛКИ КОЛОН, СПИРТОВМІСНІ ФРАКЦІЇ.*

KEYWORDS: *ETHYL ALCOHOL, RECTIFICATION, VOLATILE IMPURITIES, HEATING STEAM, LIQUID, COLUMN PLATES, ALCOHOL-CONTAINING FRACTIONS.*

Використання технології циклічної ректифікації в брагоректифікаційних установках дозволяє створити умови для досягнення на тарілках колон стану фаз, близького до рівноважного, і наблизити ефективність кожної реальної тарілки до ефективності теоретичної. В циклічному режимі зростає рушійна сила процесу масообміну між рідиною і парою, підвищується ступінь вилучення і кратність концентрування летких домішок спирту, а також зменшуються витрати гріючої пари [1].

Співробітниками НУХТ і ТОВ «ТІСЕР» розроблені інноваційна технологія циклічної ректифікації етилового спирту і конструкція ректифікаційної колони, яка забезпечує циклічний перелив рідини по тарілках за безперервної подачі гріючої пари в кубову її частину (рис. 1).

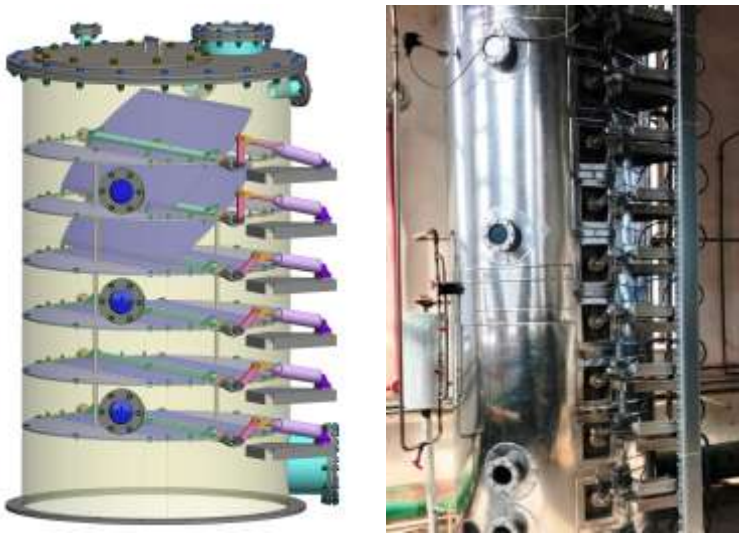


Рис. 1. Ректифікаційна колона циклічної дії

Технічне рішення дозволяє подовжити час контакту пари і рідини на кожній тарілці до 30-60 с і скоротити час переливу рідини до 1,5-1,7 с без її перемішування на суміжних тарілках. Дослідження проводились у виробничих

умовах в процесах розгонки спиртовмісних фракцій і епюрації бражного дистиляту. Колона концентрування домішок і епюраційна колони були оснащені лускоподібними тарілками із змінним вільним перерізом, а поворотні сегменти тарілок з'єднані з пневматичними циліндрами двобічної дії, дія яких відбувалася почергово відповідно до програми контролера [2].

Визначені гідродинамічні режими роботи тарілок: нижня і верхня критичні швидкості пари в отворах тарілок становлять 6,5 і 16 м/с відповідно; для здійснення контрольованих циклів масообміну та інтенсифікації переливу рідини необхідною умовою є зменшення швидкості пари в отворах до 1,5-1,0 м/с завдяки миттєвій зміні вільного перерізу від 2,6 до 51,7 %. Відсутність переливних і приймальних пристроїв на тарілках дає можливість збільшити поверхню контакту пари і рідини на 15 %, а коаксіальне розташування лусок виключити односпрямованість їх потоків.

Використання інноваційної технології дозволяє забезпечити повне видалення естерів, метилацетату та ізопропілового спирту, збільшити ступінь вилучення вищих спиртів сивушної олії і метанолу на 38 %, підвищити кратність концентрування головних домішок на 25 %, верхніх проміжних та кінцевих домішок на 38 %, пропускну здатність колони по рідині на 34 % і зменшити питомі витрати гріючої пари на 40 % у порівнянні з типовими установками: в колоні концентрування домішок від 25 до 15 кг/дал безводного спирту, введеного в колону, в епюраційній — від 15 до 8,2 кг/дал безводного спирту.

Список літератури

1. Булій, Ю.В., Куц, А.М., Шиян, П.Л. (2019). Підвищення експлуатаційних характеристик масообмінних колонних апаратів циклічної дії, *Наукові праці НУХТ,* 25(5), 48-54.

2. Ректифікаційна колона з керованими циклами: пат. 136561 UA. Заявка u 201612611; заявл. 12.12.2016; опубл. 25.05.2017. Бюл. № 10. 4 с.

УДК 620.9:628.87

АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРИГОТУВАННЯ СУСЛА В ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ БІОЕТЕНОЛУ

д-р техн. наук, проф. Ободович О.М., канд. техн. наук. Переяславцева О.О., канд. техн. наук.Чернявський К.Є., гол.мех..Парченко В.М.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Анотація: *В роботі представлено апаратурно-технологічну схему приготування сусла в технології отримання біоетенолу з лігніноцелюлозної сировини. Використання роторно-пульсаційного енергіїапарату дозволяє проводити диспергування, перемішування, розчинення, нагрівання, гідроліз, що дає можливість значно зменшити тривалість процесу попередньої підготовки сировини до гідролізу та зменшити енерговитрати на 20…25%.*

Abstract: *The paper presents a hardware and technological scheme for preparing wort in the technology of obtaining bioethanol from lignocellulosic raw materials. The use of a rotary-pulsation apparatus allows for dispersion, mixing, dissolution, heating, and hydrolysis, which makes it possible to significantly reduce the duration of the process of preliminary preparation of raw materials for hydrolysis and reduce energy consumption by 20...25%.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА*: БІОЕТАНОЛ, ЛІГНОЦЕЛЮЛОЗНА СИРОВИНА, ГІДРОЛІЗ, РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ АПАРАТ.*

KEYWORDS*: BIOETHANOL, LIGNOCELLULOSIC RAW MATERIAL, HYDROLYSIS, ROTARY-PULSATION APPARATUS.*

Мета роботи: - розробка енергоефективного обладнання та технології виробництва сусла при отримані біоетанолу з лігноцелюлозної сировини.

На даний час відбуваються глобальні зміни в структурі виробництва енергії. Світові запаси нафти зменшуються з кожним роком, отже потрібно активно й ефективно вирішувати проблему заміни нафтових паливно-енергетичних ресурсів на альтернативні, бажано рослинного походження.

Частка різних видів біопалива в загальному обсязі споживання енергії становить близько 14%. Головна перевага біопалива в тому, що це поновлювальний ресурс. Для виробництва біоетанолу використовується цукро- або крохмалевмісна сировина, а також лігноцелюлозовмістна сировина. Одержання біоетенолу з лігноцелюлозовмістної сировини знаходиться на етапі експериментальних та дослідно-промислових випробувань. Головною причиною є труднощі, які виникають процесі попередньої підготовки такої сировини до гідролізу, що пов'язано з руйнуванням міцної структури лігноцелюлозного комплексу, видаленням лігніну і переведенням кристалічної целюлози в аморфний стан, придатний для подальшої обробки.

В Інституті технічної теплофізики НАН України було розроблено універсальну ресурсо- та енергозберігаючу тепломасообмінну установку, що працює за принципом дискретно-імпульсного введення енергії. Апаратурно-технологічну схему установки представлено на рис.1.

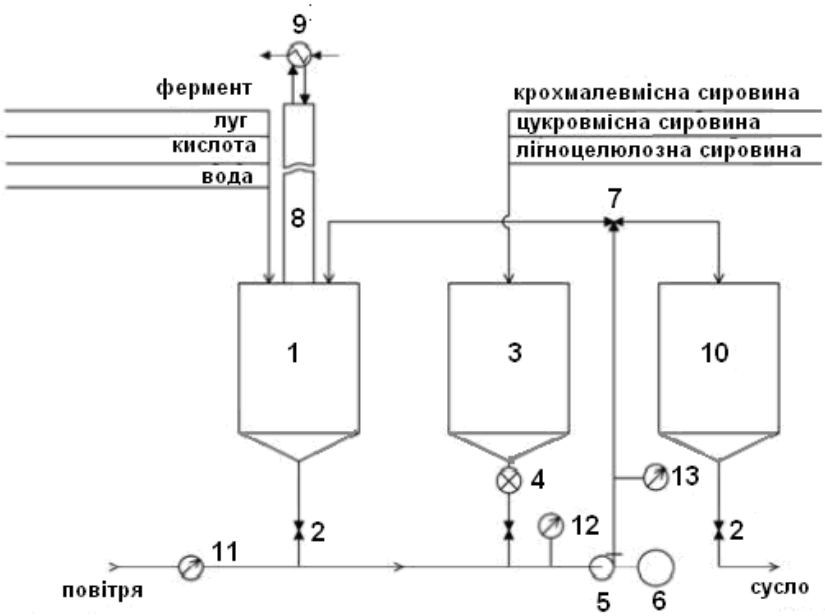


Рис.1. Апаратурно-технологічна схема приготування сусла в технології біоетанолу: 1-приймальний бункер; 2-двоходовий кран; 3-бункер для подачі сировини; 4-дозатор; 5-роторно-пульсаційний апарат; 6-електродвигун; 7-триходовий кран; 8- ректифікаційна колона; 9-дефлегматор; 10-збірник готового сусла; 11-ротаметр; 12-вакуумметр; 13-манометр.

Розроблена установка дозволяє проводити окремі операції, які передбачено технологією приготування сусла, а саме диспергування, перемішування, розчинення, нагрівання, гідроліз, одночасно в одному апараті. Це дає можливість зменшити тривалість процесу попередньою підготовки сировини до гідролізу в 1,5…2 рази, знизити температуру процесу до 90…95^{0}С та зменшити енерговитрати на 20…25%.

Висновки.

Показано, що використання біоетанолу в якості добавки до моторного палива є затребуваним у світі. Практично весь об’єм біоетанолу (99,8%) виробляється з цукро- та крохмалевмісної сировини. Масове виробництво біоетанолу з лігноцелюлозовмісної сировини відсутнє через високу собівартість та брак відповідного енергозберігаючого обладнання та технології. Для вирішення цього питання в Інституті технічної теплофізики НАН України було розроблено універсальне енерго- та ресурсозберігаюче тепломасообмінне обладнання та технологію.

UDC 661.72

HEAT EXCHANGER MODERNIZATION FOR METHANOL DISTILLATION UNIT

student Stepura G.A., candidate of technical sciences, associate professor Stepaniuk A. R.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ANNOTATION: The heat exchanger scheme is described, the advantages and disadvantages of its design are given. Proposals for the modernization of the heat exchanger design are given, and the justification for this modernization is also presented.

KEYWORDS: HEAT EXCHANGER,REFRIGERATOR, PARTITION, REYNOLDS. PARTITION WITH PERFORATION

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ УСТАНОВКИ ВИБРОВНИЦТВА МЕТАНОЛУ

студент Степура Г.А.. канд. техн. наук, доцент Степанюк А. Р.

Національний технічний університет України

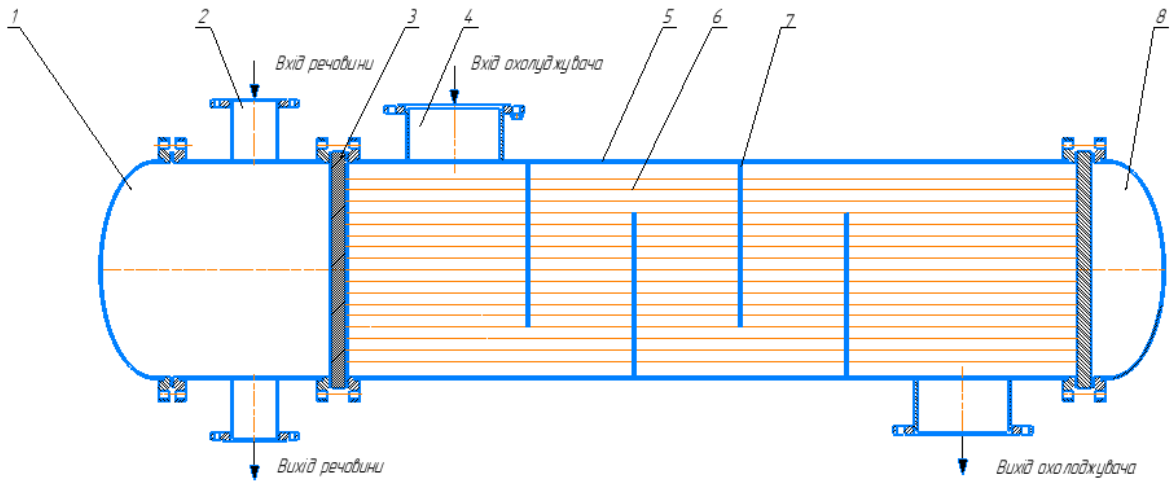
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

АНОТАЦІЯ: *Описано схему теплообмінника, наведено пеерваги і недоліки його конструкції. Наведено пропозиції модернізації конструкції теплообмінника та викладено і обгрунтування цієї модернізації.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕПЛООБМІННИК, ХОЛОДИЛЬНИК, ПЕРЕГОРОДКА, РЕЙНОЛЬДС. ПЕРЕГОРОДА З ПЕРФОРАЦІЄЮ

The purpose of the work ismodernization of the heat exchanger for the methanol production plant. In a given heat exchanger-refrigerator, a substance that needs to be cooled to the desired temperature enters the intertube space, the coolant in this system is water entering the intertube space.

The diagram of a shell-and-tube refrigerator is shown in Figure 1.1.



1 – distribution chamber; 2 – substance flanges; 3 – tube grid; 4 – cooler flanges; 5 – housing; 6 – tube; 7 – partition; 8 – cover.

Figure 1.1–Schematic diagram of the shell-and-tube refrigerator design

Advantages:

1. Simple design that allows the device to be used in various technological processes.

2. The reliable design of the device allows its use in a wide range of heating or cooling liquids.

3. Due to the reliability mentioned above, it allows the device to be used with contaminated substances.

Disadvantages:

1. Large dimensions of the device are possible, which complicates the installation and operation of the equipment.

2. Due to the large size, a high amount of effective surface area is lost.

Figure 1.2. schematically shows the fluid path in the intertube space of the heat exchanger. The hatching shows stagnant zones, in which the heat exchange conditions deteriorate. To reduce the impact of stagnant zones, it is proposed to install perforated partitions.

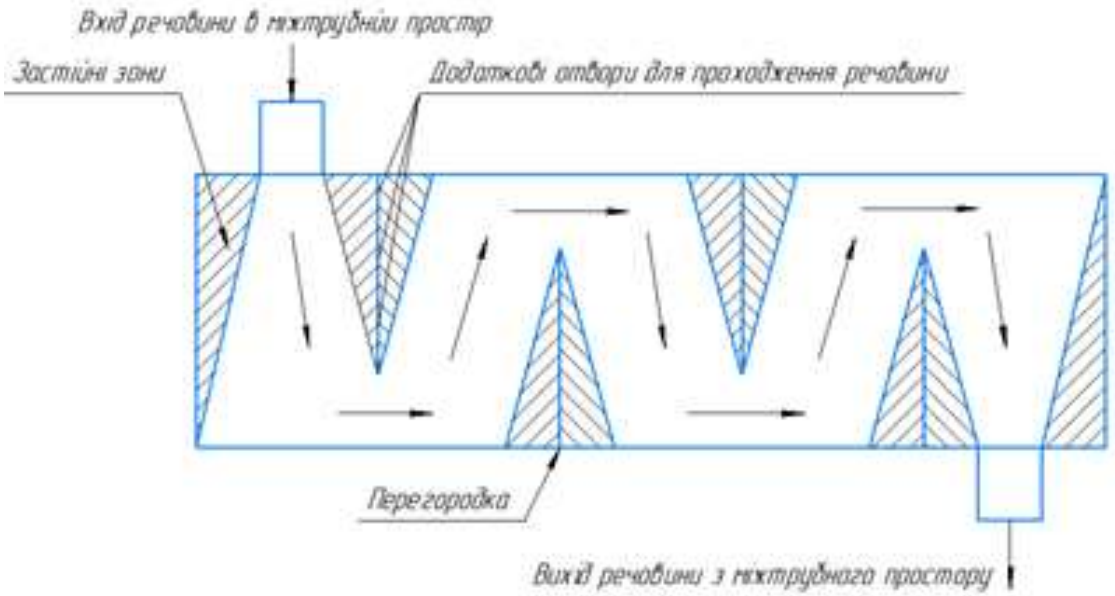


Figure 1.2 – Schematic representation of the movement of matter

Figure 1.3 shows a perforated partition. Moreover, the perforation is made unevenly. A larger number of holes is made on the side where the partition joins the shell, the number of holes decreases towards the cut-off segment.

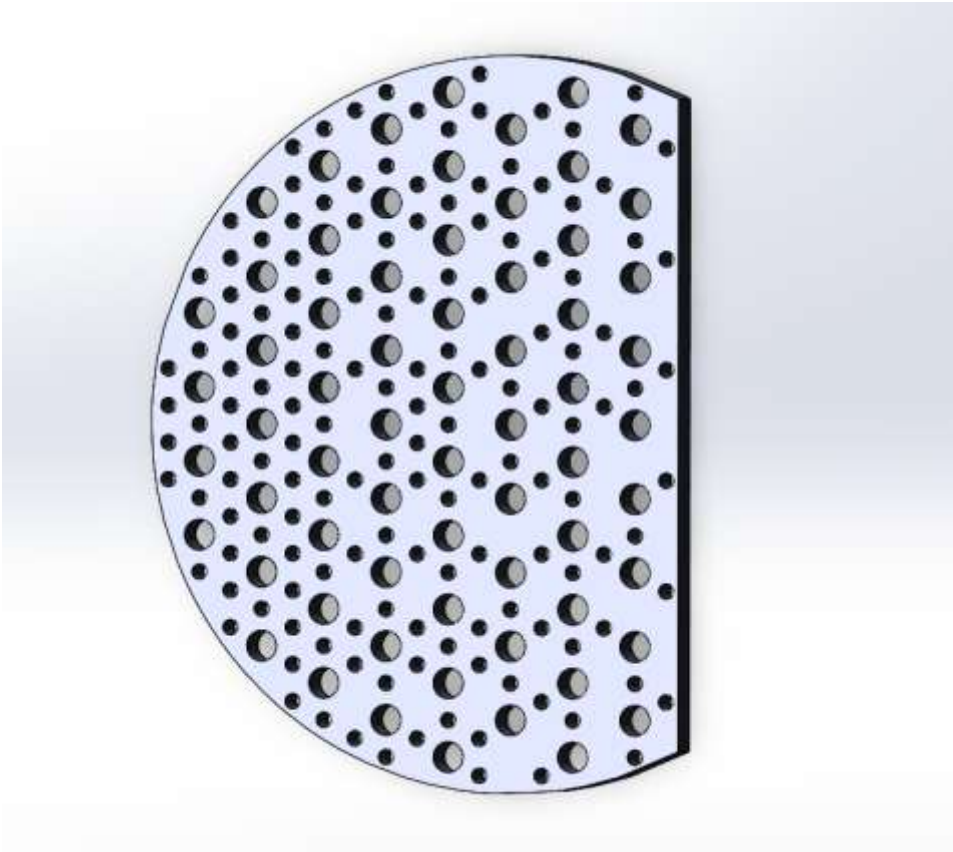


Figure 1.3 – Perforated partition.

This will allow the fluid to flow between the partitions. This will reduce the size of the stagnation zone at the point where the partition is attached to the body, and as a result will increase the heat transfer area. Figure 1.2.

The above-proposed improvement will allow to increase the effective heat exchange surface, and also, if the design of the device allows, to reduce its overall dimensions, due to the above-mentioned increase in the effective area.

List of links

1. Stepura G.A., Stepaniuk A. R. (2024). Collection of abstracts of the XXXV All-Ukrainian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "Equipment of chemical production and building materials enterprises".– K.; 28.11.2024. - S. 48-55

УДК 66.06

КОНСТРУКЦІЯ СТЕНДУ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ РОТОРНО-СТАТОРНОГО ЗМІШУВАЧА ПРОТОЧНОГО ТИПУ

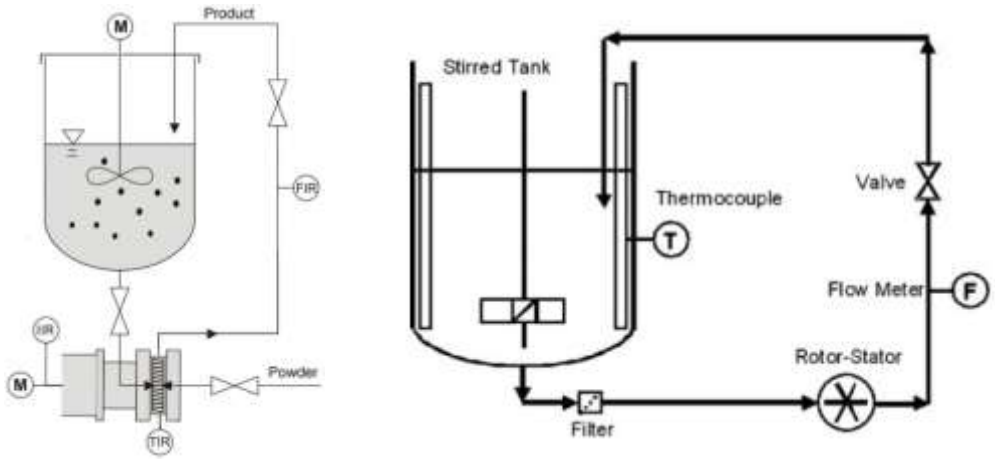
аспірант Гомонюк С.В.; к.т.н., доцент Семінський О.О.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Роторно-статорні змішувачі проточного типу застосовуються в широкому спектрі промислових процесів. Завдяки своїй конструкції роторно-статорні змішувачі забезпечують комплексний вплив на оброблюване середовище для ефективного диспергування, емульгування, гомогенізації рідких та пастоподібних матеріалів. Крім того, апарати проточного типу забезпечують безперервну обробку продукту, що дозволяє краще контролювати процес змішування, зменшувати час обробки та покращувати якість кінцевого продукту.

За результатами проведеного інформаційно-аналітичного огляду визначено, що доцільно використовувати компонування експериментальної установки, в якій роторно-статорний змішувач працює в рециркуляційному контурі з резервуаром. Така схема широко використовується на виробництві та у наукових дослідженнях для аналізу ефективності змішування та енергоспоживання. Вона забезпечує зручність проведення вимірювань, має компактні розміри та мінімізує витрату рідини. (деякі з варіантів експериментальних установок наведені на рис. 1).



а) б)

Рисунок 1. Варіанти експериментальних установок:

а) дослідження [1]; б) дослідження [2]

В досліджені [1] резервуар з продуктом розташовувався над роторно-статорним змішувачем таким чином, щоб продукт під дією сили тяжіння потрапляв у змішувач, після обробки у змішувачі, продукт повертається в резервуар під дією насосного ефекту. Проведено вимірювання електричної потужності, частоти обертання ротора, температури продукту в змішувачі та витрати на виході змішувача.

Експериментальна установка яка використовувалась в дослідженнях [2] складається з проточного роторно-статорного змішувача в контурі рециркуляції перемішувального резервуара, після виходу з резервуара рідина проходить через вбудований фільтр та потрапляє на змішувач, на виході з якого рідина проходить через витратомір (для регулювання витрати використовується вентиль). Різниця тиску на головці ротора-статора вимірюється за допомогою манометрів на головному трубопроводі.

На основі проведеного огляду здійснено синтез схеми експериментального стенду (рис. 2) для оцінки ефективності роторно-статорних змішувачів.

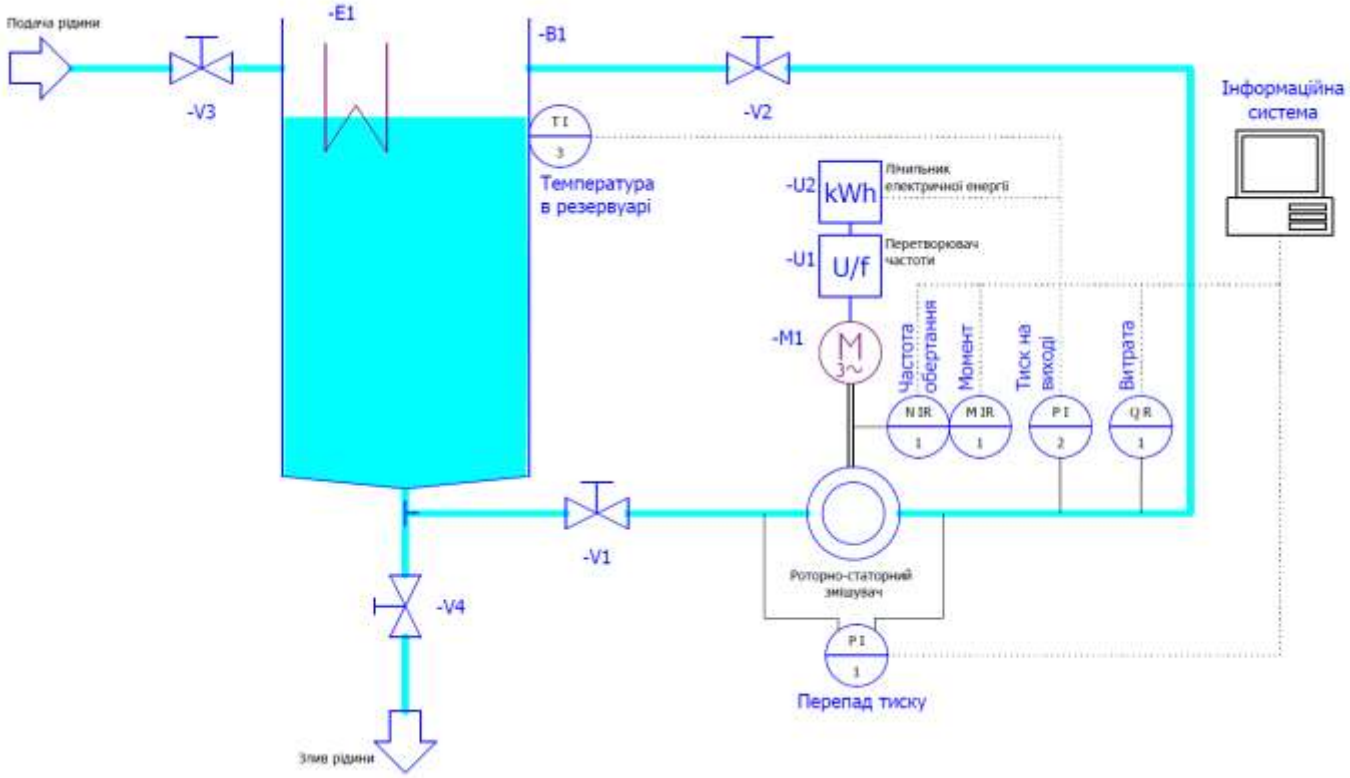


Рисунок 2. Схема стенду для дослідження роторно-статорного змішувача

Стенд складається з роторно-статорного змішувача, який працює в рециркуляційному контурі резервуара. Для приводу змішувача встановлено електричний двигун потужністю 2,2 кВт з номінальною частотою обертання 3000 об/хв., який під'єднаний до частотного перетворювача, для можливості регулювання швидкості обертання ротора змішувача. Для контролю параметрів технологічного процесу встановлені наступні контрольно-вимірювальні пристрої:

1. Датчик крутного моменту та частоти обертання валу ротора, встановлений між електричним мотором та змішувачем. Датчик дозволяє виміряти крутний момент до 10 Нм та частоту обертання ротору до 10000 об/хв. Виміряні значення дають можливість визначення корисної потужності змішувача.

2. Витратомір, встановлений на виході змішувача, для вимірювання кількості рідин, що проходить через змішувач (діапазон вимірювання від 1 до 25 л/хв.).

3. Датчик перепаду тиску на вході та виході змішувача для оцінки ефективності насосного режиму (діапазон вимірювання від -100 кПа до 100 кПа).

4. Датчик температури рідини в резервуарі.

5. Аналізатора параметрів мережі, встановлений на вході частотного перетворювача для контролю спожитої електроенергії.

Результати вимірювання виводяться в інформаційну систему для подальшої обробки та аналізу.

Експериментальний стенд дозволить дослідити режими роботи різних варіантів конструкцій роторно-статорних змішувачів, зокрема виявити вплив їх конструкційних та режимних параметрів на гідромеханічні та енергетичні характеристики апаратів. Вибране компонування експериментального стенду забезпечує зручність дослідження енергоефективності роторно-статорних змішувачів, а також визначення ефективності технологічних процесів при обробці речовин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. B. Schönstedt, H.J. Jacob, C. Schilde, A. Kwade, Scale-up of the power draw of inline-rotor–stator mixers with high throughput, Chem. Eng. Res. Des. 93 (2015) 12–20.
2. G. Ozcan-Taskin, D. Kubicki, G. Padron, Power and flow characteristics of three rotor–stator heads, Can. J. Chem. Eng. 89 (2011) 1005–1017.

УДК 661.72

ЧАСТОТА ПУЛЬСАЦІЙ, ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ КОМПЛЕКСНОЇ ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА РОЗМІР ЧАСТОК РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

д-р. техн. наук Ободович О.М.[1], канд. техн. наук Булій Ю.В.[2],
канд. техн. наук Сидоренко В.В.[1], Парченко В.М.[1], Хоменко В.О.[1]

[1]Інститут технічної теплофізики НАН України

[2] Національний університет харчових технологій

Анотація: Розглянуто вплив частоти пульсацій робочого вузла роторно-пульсаційного апарата на розмір часток водних дисперсій соломи пшеничної. Визначено, що збільшення частоти пульсацій від 1 до 3 кГц кількість циклів зменшується з 42 до 30. При зміні частоти пульсацій від 1 до 5 кГц кількість циклів знижується до 27.

Abstract: The impact of the pulsation frequency of the working unit of the rotor-pulsation apparatus on the particle size of aqueous dispersions of wheat straw was considered. It was determined that increasing the pulsation frequency from 1 to 3 kHz reduces the number of cycles from 42 to 30. When changing the pulsation frequency from 1 to 5 kHz, the number of cycles decreases to 27.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПАЛИВНИЙ ЕТАНОЛ, ПОПЕРЕДНЯ ПІДГОТОВКА, ВИДАЛЕННЯ ЛІГНІНУ, ІМПУЛЬСИ ТИСКУ, РЕАКТОР-ЗМІШУВАЧ

KEYWORDS: FUEL ETHANOL, PRETREATMENT, GRINDING, HYDROMECHANICAL PROCESSING, REACTOR MIXER

Основним недоліком виробництва етанолу з лігноцелюлозної сировини є висока вартість, що обумовлена наявністю в лігноцелюлозній сировині геміцелюлоз та лігніну [1]. Враховуючи особливості структурних та хімічних

факторів, що визначають її стійкість до дії ферментів, необхідним етапом в технології отримання етанолу другого покоління є етап попередньої підготовки до гідролізу [2]. Останніми роками, з огляду на актуальність розвитку альтернативної енергетики, зростає кількість дослідницьких робіт, присвячених впливу ключових факторів обробки, зокрема розміру часток сировини, на результати гідролізу та наступного етапу вилучення спирту. За обробки в ротаційних реакторах, заснованих на відцентрових насосах, сировина піддається додатковому впливу теплофізичних факторів, що сприяють подальшому збільшенню ступеня дисперсності сировини, збільшуючи питому поверхню целюлозного матеріалу [3].

Метою досліджень є визначення впливу комплексу теплофізичних явищ гідромеханічної обробки на розмір рослинної сировини протягом попередньої підготовки її до гідролізу в технології отримання паливного етанолу

Матеріали і методи. Експерименти проводилися на соломі пшениці і кукурудзи розміром частинок ≤ 1 мм. Обробку водної дисперсії соломи проводили на тепломасообмінній установці з роторно-пульсаційним апаратом в якості реактора-змішувача. Визначення гранулометричного складу соломи проводили методом ситового аналізу.

Умови обробки були наступними: відношення тв. речовина/ рідина 1:10; тривалість обробки 1 … 50 циклів; швидкість зсуву потоку $20 \cdot 10^3$ $с^{-1}$ та частота пульсацій 1… 5 кГц .

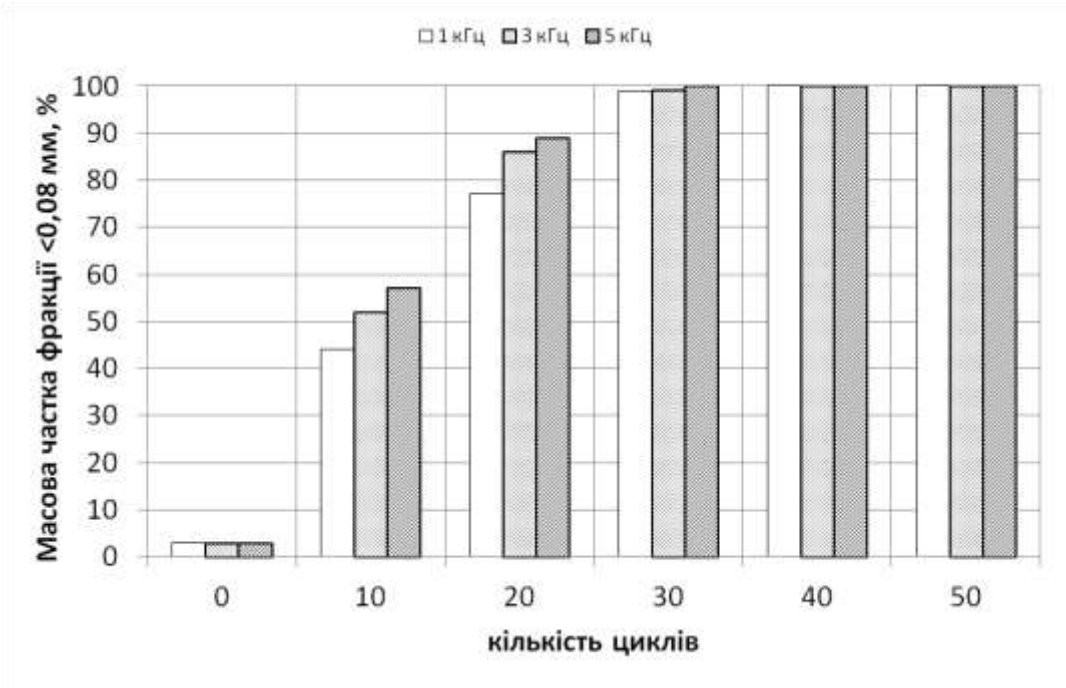


Рис. 1 . Залежність вмісту масової частки фракції часток маси пшеничної соломи менше 80 мкм від кількості циклів обробки та частоти пульсацій

При обробці водної дисперсії соломи пшениці в реакторі-змішувачі з частотою пульсацій 1 кГц для досягнення розміру 100% часток менше за 0,8 мм необхідно 42 цикли. При збільшенні частоти пульсацій від 1 до 3 кГц кількість циклів зменшується до 30 (тобто ≈30%) При зміні частоти пульсацій від 1 до 5 кГц кількість циклів знижується до 27 (тобто ≈35%).

Висновок:

Отримані дані свідчать про те, що обробка водної дисперсії рослинної сировини в ротаційних реакторах, заснованих на відцентрових насосах на етапі попередньої підготовки рослинної сировини до гідролізу, що відбувається після етапу механічного подрібнення рослинної сировини, призводить до доподрібнення частинок сировини. Визначено, що зміна операційних параметрів реактора-змішувача, що є роторно-пульсаційним апаратом, в якому відбувається етап попередньої підготовки сировини до гідролізу, дозволяє змінювати дисперсність сировини, що обробляється. Знайдено оптимальні операційні параметри для вибраної конструкції реактора-змішувача для

досягнення максимальної площі поверхні частинок рослинної сировини, що сприяє наступному етапу ферментативного гідролізу в технології отримання паливного етанолу.

Перелік посилань:

1. Ye Sun, Jiayang Cheng Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*. 2002. vol. 83, Issue 1. pp. 1-11, https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00212-7

2. Zoghlami A., Paës G. Lignocellulosic Biomass: Understanding Recalcitrance and Predicting Hydrolysis. *Frontiers in Chemistry*. 2019. 7. https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00874

3. Bimestre, T.A., Júnior, J.A.M., Canettieri, E.V. et al. Hydrodynamic cavitation for lignocellulosic biomass pretreatment: a review of recent developments and future perspectives. *Bioresour. Bioprocess*. 2022. 9, 7. https://doi.org/10.1186/s40643-022-00499-2

УДК 66.061:621.693.3

RESEARCH OF THE EXTRACTION PROCESS UNDER THE INFLUENCE OF THE CAVITATION MECHANISM IN COMBINED HYDRODYNAMIC DEVICE

Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher Georgiy Ivanitsky, Ph.D., senior researcher Liubov Gozhenko,
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. *The study of the intensification of the extraction process of biologically active substances (BAS) from plant raw materials using the cavitation mechanism in combined hydrodynamic equipment is presented. The use of combined hydrodynamic equipment in a cavitation extractor is justified. It has been established that the selected and modeled design of combined hydrodynamic equipment ensures intensification of the extraction of BAS from plant raw materials.*

KEY WORDS: EXTRACTION, VENTURI NOZZLE, CAVITATION, PULSATION-TYPE CAVITATION REACTOR.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ ПІД ВПЛИВОМ КАВІТАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ 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. Целень 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 застосуванні кавітаційного механізму в комбінованому гідродинамічному*

обладнанні. Обґрунтовано застосування у кавітаційному екстракторі комбінованого гідродинамічного обладнання. Встановлено, що вибрана і змодельована конструкція комбінованого гідродинамічного обладнання забезпечує інтенсифікацію вилучення БАР з рослинної сировини.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕКСТРАКЦІЯ, СОПЛО ВЕНТУРІ, КАВІТАЦІЯ, КАВІТАЦІЙНИЙ РЕАКТОР ПУЛЬСАЦІЙНОГО ТИПУ.

Today, the feasibility of using the cavitation mechanism in technological devices has been scientifically substantiated [1]. In the IET of NAS of Ukraine, based on the modification of the existing cavitation pulsator [2, 3], a fundamentally new type of pulsation-type extractor was created, in which, for the first time, a combined hydrodynamic device was used to enhance cavitation effects. The novelty of the design lies in the fact that a Venturi nozzle of a given geometry is placed in the middle of the connecting pipe between the chamber and the tank. When a liquid, the velocity of which periodically changes in magnitude and direction, passes through the pipe, a periodic change in pressure occurs in the nozzle and dynamic cavitation effects are created, which collectively contributes to the convective transport of the target substance through the capillaries and pores of the raw material particles. As previous studies of the device have shown, the use of a Venturi nozzle in a pulsating extractor significantly reduces extraction time, creates the opportunity to crush particles and significantly increase the yield of the target substance. Another feature of the device's design is that, unlike the traditional scheme, the working chamber is placed under the loading container.

The new design of the device does not affect its operating modes, but prevents the accumulation of air inside the working chamber during operation, which intensifies the extraction process. In this case, the speed and direction of the flow through the nozzle in the Venturi nozzle periodically changes, which requires the special development of an analytical method for calculating the optimal operating modes of the device. A Venturi nozzle, when used in recirculation systems as a

cavitator, operates under conditions where a steady, turbulent, unidirectional flow of fluid continuously passes through the nozzle. This allows for the determination of the rational geometry of the nozzle and the optimal operating modes.

In a pulsating extractor with a combined hydrodynamic device, a wide range of cavitation mechanisms is initiated, which allows processing raw materials with a wide range of structural, mechanical and rheological characteristics with relatively low energy consumption. The peculiarity of designing thermal technologies using the new apparatus is the study of the main dynamic effects in a pulsating extractor with a combined hydrodynamic device depending on the change in pressure in the liquid over time, the dependences of the change in the size of cavitation cluster bubbles over time, and pressure pulses during cavitation collapse of cluster bubbles in these zones.

The obtained results of analytical studies in a pulsating extractor allow us to analyze the conditions for initiating cavitation effects in the liquid path of the apparatus. The values of the pressure change over time in the liquid during 5 treatment cycles are the same for both analytical calculations and experimental ones. The calculated values indicate that the criteria for the effectiveness of the cavitation effect are met. The peak values of the local pressure at the moment of the cavitation cluster collapse are in the range of 0.3 - 0.6 MPa. Theoretical analysis of the results of experimental studies of the extraction process from plant raw materials, conducted on pulsating extractors with combined hydrodynamic devices, allows us to recommend optimal dynamic and thermal modes of cavitation treatment for a specific type of raw material.

Reference:

1. Parag R. Gogate P.R. Hydrodynamic Cavitation for Food and Water Processing //Food Bioprocess Technol.–2011. –Vol.4, No.6, pp 996–1011. http://dx.doi.org/10.1007%2Fs11947-010-0418-1

2. Ivanitskyi G. K., Chayka O. I., Gozhenko L. P. (2015). Zastosuvannia kavitatsiynoho reaktora pulsatsionnoho typu dlia ekstrahuvannia z roslynnoi

syrovyny [The use of pulsating cavitation reactor type for extraction of plant raw material]. Naukovi pratsi ONAKHT [Scientific Works]. 2 (47). 138 – 142. https://doi.org/10.15673/swonaft.v1i47.419 [in Ukrainian].

3. Hozhenko L., Ivanitsky G., Tselen B., Radchenko N., Nedbailo A. The application of hydrodynamic cavitation methods to increase the efficiency of the process of extracting biologically active substances from the walnut septums // Acta Periodica Technologica 2024 Issue 55, Pages: 215-223 https://doi.org/10.2298/APT2455215H

МОДЕРНІЗАЦІЯ МІКСЕРА УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВІДНОВЛЕНОГО СОКУ

студент Еквіст Н.І.

Національний технічний університет України

" Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського "

АНОТАЦІЯ: В даній роботі наведено дослідження технічного та технологічного покращення працездатності міксера. Обґрунтовано напрями модернізації міксера.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МІКСЕР, СІК, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

В основі виробництва лежить отримання соку з підвищеною біологічною та харчовою цінністю та зменшенням енергетичних втрат. Одночасно апарати для виробництва фруктового соку мають бути прості за будовою та структурою, бути зручними в експлуатації та мобільні [1].

Вибір типу міксера є критичним етапом, оскільки від цього залежить не лише ефективність технологічного процесу, а й економічні показники виробництва. На сьогодні у харчовій промисловості використовуються різні типи міксерів, зокрема лопатеві, пропелерні, шнекові, турбінні та струменеві [1]. Кожен із них має свої переваги й недоліки, які визначають доцільність використання в конкретних умовах [2,3].

При виборі типу міксера важливо враховувати специфіку виробництва, обсяги продукції, фізико-хімічні властивості сировини та економічні аспекти. У випадку соків із концентрату основними критеріями вибору є:

1. Забезпечення однорідності продукту є ключовою вимогою до міксера. Пропелерні міксери завдяки осьовому потоку забезпечують високу якість змішування [4].

2. У виробництві великих обсягів продукції важливо мінімізувати час змішування. Пропелерні міксери характеризуються високою швидкістю обробки сировини [5].

3. Зниження витрат на енергоресурси є одним із пріоритетів сучасних виробників. Пропелерні міксери мають оптимальне співвідношення між споживаною енергією та продуктивністю [6].

4. Простота конструкції пропелерного міксера знижує його вартість порівняно з іншими типами міксерів [7].

5. Модульна конструкція пропелерного міксера спрощує його очищення, ремонт і заміну деталей [8].

У технологічній схемі виробництва соків із концентрату міксер розташовується після етапу підготовки води та перед етапом пастеризації. Це дозволяє забезпечити оптимальні умови для змішування компонентів, оскільки на цьому етапі вода вже має необхідну температуру та склад [9]. Крім того, після змішування продукт одразу подається на нагрівання, що мінімізує ризик утворення осаду або розшарування [10].

У сучасних виробництвах все частіше використовуються автоматизовані системи управління міксерами, що дозволяють контролювати параметри процесу в реальному часі. Такі системи забезпечують точність дозування компонентів, регулювання швидкості обертання міксера та контроль температури. Це не лише підвищує ефективність технологічного процесу, але й дозволяє зменшити втрати сировини та енергоресурсів [11].

Окрім технічних характеристик, важливо враховувати екологічні аспекти використання міксера. Сучасні конструкції передбачають мінімізацію шумового забруднення та зниження викидів у довкілля [12]. Це відповідає сучасним тенденціям сталого розвитку та підвищує конкурентоспроможність виробництва на міжнародному ринку.

Для забезпечення високої продуктивності важливо правильно підібрати параметри міксера, зокрема діаметр пропелера, частоту обертання та висоту встановлення. Наприклад, дослідження показують, що збільшення діаметра пропелера дозволяє покращити рівномірність змішування, проте вимагає підвищення потужності двигуна. Таким чином, оптимізація параметрів міксера є важливим етапом його проектування.

У результаті аналізу було обрано пропелерний міксер із п'ятьма лопатями, що забезпечує високу швидкість та рівномірність змішування концентрату з водою. Ця конструкція відповідає вимогам сучасного виробництва, включаючи енергоефективність, простоту обслуговування та відповідність міжнародним стандартам якості [11].

Посилання

1. СПОСІБ ВИРОБНИЦТВА РОЗДІЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТУ З ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ : пат. 113473 Україна : A23B 7/005. № u 2016 08400 ; заявл. 29.07.2016 ; опубл. 25.01.2017, Бюл. № 2.

2. Сидоренко І. М., Коваленко П. С. Обладнання харчових виробництв: навч. посіб. Харків: ХДУХТ, 2017. 280 с.

3. Іванченко Л. П. Аналіз сучасних конструкцій міксерів для харчової промисловості. Харчова наука і технологія. 2019. № 3. С. 45–52.

4. Кунік А. Експертна оцінка якості соків та нектарів вітчизняного виробництва. Вісник ТНТУ. 2017. № 2. С. 30–31.

5. Горбенко І. В. Технологічне обладнання харчових виробництв: підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2016. 400 с.

6. Мельник О. П. Вплив конструктивних особливостей міксерів на якість змішування сокових концентратів. Харчова промисловість. 2018. № 4. С. 22–28.

7. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.

8. Семенюк В. Г. Енергоефективність процесів змішування в харчовій промисловості. Енергозбереження. 2019. № 1. С. 15–20.

9. Ковальчук О. Д. Основи проектування харчових виробництв: навч. посіб. Львів: ЛНУ, 2015. 350 с.

10. Ткаченко Н. В. Вплив режимів змішування на якість відновлених соків. Технології та інновації. 2020. № 3. С. 40–46.

11. ДСТУ 4518:2008. Соки та сокові продукти. Методи визначення якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 28 с.

12. Лисенко П. М. Модернізація обладнання для виробництва соків: досвід та перспективи. Харчова індустрія. 2017. № 2. С. 12–18.

УДК

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ КРИШКИ СКВОЗНОЇ

Нефьодова К. В., бакалавр; Щербина В.Ю., д.т.н., проф.,
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Виконана розробка програми для автоматизованого проектування кришки сквозної, що включає в себе автоматичне виконання 2D-креслення деталі та побудови 3D-моделі з можливістю налаштування розмірів за допомогою діалогового вікна. Програма може використовуватись як елемент автоматизованого проектування при виконанні конструкторських та проектних робіт.

Вступ. В сучасному машинобудуванні виникає всенагальніша потреба в оптимізації та автоматизації процесів проектування. Використання програмного забезпечення для автоматизованого створення 3D моделей значно зменшує час на розробку проекту, підвищує точність розрахунків та забезпечує зменшення кількості помилок, що виникають через людський фактор. Крім того, розроблені інструменти можуть бути використані для подальшого вдосконалення процесів проектування та виготовлення аналогічних деталей в інших сферах інженерії. Технології, що застосовуються для автоматизованого проектування кришки сквозної, можуть бути безпосередньо застосовані і до інших елементів каландрових машин і подібних механізмів, що дозволяє досягти високої точності, мінімізувати виробничі витрати та підвищити ефективність експлуатації обладнання.

Мета роботи: розробка програмного забезпечення для автоматизованого проектування кришки сквозної, яке б дозволяло ефективно створювати її тривимірні моделі та креслення у середовищі AutoCAD.

Математична модель. При створенні програм для автоматизованого проектування форм основою було обрано середовище AutoCAD, яке є найбільш поширеною інженерною системою для автоматизації проектування в Україні та світі. Розроблене програмне забезпечення використовує функціональну мову AutoLISP та мову для управління діалоговими вікнами DCL [1], що дозволяє здійснювати інтерактивне введення даних, значно пришвидшуючи процес створення проектної документації, а також забезпечує доступ до графічної бази даних для програмної обробки текстової та числової інформації [2].

Створена система має багаторівневу віконну структуру, що дозволяє швидко вводити або коригувати параметри та виконувати креслення деталі в 2D і 3D форматах. Процес введення та коригування даних відбувається в інтерактивному режимі за допомогою діалогового вікна, зображеного на рис. 1.

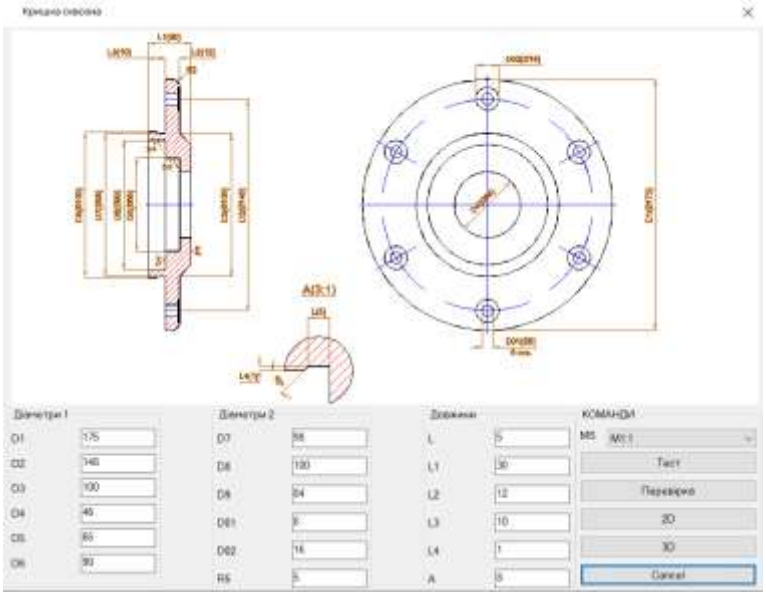


Рисунок 1 – Діалогове вікно уведення даних кришки сквозної

З рисунку видно, що діалогове вікно розділене на дві частини і друга в свою чергу на 4 вертикальних секцій, кожна з яких має свою назву для інтерактивного використання.

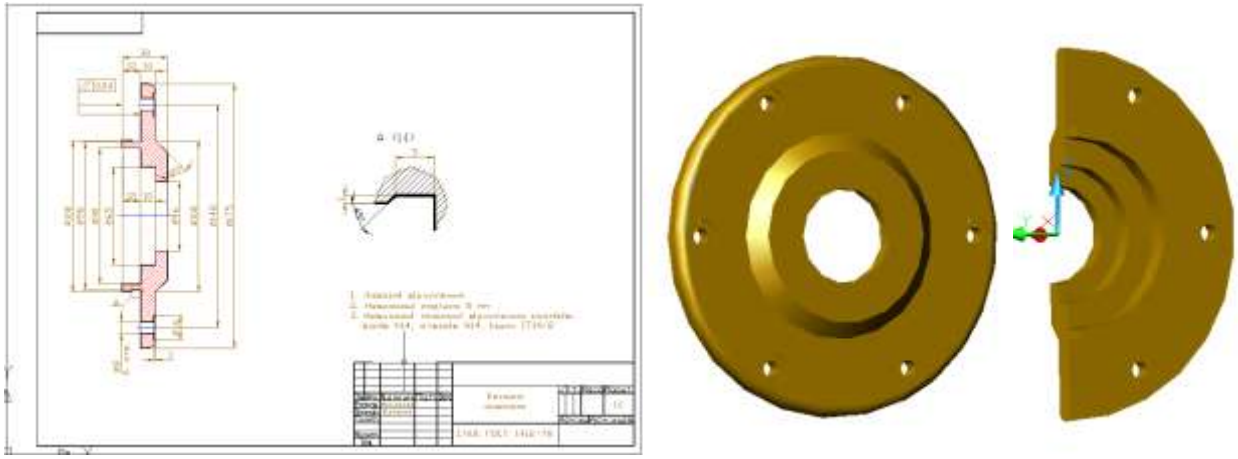
В верхній частині діалогового вікна, містить у собі схематичне зображення креслення. Для зручності, замість конкретних значень кожного

розміру використані короткі абревіатури, які співпадають з позначеннями, що знаходяться правіше.

В нижній частині 4 секції призначені для уведення розмірів деталі. Окремо виділені блоки для уведення значень діаметрів та довжини.

Остання частина КОМАНДИ діалогового вікна дозволяє обрати:

- масштабування деталі (присутні масштаби збільшення та зменшення);
- кнопку “Тест”, яка повертає клавіші до записаних в коді програми, для того, щоб можна було легко повернутись до побудови деталі (“За замовчуванням”);
- “Перевірка”. Кнопка виконує перевірку даних введених в активні поля діалогового вікна. У разі помилки з’являється системне вікно, в якому вказуються конкретні помилкові значення. У випадку вірного уведення відбувається повідомлення, що помилок знайдено. Без натиснення “Перевірки” кнопки “2D” та “3D” не активуються.
- “2D”. Виконує 2D-креслення деталі за заданими розмірами;
- “3D”. Створює 3D-модель деталі за заданими розмірами.
- “Cancel”. Вихід з меню діалогового вікна та відміна виконання програми.



а) б)

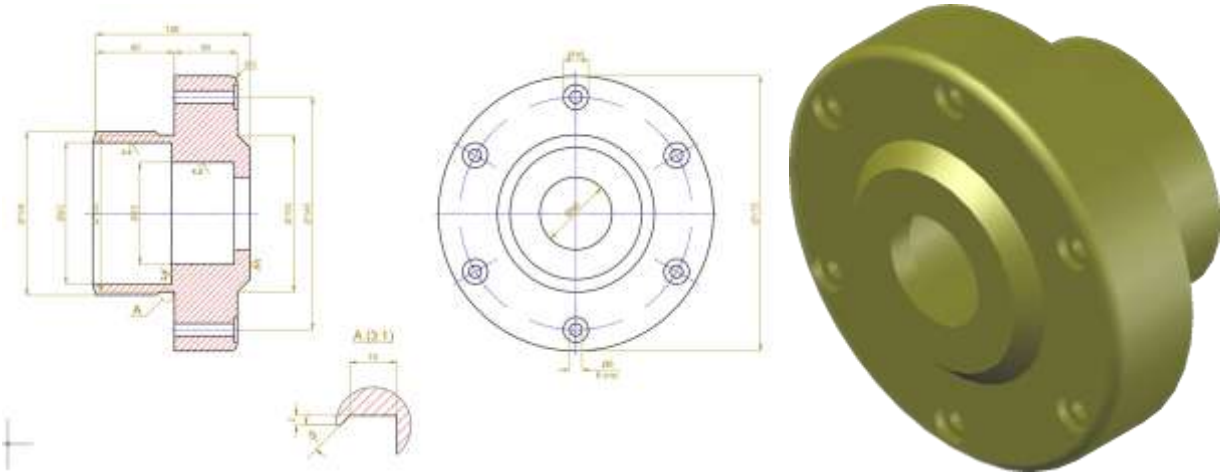
Рисунок 2 – Побудова типового креслення кришки

а) креслення деталі; б) твердотільна модель

На рис.3 приведені результати виконання креслення та 3D конструкції при уведенні базових даних для кришки сквозної.

Для креслення показаного на рисунку використовуються вихідні дані отримані з розрахунку базових технологічних параметрів деталі. Після уведення вказаних параметрів в діалогове вікно виконується розрахунок необхідних геометричних параметрів конструкції, будується 3D модель типу SOLID (рис. 2б) та виконується креслення шестерні (рис.2а). По 3D моделі, з допомогою візуального контролю користувач-проектувальник аналізує отриману деталь і при необхідності вносить необхідні зміни в конструкцію.

В програмі передбачена зміна та корегування функціональних параметрів в інтерактивному режимі з допомогою діалогового вікна. На рис.3 приведені результати виконання креслення при зміні основних розмірів базової деталі.



а) б)

Рисунок 3 – Побудова конструкції при зміні

а) 2D деталі; б) твердотільна модель

Потрібно зазначити, що створення 3D моделі конструкції типу SOLID передбачає не тільки візуальний контроль користувача але додатково дає можливість використовувати її при розрахунках на міцність в системах ANSYS, SOLIDWORKS, VESNA та їм подібним [3]. При цьому застосовується

можливість AutoCAD трансформувати 3D модель в формат <>.sat, який можливо використати у вказаних системах.

Таким чином розроблена програма може використовуватись як складовий елемент для вдосконалення методів автоматизованого проектування при виконанні конструкторських та проектних робіт в розробці нових та модернізації діючих механізмів приводу.

Висновки. Розробка та впровадження автоматизованого програмного забезпечення для проектування кришки сквозної в середовищі AutoCAD є значним кроком у напрямку вдосконалення процесів інженерного проектування. Використання функціональної мови AutoLISP та мови управління діалоговими вікнами DCL дозволило створити гнучкий та ефективний інструмент для створення як 3D моделей, так і 3D креслень валка каландра. Завдяки інтерактивному введенню та коригуванню параметрів, користувач отримує можливість оперативно адаптувати геометрію деталі відповідно до конкретних вимог без необхідності вручну вносити зміни в усі елементи проекту.

Інтерактивний режим уведення даних дозволяє швидко змінювати розміри та інші важливі характеристики деталі, що особливо важливо при проектуванні складних конструкцій, таких як валки каландра.

Запропоноване програмне забезпечення має великий потенціал для використання не лише в проектуванні кришки сквозної, але й у розробці інших складових частин технічних виробів, що дозволяє автоматизувати процеси проектування в різних галузях інженерії.

Перелік посилань

1. Конструкторське проектування обладнання. Курсовий проект [Електронний ресурс] / В.Ю. Щербина, А.О. Чемерис; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 38 с. http://ela.kpi.ua/handle/123456789/25664

2. САПР. Програмування на функціональній мові AutoLISP при проектуванні технологічного обладнання [Електронний ресурс] / В.Ю.Щербина, О.С.Сахаров, О.В.Гондлях, В.І.Сівецький. –К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 156 с. https://cpsm.kpi.ua/publikatsiji/knigi/731

3. САПР. Застосування програмного комплексу ВЕСНА в розрахунках процесів та обладнання з врахуванням термосилових навантажень. / О.С. Сахаров, В.Ю. Щербина, В.І. Сівецький, О.В. Гондлях: – Київ: “ЕКМО”, 2014. – 180 с.

УДК 66.06

МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТУ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ УСТАНОВКИ ОПРІСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ З УТИЛІЗАЦІЄЮ КОНЦЕНТРАТУ

студентка Процюк М.О., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто патент, який описує метод модернізації апарату зворотного осмосу, проаналізовано принцип дії та наведено переваги та недоліки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОДЕРНІЗАЦІЯ, АПАРАТ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ, ОЧИЩЕННЯ ВОДИ.

Abstract: A patent describing a method for modernizing a reverse osmosis apparatus has been reviewed, the operating principle has been analyzed, and its advantages and disadvantages have been presented.

Keywords: MODERNIZATION, REVERSE OSMOSIS APPARATUS, WATER PURIFICATION.

Розглянули патент CN222411147U [1], який описує апарат зворотного осмосу високого тиску для очищення стічних вод з високим вмістом солі, який зображений на рисунку 1 та рисунку 2.

Мембранний корпус 4 використовує один корпус мембрани зворотного осмосу (ЗО) та мембранний елемент (ЗО) високого тиску. Кожен мембранний корпус має вхід для води і дві виходу: один з яких – трубопровід для води, що проходить через мембрану, а інший – трубопровід для концентрованої води.

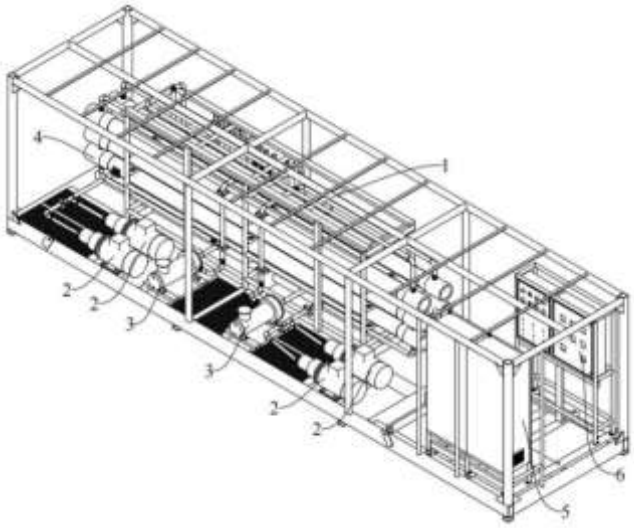


Рисунок 1 – Аксонометричний вигляд системи зворотного осмосу.

1 – каркас обладнання, 2 – плунжерний насос високого тиску, 3 – підкачувальний насос, 4 – мембранний корпус, 5 – панель керування, 6 – приладова коробка;

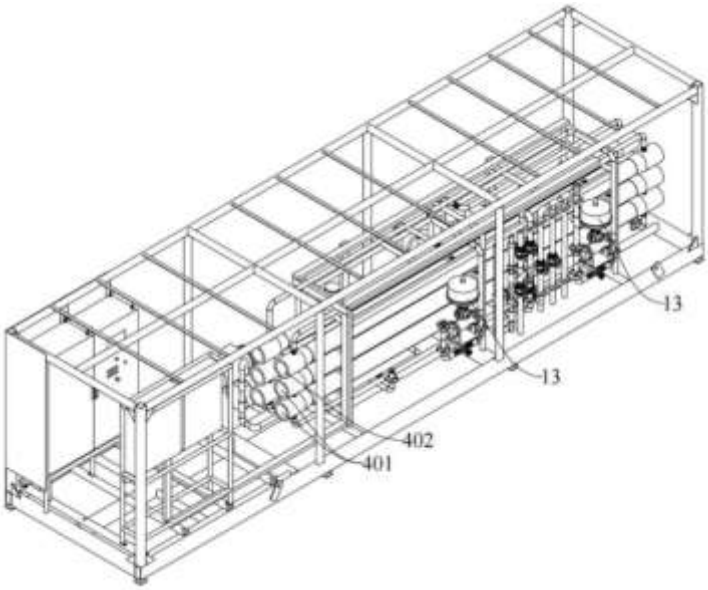


Рисунок 2 – інший аксонометричний вигляд системи зворотного осмосу.

13 – клапан регулювання потоку, 401 – два паралельних мембранних корпусу, 402 – третій мембраний корпус.

Принцип роботи системи: попередньо очищені високосолоні стічні води надходять до двох паралельних мембранних корпусів через плунжерний насос виского тиску для одноетапної обробки. Вода, що проходить через мембрану, виводиться через трубопровід для води, а концентрат виводиться через інший трубопровід. Далі концентрат піддається додатковому тиску за допомогою підкачувального насоса і надходить до третього мембранного корпусу для двоетапної обробки. Вода, отримана після двоетапної обробки, та вода, отримана після одноетапної обробки, з'єднуються і виводяться. Кваліфікована вода виводиться через трубопровід для кваліфікованої води, а некваліфікована вода – через трубопровід для некваліфікованої води; концентрат з третього мембранного корпусу виводиться в резервуар для концентрованої рідини.

Ця корисна модель досягає ефективного очищення високосоленої стічної води через застосування двоступінчастої обробки. Також забезпечує високий рівень відділення солей і забруднень з одночасним зменшенням кількості концентрату.

Перевагами цієї корисної моделі є: більш ефективне очищення води та зменшення кількості концентрату завдяки двоступінчастій обробці; використання підкачувального насоса задля підвищення тиску та швидкості потоку проходження через мембрану; встановлений клапан регулювання потоку, що дозволяє при щойно ввімкненій системі подати певний тиск на мембранний елемент (ЗО) високого тиску; дві системи очищення стічних вод розташовані на одному каркасі та працюють незалежно, забезпечуючи високу швидкість запуску, адаптацію до різних обсягів обробки та високу продуктивність.

Недоліками цієї корисної моделі є: завдяки використанню додаткових насосів підвищується енергетична витратність; великі габарити установки; висока вартість виробництва завдяки корпусу всієї системи, додаткових насосів і мембран високого тиску.

Висновок: Після аналізу патента, який має на меті покращити апарат зворотного осмосу, що запропоновані рішення виглядають перспективними для подальшого розгляду модернізації апарату зворотного осмосу установки опріснення води морської води з утилізацією концентрату.

Список використаної літератури:

1. High-pressure RO (Reverse Osmosis) equipment for treating high-salinity wastewater: пат. CN222411147U Китай: C02F1/44. Заявл. 04.02.2024; опубл. 28.01.2025.

URL: https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DCN222411147U

УДК 664.8.047: 536.66

INFLUENCE OF PRE-TREATMENT ON THE HEAT OF EVAPORATION OF WATER FROM PUMPKIN PARENCHYMAL TISSUES

Ph. D. Dmytrenko N.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

ABSTRACT. *The effect of various types of pretreatment on the heat of evaporation of moisture from pumpkin parenchymal tissues was researched. This data is necessary to development of optimal pumpkin drying technology.*

KEYWORDS: PUMPKIN, PRE-TREATMENT, DRYING, HEAT OF EVAPORATION

ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ НА ТЕПЛОТУ ВИПАРОВУВАННЯ ВОДИ З ПАРЕНХІМНИХ ТКАНИН ГАРБУЗА

к. т. н. Дмитренко Н. В.

Інститут технічної теплофізики НАН України

АНОТАЦІЯ. *Досліджено вплив різного виду попередньої обробки на теплоту випаровування вологи з паренхімних тканин гарбуза. Ці дані необхідні для розробки оптимальної технології сушіння гарбуза.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГАРБУЗ, ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА, СУШІННЯ, ТЕПЛОТА ВИПАРОВУВАННЯ.

Зростання виробництва сушених рослинних продуктів потребує розробки та вдосконалення технологій їх сушіння. Великий вміст поліфенолів, активність ферментів призводять до потемніння багатьох рослин під час переробки. Засобом збереження кольору, смаку, вітамінів у сушених рослинах є попередня обробка сировини. Не завжди умови максимального зниження ферментної активності співпадають з умовами, необхідними для досягнення максимальної швидкості сушіння рослин та мінімізації енерговитрат на процес.

Мета роботи – дослідити вплив різної попередньої обробки на витрати теплоти на випаровування вологи з паренхімних тканин гарбуза при сушінні.

Об'єкти та методи дослідження. Для дослідів взяли паренхімні тканини плодів гарбуза сорту «Новинка». Очищену сировину різали кружальцями діаметром 40 мм завтовшки 1-2 мм. Їх бланшували у киплячій воді 20 с, або обробляли 20 с НВЧ-випромінюванням потужністю 700 Вт в мікрохвильовій печі, або залишали свіжими. Підготовлені зразки сушили при температурі 60 ºС в диференціальному калориметрі випаровування ДМКИ-01.

Результати. Отримані значення зміни, при сушінні, питомих витрат теплоти на випаровування води з різних зразків гарбуза наведено на рис. 1.

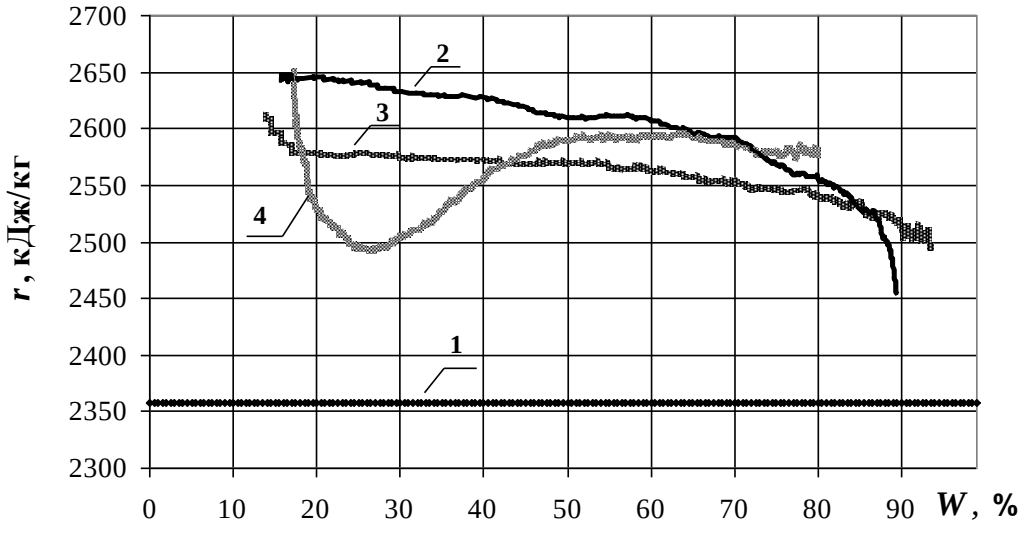


Рис.1. Зміна питомих витрати теплоти на випаровування чистої води (1), води з паренхімних тканин гарбуза свіжих (2), бланшованих у киплячій воді (3) та оброблених НВЧ-випромінюванням (4) під час сушіння при 60 ºС.

Висновки. Незалежно від того, чи були попередньо оброблені паренхімні тканини гарбуза, питомі витрати теплота на випаровування води з них підвищуються в процесі сушіння на 10…12 % відн. по відношенню до теплоті випаровування чистої води. Попереднє бланшування збільшує початкову вологість тканин гарбуза та зменшує питомі витрати теплоти на випаровування

води на ~ 2 % по відношенню до свіжих. Обробка НВЧ-випромінюванням зменшує початкову вологість тканин, а поява екзотермічного пика свідчить, ймовірно, про активацію процесу кристалізації цукрів всередині їх клітин.

UDC 664.0; 681.1;532.528

APPLICATION OF ROTARY-PULSATION DEVICE IN INVERT SUGAR SYRUP TECHNOLOGY

Dr. Sci., Professor Obodovych O.M. [1], PhD Pereiaslavtseva O.O. [1],
PhD Rezakova T.A. [1], PhD Chernyavsky K.E. [1], PhD Buliy Y.V.[2]
[1]Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine
[2]National University of Food Technologies

Abstract: *Experimental studies have proven the effectiveness of using a rotary-pulsation apparatus in the technology of invert sugar syrups, which allows intensifying the process of their production. Comparative characteristics of invert sugar syrup obtained by the existing and proposed methods are presented..*

Анотація: *Експериментальними дослідженнями доведено ефективність використання роторно-пульсаційного апарату в технології інвертних цукрових сиропів, що дозволяє інтенсифікувати процес їх отримання. Представлено порівняльні характеристики інвертного цукрового сиропу отриманого за існуючою та запропонованим способами.*

Keywords: *intensification, invert sugar syrup, rotary pulsation apparatus.*

Ключові слова*: інтенсифікація, інвертний цукровий сироп, роторно-пульсаційний аппарат.*

The need for natural sugar substitutes is increasing faster than their production. Invert sugar syrup is becoming an alternative source of sweet substances. Starch is produced from corn, wheat or barley, which, as a result of enzymatic hydrolysis, is converted into glucose, and then, as a result of isomerization, into invert sugar syrup. The simplest and most common method is the method of inverting sucrose with citric acid, but this method has a number of disadvantages, namely the high temperature of the process (80…100 ºC), long duration (up to 2 hours) and most importantly, the

inversion of sucrose by this method is carried out by no more than 55% due to the increased accumulation of oxylmethylfurfural (OMF) [1].

The purpose of the work is to intensify the process of obtaining invert sugar syrup from sucrose by using the treatment of a water-sugar solution in a rotary-pulsation apparatus. Intensification of the process of obtaining invert sugar syrup can be achieved by including a rotary-pulsation apparatus in the corresponding technological scheme [2].

Materials and methods. According to the proposed technology, sugar is mixed with water in a syrup-making apparatus to a mass fraction of dry substances of 65%, the resulting solution is boiled for 30 min., and cooled to a temperature of 70 0C. After that, a 25% solution of citric acid is added to the solution, then it is processed in a rotary-pulsation apparatus in the recirculation mode until complete hydrolysis of sucrose and then sent for cooling and storage. The characteristics of invert sugar syrup obtained by the existing and proposed technology are given in Table 1.

Table 1

Characteristics of invert sugar syrup depending on the method of its production

Method of receipt	Inversion temperature, ^{0}C	Inversion duration, min	The proportion of invert sugar obtained, %	Part of hydroxymethylfurfural, mg/1000 g
existing method	90	120	55	0,09
proposed method	70	5	100	-

Conclusion.

The use of a rotary-pulsation apparatus in the technology of invert sugar syrups will allow to intensify the process of their production, namely, to reduce the duration of inversion from 120 min. to 5 min., to increase the share of inverted sugar obtained

due to sucrose inversion from 55% with traditional technology to almost 100% due to complete sucrose inversion, eliminating the formation of oxymethylfurfural.

LITERATURE:

1. Василишина М.С. Определение оксиметилфурфурола в инвертированных сахарных сиропах/ М.С. Василишина, Э.С. Бондарева//Пищевая промышленность. – 1986. - №6. – С.86-88.

2. Долинский А.А. Роторно-пульсационный апарат. Сообщения 1,2,3 / А.А. Долинский, Б.И. Басок// Пром. теплотехника. – 1998. - №6. – С. 7-10; - 105 1999. - №1. – С. 35; - 1999. - №2,3. – С. 3-5.

УДК 66.08

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАГАТОКОРПУСНОГО ВИПАРНОГО АПАРАТУ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ВОДНЮ

доц., к.т.н. Гулієнко С.В., студент Правосудович О. Д.

Національний технічний університет України

" Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського "

АНОТАЦІЯ: Оглянуто 2 патенти, у яких було описано методи модернізації випарних апаратів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОДЕРНІЗАЦІЯ, ВИПАРОВУВАННЯ, ОГЛЯД ПАТЕНТІВ, ВОДЕНЬ.

ABSTRACT: Reviewed 2 patents, in which were described methods for modernizing of evaporating apparatus.

KEY WORDS : MODERNIZATION, EVAPORATION, PATENT REVIEW, HYDROGEN.

Розглянемо патент EP4411343A1 [1], який описує випарний апарат, який зображено на рисунку 1 і спосіб випаровування.

Випарні апарати використовуються у різноманітних сферах, від розробки ліків до лабораторій аналітичної хімії, часто для видалення розчинника із зразка шляхом випаровування розчинника. Контейнер із зразком, що містить зразок, який може містити аналіт у розчиннику, часто нагрівають для підвищення тиску пари розчинника. Нагрівання можна здійснити шляхом часткового занурення контейнера зі зразком у знову нагрівання з рідиною або резервуар, що нагрівається, наприклад водянуий контейнер з підігрівом. Щоб збільшити швидкість випаровування, в одному типі випарного апарату використовується сопло для направлення потоку газу в контейнер для зразка.

На рисунку 1 наведено схему випарного апарату.

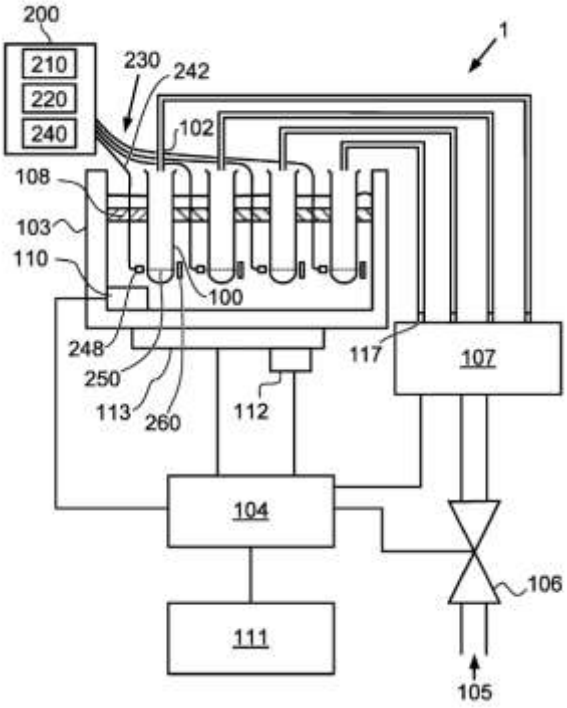


Рисунок 1 - схематичне креслення випарного апарату

На рисунку 1 зображено випарний апарат, який включає в себе тримач 108 для утримання контейнера 100. Випарний пристрій містить систему керування або систему виявлення рівня рідини, що містить джерело світла 210 та детектор світла 220, налаштований для виведення електронного сигналу, що вказує на характерну властивість світла, отриманого детектором світла 220. Система керування та/або система виявлення рівня рідини містить оптико-волоконний вузол 230, виконаний з можливістю передачі світла, випромінюваного джерелом світла 210 вздовж оптичного шляху 250 через щонайменше частину контейнера 100, коли він поміщений у тримач 108, і для передачі світла, яке поширюється вздовж оптичного шляху 250, до детектора 220 світла. Система керування та/або визначення рівня рідини система включає в себе контролер 240 в електричному контакті з детектором світла 220. Контролер 240 виконаний з можливістю отримання електронного сигналу та керування випарним пристроєм 1 для припинення випаровування на основі

електронного сигналу. Джерело 210 світла, детектор 220 світла і контролер 240 включені в блок 200 електроніки в цьому варіанті здійснення.

Оптоволоконний вузол 230 у цьому варіанті здійснення містить оптичне волокно 242, що містить кінець 248 оптичного волокна, і відбивач 260. Оптичний шлях 250 проходить від кінця 248 оптичного волокна до відбивача 260. Контейнер 100 для зразка розташований між кінцем 248 оптичного волокна та відбивачем 260. Оптичний шлях 250 проходить через контейнер 100 для зразка. У цьому випадку випаровування має бути припинено, коли рівень рідини падає і досягає або наближається до оптичного шляху 250. Конфігурація та функціонування вузла 230 оптичного волокна, джерела 210 світла, детектора світла 220 і контролера 240 додатково пояснюється нижче щодо Фігур 2-7.

Випарний пристрій 1 може включати блок керування 104 для контролю процесу випаровування. Блок керування 104 може бути виконаний з можливістю включати в себе контролер 240, або може бути або виконувати функції контролера 240.

Перевагами даного апарата є можливість точно налаштувати весь процес випаровування. Також дана модель є високоефективною, досягає високого рівня випаровування із малими втратами енергії.

Недоліками даного апарата, є його висока вартість, а також складність в обслуговуванні, зумовлена складністю конструкції.

Розглянемо патент US2025067524A1 [2]. Даний випарний пристрій, може включати в себе нижній корпус, який вміщує матеріал для осадження, сопло, встановлене на нижньому корпусі та випускаючий матеріал для осадження, перший елемент обмеження кута, що включає перший опорний елемент, і першу пластину, що обмежує кут, з'єднану з першим опорним елементом і тягнеться від першого опорного елемента в напрямку, який обмежує кут матеріалу для осадження, що випускається з сопло, другий обмежувальний елемент кута, що включає другий опорний елемент і другу обмежувальну

пластину кута, з'єднану з другим опорним елементом і тягнеться від другого опорного елемента в напрямку, який обмежує кут матеріалу осадження, що виділяється з сопла, безліч перших охолоджуючих ребер, з'єднаних з боковою поверхнею першого обмежувального елемента кута, і перший теплообмінник, що має безліч перших теплообмінних ребер, кожне з безлічі першого теплообмінного елемента. ребра, розташовані між сусідніми з безлічі перших охолоджуючих ребер. Вид у перспективі випарного апарату наведено на рисунку 2.

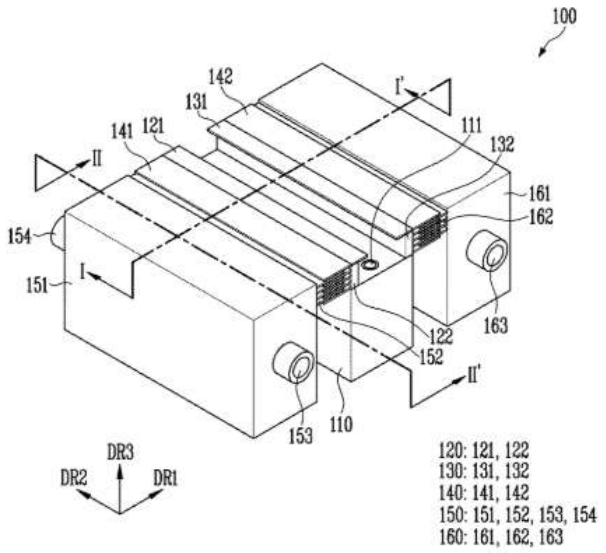


Рисунок 2 – вид у перспективі, що ілюструє випарний пристрій

Схему випарного апарату наведено на рисунку 3.

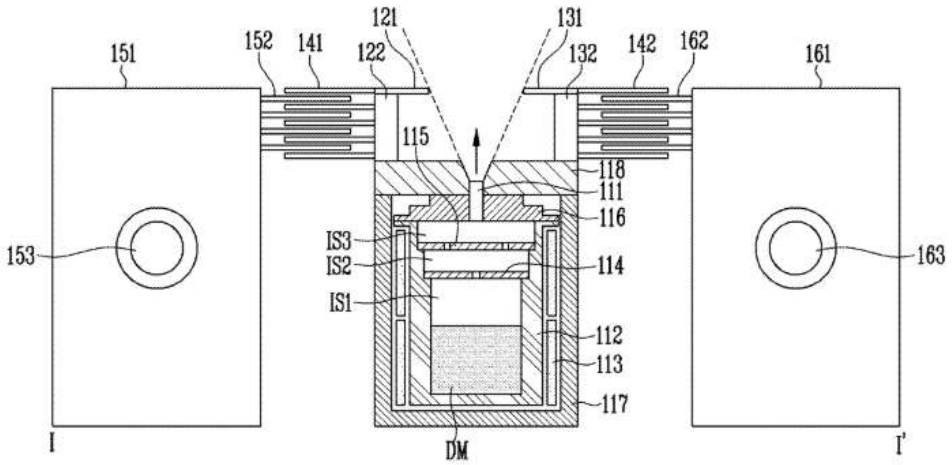


Рисунок 3 - схематичний вид, що ілюструє випарний пристрій

Нижня частина 110 може містити порожній простір для відкриття сопла 111 . У варіанті здійснення нижня частина 110 може включати в себе порожній простір, що має форму, що тягнеться в напрямку (наприклад, другому напрямку DR 2), щоб відкрити (наприклад, повністю відкрити) кілька сопел 111 . У варіантах здійснення порожній простір нижнього корпусу 110 може бути покритий теплоізоляційною пластиною 118 . У зоні, покритій теплоізоляційною пластиною 118 , область, що відповідає соплу 111, може бути відкрита так, щоб у ній було розташовано отвір.

Тигель 112 може бути виконаний з можливістю розміщення в ньому матеріалу DM для осадження. Внутрішній простір IS може бути визначений всередині тигля 112 , і матеріал DM для осадження може бути розміщений у внутрішньому просторі IS. Внутрішній простір IS може включати в себе перший внутрішній простір IS 1 , другий внутрішній простір IS 2 і третій внутрішній простір IS 3 . Тигель 112 може бути з'єднаний з соплом 111 . Осаджений матеріал DM може випаровуватися всередині тигля 112 і випускатися через сопло 111.

Нагрівальний елемент 113 може включати, наприклад, кілька нагрівальних пластин. У варіантах здійснення нагрівальний елемент 113 може включати в себе нагрівальний змійовик. У варіантах здійснення нагрівальний елемент 113 може не тільки простягатися в одному напрямку, але також простягатися в іншому напрямку. У варіантах здійснення нагрівальний елемент 113 може мати форму, в якій нагрівальний елемент 113 розділений у третьому напрямку DR 3 перпендикулярно до першого напрямку DR 1 . У варіантах здійснення нагрівальний елемент 113 може бути сформований за одне ціле вздовж третього напрямку DR 3.

Випарний пристрій 100 може включати в себе першу внутрішню пластину 114 і другу внутрішню пластину 115 . Перша внутрішня пластина 114 може розділяти внутрішній простір IS на перший внутрішній простір IS 1 і

другий внутрішній простір IS 2 . Друга внутрішня пластина 115 може розділяти внутрішній простір IS на другий внутрішній простір IS 2 і третій внутрішній простір IS 3.

Перевагами даного апарату є висока ефективність та надійність конструкції. Також великою перевагою є велика кількість варіацій та налаштувань, які можна використовувати для різних умов роботи.

Недоліками є висока ціна та складність виробництво, що може стати проблемою для масового виробництва та експлуатації. Окрім того дана конструкція вимагає регулярного обслуговування, що може вимагати додаткових витрат на підтримку стабільної роботи пристрою.

Висновки: Після розгляду патентів стає зрозуміло, що модернізація випарних апаратів є актуальним і важливим напрямком. Вони можуть допомогти у вирішенні питання виробництва водню, який займає дуже важливу ланку у багатьох напрямках сьогодення. Випарні апарати мають певні недоліки, враховуючи роль водню у сучасному житті, їх важливо виправляти та покращувати, аби вони були дешевшими, доступнішими, надійнішими та ефективнішими.

Список використаної літератури:

1. EVAPORATION APPARATUS AND METHOD FOR EVAPORATION: пат. EP4411343A1 заявл. 31.01.2023; опубл. 07.08.2024.

URL:

https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/085222184/publication/EP4411343A1?q=pn%3DEP4411343A1

2. EVAPORATION APPARATUS INCLUDING ANGLE LIMITING PLATE пат. US2025067524A1 заявл. 21.06.2024; опубл. 27.02.2025.

URL:

https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/094689511/publication/US2025067524A1?q=pn%3DUS2025067524A1

УДК 624.21/.8

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ ІСНУЮЧИХ МОСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ З ПОШКОДЖЕНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

доц., к.т.н. Рубльов А.В.

Національний транспортний університет

Анотація: *Мостові конструкції працюють в складних умовах, коли під дією зовнішнішніх навантажень одночасно виникають два або три види простих деформацій (розтяг-стиск, згин, кручення), це може привести до непербачуваних наслідків. На практиці частіше доводиться мати справу з різними комбінаціями видів руйнівних деформацій. Метою проведених досліджень є аналіз впливу розповсюдженого дефекту у вигляді перебільшених під час експлуатації зусиль, на несну здатність мостової конструкції.*

Ключеві слова: МОСТОВІ КОНСТРУКЦІЇ, НЕСНА ЗДАТНІСТЬ, ВИПРОБУВАННЯ, МОДЕЛЬ ВПЛИВУ, МЕЖА ТЕКУЧОСТІ, ТЕРМІН СЛУЖБИ. РУЙНУВАННЯ.

RESEARCH ON THE LOAD-BEARING CAPACITY OF EXISTING BRIDGE STRUCTURES WITH DAMAGED ELEMENTS

Assoc. Prof., Ph.D. Rublev A.V.

National Transport University

ABSTRACT: *Abstract: Bridge structures operate in difficult conditions, when two or three types of simple deformations (tension-compression, bending, torsion) occur simultaneously under the influence of external loads, which can lead to unpredictable consequences. In practice, it is more common to deal with various combinations of types of destructive deformations. The purpose of the study is to*

analyse the impact of a widespread defect in the form of exaggerated forces during operation on the bearing capacity of a bridge structure.

KEYWORDS: BRIDGE STRUCTURES, BEARING CAPACITY, TESTING, IMPACT MODEL, YIELD LIMIT, SERVICE LIFE. DESTRUCTION.

Для оцінки несної здатністі мостових конструкцій з пошкодженнями, які можуть бути спричинені, зовнішніми впливами або корозією, були проведені випробування на розтягнення пошкоджених конструктивних елементів. Об'єктом дослідження є шляхопровід побудований у 1975р., що складається із збірних залізобетонних прогонових будов з діафрагмами у вигляді таврових балок. Прогонова схема: 14,06+2×21,16+14,06 м.. Балки прогонової будови виготовлені у 1968р. за типовим проектом. Випробовувані арматурні ділянки містили попередньо напружену сталь, яка була розірвана через певні проміжки часу. Для отримання реалістичної оцінки несної здатності існуючих конструкцій, де ймовірність розриву попередньо напруженої сталі є високою, було проаналізовано поглинаючу силу розтягування пошкоджених попередньо напружених тросів.

Під час навантажувальних випробувань було змодельовано вплив несправних або пошкоджених елементів на конструкцію мосту шляхом послідовного перерізання попередньо напружених тросів. Це призвело до перерозподілу сил попереднього напруження через цементний розчин і бетон на ще неушкоджені сухожилля. Це було можливим лише до тих пір, поки наприкінці чергового випробування не було досягнуто межі текучості попередньо напруженої сталі. Швидке зростання деформацій під час останнього випробування під навантаженням свідчило про руйнування мосту. Це було відображено в результатах вимірювання деформації бетону і ширини розкриття швів. Структура тріщин була помітна вже під час перших випробувань і не зазнала суттєвих змін під час наступних випробувань. В

основному спостерігалося розширення існуючих тріщин і збільшення ширини тріщин. Пошкодження під час випробувань були обмежені чотирма центральними сегментами мосту. З'єднання сегментів на нижній стороні конструкції та в зоні прогонової будови розкрилися лише в центральних з'єднаннях. Таким чином, руйнування відбулося лише в безпосередній зоні прикладання навантаження. Це, звичайно, пояснюється концентрацією навантаження в центрі прогону. Однак картина руйнування була посилена локально розірваною арматурою. У цій зоні сила, яка може бути поглинута, природньо, обмежена відсутністю арматурних пасм, але в непошкодженій зоні навантаження може бути передане шляхом анкерування назад в бетон через локально пошкоджену арматуру.

Перелік посилань

1. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проєктування: ДБН 2-14:2006.- Київ:Мінрегіон розв..будівн.та житл.-комун.госп.України,2006.-217с.

2. Посібник до ДБН В.2.3-6-2002„Мости та труби. Обстеження і випробування ". - К.: Укравтодор, 2005.–190с.

3. Неруйнівні методи визначення міцнісних властивостей бетону. Їх важливість та складнощі правильного застосування /Український інженернотехнічний центр.

REVIEW OF RESEARCH DIRECTIONS FOR EXHAUST GAS PURIFICATION SYSTEMS

PhD student Ivan S. Tisny,

Associate Professor, PhD in Engineering, Scientific Adviser Andriy R. Stepaniuk

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: The directions of research into exhaust gas purification devices are outlined. The tasks of further research are formulated.

KEYWORDS: SCRUBBER, CYCLONE, APPARATUS, FILTRATION, CONDENSATION, CAPTURE, VAPOR, PARTICLES.

ОГЛЯД НАПРЯМІВ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

аспірант Тісний Іван С., к.т.н.. доцент Степанюк Андрій Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: *Наведено напрями дослідження апаратів очистки відпрацьованих газів. Сформульовано задачі подальших досліджень*.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СКРУБЕР, ЦИКЛОН, АПАРАТ, ОЧИСТКА, 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 μm) [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.

Currently, a significant number of studies are conducted through simulation experiments using CFD (computational fluid dynamics) and CAD (computer-aided design) systems [2…8].

For example, authors [2, 6, 7] have presented an advanced flow modeling method to analyze the hydrodynamics of liquid films interacting with perforations in structured packings, which are critical for enhancing mass transfer in filtration columns.

Authors [3, 4] have described the removal process of sulfur dioxide SO_2 from a counter-current packed column including using sodium-based solutions.

Authors [5] have determined the two-phase pressure drop in corrugated plate geometries under co-current flow.

Various scrubber packing designs is another important research direction [9–15].

Authors [9] have examined the performance of an experimental wet packed bad scrubber with a packing composed of plastic materials coated with TiO_2.

Authors [10] have investigated three new structured packings with wave-like corrugated sheets designed to improve hydrodynamic performance compared to traditional Mellapak 125X packings.

Authors [11] have evaluated the hydraulic, hydrodynamic and mass transfer characteristics of the Raschig Super-Pak 250Y (RSP 250Y) structured packing under absorption conditions.

Authors [12] have investigated the wetting behavior and hydrodynamics of gas-liquid flow in Montz B1-250 structured packing, a commercially available corrugated sheet packing.

Authors [13] have introduced a novel wave-like polyline-arc (WPA) structured packing designed to enhance hydrodynamic performance and mass transfer efficiency compared to traditional packings like Mellapak 125X.

Authors [14] proposed a novel helical liquid-bridge flow-type structured packing to enhance hydrodynamic performance and mass transfer efficiency in gas-liquid contact processes. The design leverages the liquid-bridge flow mechanism, formed within helical channels, to achieve stable flow patterns and improved operational characteristics.

Authors [15] have introduced a novel mesoscale model for simulating gas-phase fluid dynamics and concentration distribution in structured packings used in absorption and distillation columns

Another huge research area is 3D printed packing [15–18].

Therefore, it is important to integrate all three research directions in this study: modernize the packing, use 3D printing technologies for packing design and production, and subsequently conduct simulations to determine the efficiency of the proposed packing, followed by validation through real experimental testing.

References:

1. Water vapor and particulate matter capture from the gas stream in the packed bed scrubber // Ivan Tisnyi, Andriy Stepaniuk. 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.

2. Visualization of recirculation zones over a perforated plate: An optical flow technique for characterization of fluid dynamics in structured packing/ Manasa Iyer, Lionel Vincent, Joel Casalinho, John Pachón-Morales, Mikael Wattiau, Laurent

Zimmer, Hervé Duval, Chemical Engineering Research and Design, Volume 194, 2023, Pages 542-549, https://doi.org/10.1016/j.cherd.2023.04.069

3. Modeling and Simulations of NO_x and SO_2 Seawater Scrubbing in Packed-Bed Columns for Marine Applications /Iliuta, I., & Larachi, F. (2019). Modeling and Simulations of NO_x and SO_2 Seawater Scrubbing in Packed-Bed Columns for Marine Applications. *Catalysts*, *9*(6), 489. https://doi.org/10.3390/catal9060489

4. Conceptual design of a packed bed for the removal of SO_2 in Oxy-fuel combustion prior to compression / Dunyu Liu, Zhibo Xiong, Jing Jin, Terry Wall, Rohan Stanger, International Journal of Greenhouse Gas Control, Volume 53, 2016, Pages 65-78, https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2016.07.031

5. Two-phase pressure loss correlation for co-current flow in corrugated plate static mixers and structured packing / Evan Lowry, Gautham Krishnamoorthy, Chemical Engineering Research and Design, Volume 195, 2023, Pages 601-612, https://doi.org/10.1016/j.cherd.2023.05.051

6. Hydrodynamics of countercurrent flows in a structured packed column: Effects of initial wetting and dynamic contact angle / Rajesh Kumar Singh, Jie Bao, Chao Wang, Yucheng Fu, Zhijie Xu, Chemical Engineering Journal, Volume 398, 2020, 125548, https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125548

7. CFD modeling and simulation of the hydrodynamics characteristics of packed column with structured sinusoidal corrugated sheets packings / Guangchao Wang, Wangfeng Cai, Le Xie, Xubin Zhang, Yan Wang, Chemical Engineering Research and Design, Volume 183, 2022, Pages 56-66, https://doi.org/10.1016/j.cherd.2022.04.038

8. Visualization of recirculation zones over a perforated plate: An optical flow technique for characterization of fluid dynamics in structured packing / Manasa Iyer, Lionel Vincent, Joel Casalinho, John Pachón-Morales, Mikael Wattiau, Laurent Zimmer, Hervé Duval, Chemical Engineering Research and Design, Volume 194, 2023, Pages 542-549, https://doi.org/10.1016/j.cherd.2023.04.069

9. Development of scrubber with nano-TiO_2 coated packing for H_2S removal / Sajjad Deyhim, Farshid Ghorbani-Shahna, Babak Jaleh, Lily Tapak, Process Safety and Environmental Protection, Volume 149, 2021, Pages 158-168, https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.10.045

10. Hydrodynamics of novel structured packings: An experimental and multi-scale CFD study / Qunsheng Li, Tao Wang, Chengna Dai, Zhigang Lei, Chemical Engineering Science, Volume 143, 2016, Pages 23-35, https://doi.org/10.1016/j.ces.2015.12.014

11. Hydraulic and mass-transfer characteristics of Raschig Super-Pak 250Y / F.J. Rejl, L. Valenz, J. Haidl, M. Kordač, T. Moucha, Chemical Engineering Research and Design, Volume 99, 2015, Pages 20-27, https://doi.org/10.1016/j.cherd.2015.04.014

12. Numerical investigation of liquid flow morphology in structured packings / A. Olenberg, E.Y. Kenig, Chemical Engineering Science, Volume 219, 2020, 115559, https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.115559

13. Experimental and CFD studies on the effects of surface texture on liquid thickness, wetted area and mass transfer in wave-like structured packings / Dan Yu, Dapeng Cao, Zhanzhan Li, Qunsheng Li, Chemical Engineering Research and Design, Volume 129, 2018, Pages 170-181, https://doi.org/10.1016/j.cherd.2017.10.035

14. Hydraulics and mass transfer characteristics of novel helical liquid-bridge flow structured packings / Hongming Han, Haifeng Cong, Xingang Li, Hong Li, Xin Gao, Chemical Engineering Science, Volume 240, 2021, 116669, https://doi.org/10.1016/j.ces.2021.116669

15. Development of a mesoscale model for the gas phase fluid dynamics in structured packings based on fundamental experiments and CFD investigations / Johannes Sacher, Jens-Uwe Repke, Chemical Engineering Researc h and Design, Volume 147, 2019, Pages 430-442, https://doi.org/10.1016/j.cherd.2019.04.032

16. Performances of a Y-type structured packing produced by 3D foam-printing for the intensification of gas absorption processes / D. Flagiello, D. Tammaro, A. Erto, P.L. Maffettone, A. Lancia, F. Di Natale, Chemical Engineering Research and Design, Volume 195, 2023, Pages 637-650, https://doi.org/10.1016/j.cherd.2023.06.008

17. Foamed structured packing for mass-transfer equipment produced by an innovative 3D printing technology / D. Flagiello, D. Tammaro, A. Erto, P.L. Maffettone, A. Lancia, F. Di Natale, Chemical Engineering Science, Volume 260, 2022, https://doi.org/10.1016/j.ces.2022.117853

18. Design of 3D-printed structures for improved mass transfer and pressure drop in packed-bed reactors Lucas Chatre, Joseph Socci, Samuel J. Adams, Petr Denissenko, Nikolay Cherkasov, Chemical Engineering Journal, Volume 420, Part 1, 2021, https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129762

19. Investigation of chemical stabilities and contact angle of 3D printed polymers with CO_2 capture solvents to enhance absorber performance / Moushumi Sarma, Keemia Abad, Du Nguyen, Samantha Ruelas, Kunlei Liu, Jesse Thompson, International Journal of Greenhouse Gas Control, Volume 111, 2021, https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2021.103478

UDC 66.021.1

DETERMINATION OF THE AVERAGE THICKNESS OF STRIPS UNDER UNIAXIAL SHEAR DEFORMATION WHEN MIXING POLYMER MELTS

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

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: The mechanism of laminar mixing under uniaxial shear is considered. The possibility of estimating the quality of mixing using the width of the strips, which depends on the value of the shear strain accumulated by the material, is analyzed. The equation for calculating the thickness of the strips is given.

KEY WORDS: MIXING, MIXING QUALITY, UNIAXIAL SHEAR, ACCUMULATED SHEAR STRAIN

ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ ТОВЩИНИ СМУГ ПРИ ОДНОВІСНІЙ ДЕФОРМАЦІЇ ЗСУВУ ПРИ ЗМІШУВАННІ РОЗПЛАВІВ ПОЛІМЕРІВ

аспірант Трачук Є. В., к.т.н., доц. Швед М. П.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського "

АНОТАЦІЯ: Розглянуто механізм ламінарного змішування при одновісному зсуві. Проаналізовано можливість оцінки якості змішування за допомогою ширини смуг, котра залежить від величини накопиченої матеріалом деформації зсуву. Надано рівняння для розрахунку товщини смуг.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЗМІШУВАННЯ, ЯКІСТЬ ЗМІШУВАННЯ, ОДНОВІСНИЙ ЗСУВ, НАКОПИЧЕНА ДЕФОРМАЦІЯ ЗСУВУ

Змішування є одним з найважливіших етапів при виготовленні та переробці полімерів, оскільки якість змішування безпосередньо впливає на зовнішній вигляд та механічні властивості готової продукції. [1, 2]

Через високу в'язкість полімерів їх рух у в’язкотекучому стані підчас процесу екструзії, та, відповідно, гомогенізація відбувається за дуже низьких значень числа Рейнольдса (зазвичай Re<1). Тому при переробці полімерів потік розплаву завжди ламінарний. Мале значення числа Рейнольдса дозволяє знехтувати впливом сил інерції та тяжіння [2, 3] та вважати що змішування відбувається виключно за рахунок деформації зсуву, в результаті якої початковий розподіл компонентів перетворюється на невпорядкований [2 – 5].

Якість змішування пов’язана з кількісним описом стану суміші. У більшості випадків кожний з розподілених у матриці термопластичного матеріалу компонентів можна представити як безліч частинок певного розміру [6, 7]. Такий підхід дає можливість застосовувати метод статистичного аналізу для аналізу складу суміші. Оцінка якості змішування за допомогою статистичних критеріїв здійснюється обробкою даних, отриманих під час аналізу проб, відібраних з маси готової суміші [8]. Як міру відхилення реальної суміші від стану ідеальної використовують такі статистичні критерії як індекс змішування, інтенсивність розподілу й коефіцієнт неоднорідності [8], застосування яких припускає проведення вимірювань на реальних сумішах, але не дає можливості прогнозувати результат змішування теоретично. Тому особливого значення набуває використання нестатистичних критеріїв, зокрема загальної деформації зсуву γ [8].

Багато дослідників з успіхом використовували механізм змішування за допомогою зсуву для теоретичного опису змішування високов'язких рідин у системах із ламінарним режимом потоку [5].

Відправною точкою уявлень про механізм ламінарного змішування стало розуміння ролі поверхні розділу компонентів, що змішуються. На рис. 2 показано систему двох нестисливий рідин однакової в'язкості, укладену між двома паралельними пластинами. У початковий момент часу (t=0) ключовий компонент, котрий пофарбований у темний колір, має вигляд довільно

розподілених кубиків. Під дією зсуву γ, створюваного за рахунок руху верхньої пластини, ці частинки витягуються, і через проміжок часу t=t_i система, ймовірно, складатиметься з тонких смужок світлого і темного компонентів.

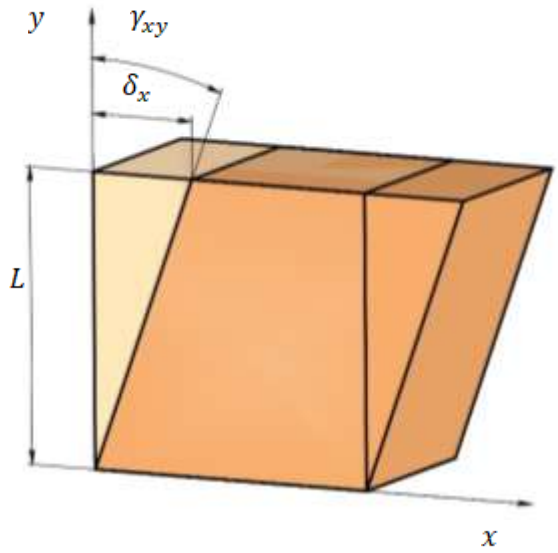


Рисунок 1 – Схема визначення деформації зсуву

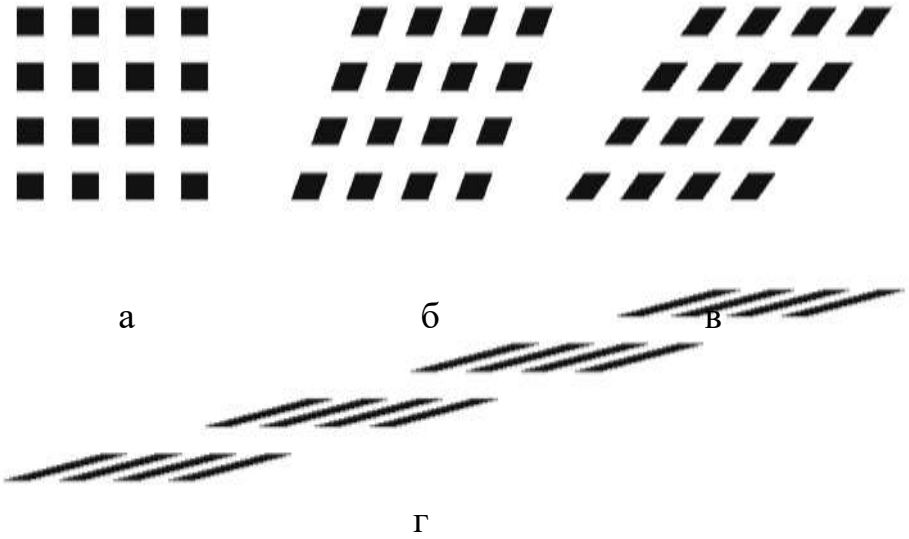


Рисунок 2 – Зміна товщини смуг при одновісній деформації зсуву:

а – $t = 0, \gamma = 0$; б – $t = t_1, \gamma = \gamma_1$; в – $t = t_2, \gamma = \gamma_2$; г – $t = t_3, \gamma = \gamma_3$

У разі доволі великого зсуву загальна товщина кожної пари світлого і темного шарів може бути нижчою за межу роздільної здатності, й око сприйматиме лише рівномірний сірий колір.

Одним із найзручніших методів оцінювання якості змішування є визначення середньої ширини смуг r, що визначається як середнє значення найкоротших відстаней від точки з максимальною концентрацією одного компонента до найближчої точки з максимальною концентрацією того самого компонента. [5] Встановлено такий взаємозв'язок між об'ємом суміші V, площею поверхні розділу F і товщиною смуг r

$$r = 2V/F$$

За одновісної деформації зсуву товщина смуг обернено пропорційна величині зсуву:

$$r = \frac{r_п}{\theta_к\left(\sqrt{1+\gamma^2}+2\right)} \approx \frac{r_п}{\theta_к\gamma},$$

де $\theta_к$ – частка ключового компонента; $r_п$ – початкова товщина смуг.

В робочих об'ємах змішувачів, як правило, має місце неоднорідне поле швидкостей зсуву. Тому в процесі деформації елементарні частинки суміші піддаються змінній у часі інтенсивності деформації і до кінця процесу змішування характеризуються різними деформаціями зсуву. Отже, отримувана суміш не може бути визначена якимось одним значенням товщини смуги, а повинна щонайменше характеризуватися поняттям «середньої товщини смуг».

Розглянемо двокомпонентну суміш, яка у вихідному стані характеризувалася певною середньою товщиною смуг $\overline{r_1}$, до того ж ця суміш складається з певної кількості областей об'ємом V_i. У цих об'ємах середня товщина смуги дорівнює $\overline{r_i}$. Тоді середня товщина смуг усього об'єму суміші виражається через середні товщини смуг кожної з розглянутих областей як

$$r_1 = \frac{\sum V_i}{\sum(V_i/\overline{r_i})}$$

Приймемо, що кожна з областей зазнає деформації зсуву, причому деформація зсуву однакова для всього обсягу i-ї області, але змінюється під час переходу з однієї ділянки в іншу. Тоді, відповідно

$$r_{iк} = \frac{r_{iп}}{\sqrt{1+\gamma^2}} \approx \frac{r_{iп}}{\gamma}.$$

Середня товщина смуг для усього об'єму після деформації дорівнюватиме

$$\overline{r_к} = \frac{\sum V_i}{\sum (V_i / r_{iп})\gamma_i},$$

де $r_п$ та $r_к$ – початкова та кінцева ширина смуги i-ї ділянки відповідно, γ_i – величина деформації зсуву.

Усі величини відносяться до i-ї ділянки, причому приймається, що $\gamma_i^2 \gg 1$.

Позначивши $\overline{r_{iк}}/\overline{r_{iп}} = \gamma_{ср}$ отримаємо:

$$\gamma_{ср} = \overline{r_{iк}}/\overline{r_{iп}} = \frac{\sum[(V_i / r_{iп})\gamma_i]}{\sum (V_i / r_{iп})}.$$

Якщо величини $r_{iп}$ однакові або їх різницею можна знехтувати, то можна прийняти що

$$\gamma_{ср} = \frac{\sum (V_i \cdot \gamma_i)}{\sum V_i}.$$

Розглянуті закономірності змішування високов'язких рідин показують, що від величини деформації зсуву залежить кінцеве значення середньої товщини смуг, тобто що чим більша деформація зсуву накопичується елементом рідини за час його перебування у змішувачі, то краща якість одержуваної суміші. Розрахунок деформації зсуву в разі одновимірної течії є доволі простим, оскільки за відомих швидкості потоку і часу перебування перероблюваного матеріалу в змішувачі t деформація зсуву легко розраховується за формулою

$$\gamma = \dot{\gamma} t,$$

де $\dot{\gamma} = dv/dx$ – середня швидкість зсуву с-1, на t – тривалість зсуву, с.

Використані джерела:

1. Мікульонок І. О. Технологічні основи перероблення полімерних матеріалів. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 292 с.
2. Смешение полимеров / В. В. Богданов та ін. Л. : Химия, 1979. 192 с.
3. Chris Rauwendaal. Polymer Extrusion. 5th Edition, 2014. 950 p.
4. Микулёнок И. О., Петухов А. Д. Производство полимерных сеток: монография. К.: НТУУ «КПИ», 2016. – 72 с.
5. Кім В. С. Скачков В. В. Диспергирование и смешение в процессах производства и переработки пластмасс. М.: Химия, 1988. – 240 с.
6. Мікульонок І. О. Обладнання і процеси переробки термопластичних матеріалів з використанням вторинної сировини : монографія. К. : ІВЦ „Видавництво «Політехніка»", 2009. — 265 с.
7. Микулёнок И. О. Классификация термопластических композиционных материалов и их наполнителей. Пластические массы. — 2012. — № 9. — С. 29—38
8. Моделювання обладнання технологічних ліній для перероблення пластмас і гумових сумішей на базі валкових машин: монографія. – 2-ге вид., випр. / І. О. Мікульонок. – К. : НТУУ «КПІ», 2015. – 244 с.: іл. – Бібліогр.: с. 233–241.

УДК 66.081

MODERNIZATION OF THE REFRIGERATOR INSTALLATION OF CONTINUOUS WASTEWATER TREATMENT

Ph.D., Assoc. Prof. Novohat O. A., student Honchar B. M.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Annotation: A brief description and advantages and disadvantages of the heat exchanger are given. The method of modernization of the refrigerator installation of continuous wastewater treatment is described.

KEYWORDS: OREGNALS PIPES, MODERNIZATION, REFRIGERATION UNIT, HEAT TRANSFER, ENERGY EFFICIENCY, INTENSIFICATION.

УДК 66.081

МОДЕРНІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНИКА УСТАНОВКИ НЕПЕРЕРВНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

к.т.н. Новохат О. А., студент Гончар Б. М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотації: Наведено коротку характеристику та переваги і недоліки теплообмінника. Описано спосіб модернізації холодильника установки неперервного очищення стічних вод.

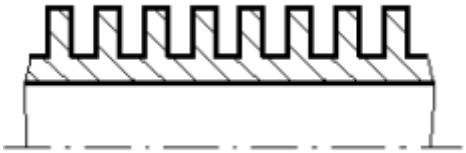
КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОРЕБРЕНІ ТРУБИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ХОЛОДИЛЬНА УСТАНОВКА, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ.

The purpose of this work is to modernize the casing-tube heat exchanger.

One of the most important parameters that affects the intensity of heat exchange is the turbulence of flows. The turbulent operating environment mode significantly increases the heat transfer coefficient due to the increasing Reynolds number, which in turn contributes to the increase in the Nusselt number. The effect of these parameters is manifested in reducing the thermal resistance between the working environment and the heat exchange surface, which allows to transfer more heat per unit time.

Due to the turbulence of the flow, a more even temperature distribution is achieved, the mixing of the working environment is improved and the formation of the laminar boundary layer is minimized. These factors make turbulent flow extremely efficient for high-performance heat transfer.[2]

Taking into account the desire to improve the efficiency of heat exchangers, one of the key directions is to create conditions for the turbulence of the flow, which is achieved, in particular, by the use of oregnum heat exchangers. Increasing the area of heat transfer, oregnin surfaces contribute to the occurrence of turbulence, which positively affects the intensity of heat transfer. To further increase the performance of the heat exchanger, it is proposed to additionally equip the outer surface of the pipes with spiral elements that can be made of copper or aluminum, taking into account the technical and economic aspects.



The essence of modernization is explained in figure 2.

Figure 2 – the edges of the rectangular profile

Remodeling of this type of modernization is:

Increase of heat transfer coefficient: Spiral edges create turbulent flow of heat carrier, which significantly increases the intensity of heat exchange between the tube and the environment. This allows you to efficiently remove heat from the refrigerator or transfer heat from the condenser.

Increased heat transfer area: The spiral shape of the ribs increases the total surface area through which heat transfer occurs. Larger contact area means more efficient heat transfer at the same heat exchanger size.

Compact heat exchanger: Due to increased heat transfer efficiency, the spiral ribs heat exchanger can be smaller in size compared to smooth-tube heat exchanger at the same thermal power.[1]

List of links:

1. How To Increase Heat Transfer in Shell And Tube Heat Exchanger? - News. *China - Changzhou Vrcoolertech Refrigeration Co.,Ltd*. URL: https://www.vrcoolertech.com/news/how-to-increase-heat-transfer-in-shell-and-tub-70680221.html (дата звернення: 25.03.2025).
2. The summary of lectures to the section "Thermal processes" on the course - processes and apparatus of chemical productions" for students of III-IV courses of all specialties/ English. O.S. Smirnova, S.O. Oparin, A.O. Cheremisinova. – Dnipropetrovsk: DHEI USUCT, 2013. – 106 p.
3. KLIMOV, R. O. Optimization of the design of heat exchangers. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*, 2020, 1.36: 88-93. URL: https://doi.org/10.31319/2519-2884.36.2020.14 (дата звернення: 25.03.2025).

UDC 535.520.6

INCREASING AERATION EFFICIENCY IN AIRLIFT APPARATUS

PhD Pereiaslavtsev O.M, PhD Pereiaslavtseva O.O. leading engineer Protsenko E.M.

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

Abstract: *Analytical and experimental studies were conducted, which allowed determining the separation velocity of the vertical movement of the gas-liquid mixture in the liquid layer depending on the operational and design features of the airlift apparatus.*

Анотація: *Проведено аналітичні і експериментальні дослідження, які дозволили визначити відривну швидкість вертикального руху газорідинної суміші в шарі рідини в залежності від експлуатаційних і конструктивних особливостей ерліфного апарату.*

KEYWORDS: *AIRLIFT APPARATUS, AERATION, DESIGN PARAMETERS.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *ЕРЛІФТНИЙ АПАРАТ, АЕРАЦІЯ, КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ.*

The efficiency of aeration in airlift apparatus is determined not only by the composition and physicochemical properties of the working medium, but also by the degree of use of the supplied air to saturate culture microorganisms with oxygen, depending on the operational and design features of the apparatus.

The second flow rate of air supplied for aeration and the second amount of gas-liquid mixture moving in the apparatus, which is created due to the supplied air, give a qualitative assessment of the degree of use of this air directly to obtain a certain amount of cultural biomass.

The air consumption per second for aeration, according to the existing methodology, is determined by the value *QV*, where *Q* is the volumetric flow rate of air supplied per unit of useful volume of the apparatus (m^3/m^3sec), *V* is the useful volume of the apparatus, m^3. The amount of gas-liquid mixture created per second is

determined by the live cross-section of the aerator S_{aer} and the separation speed of the gas-liquid mixture W_s. Thus, the ratio $W_s\ S_{aer}\ /\ QV$ will determine the degree of air utilization in the apparatus.

The conducted analytical and experimental studies allowed us to determine the separation velocity of the vertical movement of the gas-liquid mixture in the liquid layer depending on the operational and design features of the apparatus.

It was found that the efficiency of aeration depends on:

1. The volume of the active part of the apparatus, i.e. the volume of the diffuser and the working medium located above it. As this value increases, the efficiency of aeration increases.

2. From the speed of vertical circulation of the working medium. With an increase in the number of cycles of vertical circulation between the passive and active zones of the apparatus, the efficiency of aeration increases.

3. From the geometric and design features of the control system. An increase in the hydrodynamic resistance of the control system reduces the efficiency of aeration and requires additional electricity consumption for transporting air through the air supply tract.

The influence of the diameter of the air supply pipeline, which determines both the flow rate and the speed of air supplied for aeration, has a complex relationship and requires additional research.

4. From the ratio of the dynamic pressure of the air flow to the hydrostatic pressure of the working medium. With an increase in this ratio, the efficiency of using air for aeration increases. However, it must be borne in mind that at very high values of the dynamic pressure, intensive removal of cultural organisms from the volume of the apparatus is observed.

5. From the volume gas content of the working medium. The efficiency of using air supplied for aeration increases with an increase in the volume gas content of the working medium.

Effective control of culture media in airlift devices is determined by: the size of the active part of the device, the diameter of the air supply pipeline, the speed of internal rotation of the working medium between the active and passive zones of the device, the dynamic pressure of the air flow supplied for aeration, as well as the value of the gas content of the working medium.

СЕКЦІЯ 2
«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

УДК 676. 062.

ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНА СИРОВИНА У ВИГЛЯДІ ОПАЛОГО ЛИСТЯ ТА СОЛОМИ

В. Білоус, В. Воробйов, Р. Черьопкіна, доцент,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: *Показано отримання якісного волокнистого напівфабрикату із соломи натронним способом за температури 120 °С, витрат активного лугу 16 % в од. од. Na_2O від маси абс. сух сировини і тривалості 45 хв, який наближений до целюлози з листяних порід деревини. Для перероблення опалого листя з метою отримання ВНФ необхідно провести додаткові дослідження.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА*: СІЧКА, СОЛОМА, ОПАЛЕ ЛИСТЯ, ЛУЖНИЙ РОЗЧИН, ДЕЛІГНІФІКАЦІЯ*

CELLULOSE-CONTAINING RAW MATERIAL IN THE FORM OF FALLEN LEAVES AND STRAW

V. Bilous, Bachelor, V. Vorobyov, Bachelor,
R. Cheropkina, Associate Professor
National Technical University of Ukraine
"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract: *It is shown that a high-quality fibrous semi-finished product from straw can be obtained by the soda method at a temperature of 120 ° C, an active alkali consumption of 16% in units of Na_2O from the mass of abs. dry raw materials and a duration of 45 min, which is close to cellulose from hardwoods. Additional research is needed to process fallen leaves to obtain VNF.*

KEYWORDS*: WOOD CHIPS, STRAW, FALLEN LEAVES, ALKALINE SOLUTION, DELIGNIFICATION*

До щорічно відновлювальних видів біоресурсів, які можна переробляти на волокнисті напівфабрикати відносять опале листя деревини.

Листя, яке опадає восени відноситься до відходів і його у міських умовах необхідно збирати. Як і інші види біоресурсів, листя також складається із целюлози, геміцелюлози, лігніну, СЖВ, золи. У наукових публікаціях мало уваги приділено цьому виду сировини. Однак турецькими дослідниками показано, що вміст целюлози у листі клена складає 30,1 %, геміцелюлози – 29,5 % та лігніну – 26,9 %, що дозволяє розглядати його як достатньо целюлозовмісну сировину [1].

Для перероблення листя використано лужно пероксидний спосіб з витратами NaOH 0,3 - 3 М та H_2O_2 0 - 3 М за кімнатної температури, впродовж 18 годин.

Основною метою цього дослідження було перетворення відходів осіннього листя на цінні продукти у вигляді геміцелюлози та целюлози із подальшим використанням їх для отримання паперу, картону та можливістю комбінування з іншими матеріалами для виготовлення нових продуктів [1].

В Україні запатентовано спосіб отримання напівцелюлози із опалого листя для виготовлення паперу [2]. Для отримання напівфабрикату листя очищається від сміття, промивається і потім піддається делігніфікації розчином лугу (NaOH) за кімнатної температури тривалістю 60 хв. Запропоновано також проведення двоступеневого вибілювання пероксидом водню отриманого волокна після лужної делігніфікації.

Авторами цього патенту також підраховано, що для отримання однієї тонни целюлози необхідно витратити 1,681 тонни опалого листя. Наголошується, що під час виготовлення паперу з листя сировини потрібно більше, ніж з деревини, однак, тонна опалого листя в середньому збереже від вирубування 10 дерев [3].

Пропонується використовувати напівфабрикати із листя для виготовлення підставок для яєць, корпусів для ручок, одноразовий посуд (стаканчики, тарілки), серветки, туалетний папір.

Виходячи з хімічного складу листя, його можна порівнювати із однорічними видами недеревної сировини, однак вміст лігніну у ньому значно вищий і наближений до хвойних порід деревини [4.].

Традиційно Україна вважається країною з розвиненим сільським господарством, що у майбутньому також збережеться. Це означає, що відходи у вигляді соломи зернових, які не мають практичного застосування в інших галузях, розглядаються як потенційна сировина для целюлозно-паперової промисловості. Тема використання соломи для отримання волокнистих напівфабрикатів не нова, однак, пошук оптимальних режимів її делігніфікації з отриманням якісних волокон все ще актуальна.

За оцінками фахівців запаси соломи можуть досягати значних кількостей: вихід соломи зі співвідношенням зерно: солома складає 1 : 1,5, що становить приблизно 6 т/га за умови середнього врожаю вологістю – 15 – 20 % [5]. Не дивлячись на деякий спад вирощування зернових з 2022 року, нині є реальне збільшення і чітка тенденція до підвищення врожайності зернових, а відповідно призведе до збільшення кількості відходів [6].

У порівнянні з деревиною практичне використання соломи для перероблення на волокнисті напівфабрикати має такі переваги: щорічне відновлення соломи; вища економічність процесу виготовлення півфабрикатів; організація виробництва, що не потребує значних капітальних вкладень.

За хімічним складом, який вивчено багатьма дослідженнями, солома може складати конкуренцію деяким листяним породам деревини, за умови належної попередньої обробки [4, 6]: вміст целюлози на рівні 33 – 46 %; геміцелюлози — 22 – 26 %; лігнін – 16 – 22 %; смоли, жири та воски – 2,5 – 6,0

%, мінеральні речовини (зола) – 4 – 9 % (підвищений вміст знижує якість волокна)

Отже, пшенична солома за своїм складом є придатною сировиною для виробництва целюлози, але потребує відповідної ефективної підготовки, а саме видалення лігніну та екстрактивних речовин.

Недеревні види сировини у вигляді опалого листя та соломи є доступними, їх об'єми значними і тому їх можна розглядати перспективною альтернативою традиційним деревним джерелам целюлозної сировини [7].

Метою даної роботи було використання лужного способу для хімічного перероблення опалого листя та соломи на волокнисті напівфабрикати.

Як сировину використовували солому та листя клена, які подрібнювали до січки розміром 2 – 3 см (рис. 1)

Зовнішній вигляд січки соломи та листя клена показано на рис. 1.

а) б)

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд січки соломи та опалого листя:

а) січка соломи пшениці; б) січка опалого листя

На технічних вагах зважували 50 г повітряно сухої січки, частинами завантажували у автоклав, та періодично ущільнюючи, порційно заливали натронним розчином за ГМ 6:1. Для герметизації автоклава застосовували гумові прокладки, вставляючи їх у підібрану відповідно кришку автоклава

Делігніфікацію січки проводили натронним щолоком за витрат активного лугу 16 % в од. Na_2O від маси абс. сух сировини в лабораторних стальних автоклавах, які опускали у наперед нагріту гліцеринову баню до 80 ^oC. Далі проводили підйом температури від 80 ^oC до 120 ^oC впродовж 30 хв. За кінцевої

температури, варіння січки листя продовжували ще 15 хв, а соломи 45 хв. Температурний режим варіння наведено на рис. 2.

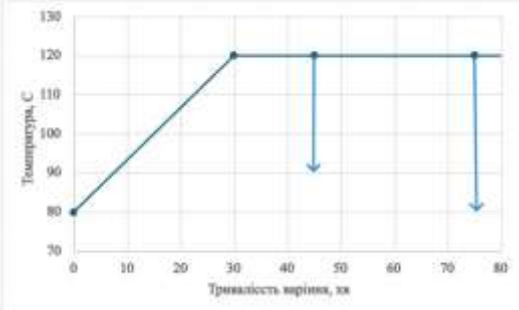


Рисунок 2 – Температурний графік варіння січки опалого листя та соломи

Після закінчення визначеного часу, гарячі автоклави поміщали у велику ємність із холодною водою для їх охолодження. Далі вміст автоклава вивантажували на сито для промивання від відпрацьованого щолоку сильним струменем води, розминаючи отриману масу вручну. Отримані ВНФ із соломи дуже добре розділялися на окремі волокна, мали золотисто-зелений колір, практично непровару у масі не спостерігалося (рис. 3.)

В отриманих ВНФ визначали коефіцієнт сухості, який використовували для розрахунку виходу, масову частку лігніну згідно стандартних методик [4]. Для визначення показників міцності, ВНФ розмелювали у ВРА до 60 °ШР, виготовляли зразки масою 75 г/м^2 на ЛА-1(рис .5), які піддавали випробуванням згідно стандартних методик [4].

а) б) в)

Рисунок 3 – Отримані волокнисті напівфабрикати після варіння соломи: а) – після варіння), б) – після промивання та віджимання, в) – після варіння опалого листя

Зовнішній вигляд зразків ВНФ із соломи та опалого листя наведено на рис. 4.

а)

б)

Рисунок 4 – Зовнішній вигляд зразків ВНФ із соломи та опалого листя:
а) відливки з ВНФ (соломи пшениці); б) відливки з ВНФ (опалого листа)

Результати досліджень якості отриманих ВНФ наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Показники якості волокнистих напівфабрикатів, отриманих із соломи та опалого листя

Умови варіння /сировина	Вихід, %	Масова частка лігніну, %	Фізико-механічні показники		
			Розривна довжина, м	Опір роздиранню, мН	Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п.
15 хв /опале листя	21,3	24,2	750	157	1
45 хв/ солома	49,38	3,3	7075	470	415

Як видно із даних табл. 1, із соломи отримано волокнистий напівфабрикат у вигляді целюлози нормального виходу з показниками міцності наближеними до целюлози з листяних порід деревини. Такі результати

частково підтверджуються мікрофотографіями зробленими з використанням світлового мікроскопа зі збільшенням 7Х10? (рис. 5). Із рис. 5 видно значну кількість добре делігніфікованих луб'яних волокон (фіолетове забарвлення), судини.

а) б) в)

Рисунок 5 – Мікроскопічна будова січки соломи пшениці а) і б); в) - листя

Щодо отриманих ВНФ із опалого листя, то необхідно відмітити низький вихід ВНФ, з вмістом черешків, які не проварилися (рис. 3, в)). У результаті промивання під тиском води значна кількість дрібних волокон, в основному, клітин епідермісу та парехімних були втрачені. Показники міцності таких ВНФ досить низькі.

Висновок/ У результаті делігніфікації соломи натронним щолоком за невисокої температури, отримано ВНФ з показниками міцності наближених до целюлози з листяних порід деревини.

Однак перероблення цим способом опалого листя призводить до переварювання основи листя, що відображається на зниженні показників міцності. Ця сировина потребує проведення додаткових досліджень.

Література

1. Erdem Tezcan, Oya Galioğlu Atıcı. Isolation of cellulose and hemicellulose by using alkaline peroxide treatment at room temperature from wasted fall leaves/ Natural and Engineering Sciences – NESciences, 2017, 2 (2): 100-110 https://nesciences.com/wp-content/uploads/2024/03/NES-08-05-17-190-R1.pdf

2. Фречка Валентин Михайлович спосіб отримання напівцелюлози із опалого листя для виготовлення паперу: Патент на корисну модель № 35476. Опубл. 10.07.2019, Бюл.№ 13 https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1367184/#!

3. Папір з опалого листя: екорішення для збереження деревини (31) https://ecolog-ua.com/news/papir-z-opalogo-lystya-ekorishennya-dlya-zberezhennya-derevyny

4. Технологія недеревних волокнистих напівфабрикатів: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Промислова екологія та ресурсоефективні чисті технології» / Р.І. Черьопкіна, І.В. Трембус, І.М. Дейкун В.А., Барбаш В.А.; – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 229 с

5. Zkan.com.ua – Скільки соломи можна зібрати з 1 га пшениці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zkan.com.ua/sho/skilki-solomi-mozhna-zibrati-z-1-ga-pshenici.html

6.Foreign agricultural service/ https://ipad.fas.usda.gov/countrysummary/Default.aspx?id=UP&crop=Wheat

7. Підручники онлайн: Солома. Післязбиральні кореневі рештки [Електронний ресурс]. – Режимдоступу:https://pidru4niki.com/76210/agropromislovist/soloma_pislyazbiralni_korenevi_reshtki

UDC 628.162

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF METAL CORROSION INHIBITORS FOR WATER CIRCUIT SYSTEMS IN MUNICIPAL UTILITIES

Overchenko T.A., Ph.D., senior lecturer, Ivanenko O.I., Dr.D., professor,
Romenska O.O. student, Apanovych L.V. student
National Technical University of Ukraine "I.Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: The article considers the problem of corrosion in aquatic environments, which is relevant for water circulation systems in municipal services. The effectiveness of various corrosion inhibitors, in particular OEDPC, TPFN, NTMPK, GMFN, hypan and their compositions with zinc ions (Zn^{2+}), in tap water of Kyiv city was studied by massometry. It was found that some of the studied compounds, in particular hypan and GMFN in combination with Zn^{2+}, provide a high degree of protection of St3 steel - up to 96%. It was found that the effectiveness of inhibitors depends on their concentration and the presence of a synergistic effect when used in combination with metal ions. The results obtained indicate the prospects for the use of new composite reagents to prevent corrosion in water supply systems.

KEYWORDS: CORROSION, INHIBITOR, WATER CIRCULATION SYSTEMS

Today, the problem of corrosion in aquatic environments is acute. Corrosion of pipelines and other equipment not only leads to structural destruction, but also increases the level of water pollution with suspended solids due to corrosion products [1]. This, in turn, leads to the intensification of sludge deposits on the surface of the pipes and on the heat exchange surfaces, which contributes to an increase in hydraulic resistance and deterioration of heat transfer. To date, there are many studies

and publications on the development of effective corrosion inhibitors, but at the moment this problem is quite relevant. It is very important that the developed reagents are effective corrosion inhibitors [2-3].

The purpose of the research was to create new reagents to prevent corrosion of water circulation systems in municipal utilities.

Studies were conducted on tap water (Kyiv), using OEDPK, TPFN, NTMPK, GMFN, hypan and Zn^{2+} by massometry.

As can be seen from the results (Table 1), OEDPC, which is a highly effective scale stabilizer in tap water, is effective as a corrosion inhibitor for St3 steel. Polyphosphates and hypan are also effective inhibitors. TPFN provides a degree of protection at the same doses at the level of Z=69−82 %.

GMFN is effective as a corrosion inhibitor and provides a degree of protection at the level of Z=70–86%. Hypan under the same conditions provides a degree of protection at the level of Z=64−92%. It is interesting to note that the effectiveness of some inhibitors decreases with increasing dose. This is probably due to the fact that with increasing inhibitor concentration, oxygen sorption on the metal surface decreases.

It is known that phosphonic acids and polyphosphates are more effective inhibitors when used in a composition with Zn^{2+} ions. And in this case, the inclusion of Zn^{2+} ions in the composition led, in general, to an increase in the effectiveness of corrosion inhibitors. The effectiveness of corrosion protection changes little when Zn^{2+} is included in the composition with TPFN, however, when using Zn^{2+} with hypan and GMFN, a high level of metal protection against corrosion is achieved. The composition of hypan with Zn^{2+} provides a degree of protection of 94 - 96% in the entire range of hypan concentrations. In the case of GMFN, the degree of protection reached 87 - 94%, with a high degree of protection achieved at a GMFN concentration of 5 mg.

Table 1 - Effect of inhibitor type and dose on corrosion rate and degree of corrosion protection of St3 steel in Kyiv tap water

Inhibitor	Dose, mg/dm^3	V, g/m^2·h	V′, mm/year	J	Z, %
—	—	0, 0395	0,0397	—	—
OEDPC	5	0,0064	0,0062	6,40	84,00
	15	0,0100	0,0129	3,07	67,40
	20	0,0075	0,0072	5,50	81,80
	50	0,0018	0,0024	16,54	99,95
TPFN	5	0,0120	0,0130	3,05	69,04
	15	0,0100	0,0100	3,97	74,80
	20	0,0070	0,0070	5,67	82,30
	50	0,0082	0,0090	4,41	77,32
TPFN; Zn^{2+}	5;5	0,0086	0,0085	4,67	21,40
	15;5	0,0094	0,0090	4,41	77,32
	20;5	0,0079	0,0075	5,29	81,09
	50;5	0,0119	0,0110	3,06	67,32
OEDPC; Zn^{2+}	5;5	0,0015	0,0017	23,35	96,71
	15;5	0,0062	0,0062	6,40	84,37
	20;5	0,0065	0,0070	5,67	82,36
	50;5	0,0021	0,0027	14,70	93,20
Hypan	5	0,0030	0,0030	13,23	92,40
	15	0,0039	0,0038	10,44	90,42
	20	0,0072	0,0074	5,36	81,34
	50	0,0148	0,0141	2,81	64,41
Hypan; Zn^{2+}	5;5	0,0013	0,0016	24,81	95,56
	15;5	0,0015	0,0019	20,9	95,21
	20;5	0,0014	0,0014	28,35	96,47
	50;5	0,0029	0,0023	17,26	94,2
GMFN	5	0,0058	0,0055	7,21	86,13
	15	0,0118	0,0114	3,48	71,26
	20	0,0086	0,0091	4,36	77,06
	50	0,0119	0,0116	3,42	70,76
GMFN; Zn^{2+}	5;5	0,0024	0,0022	18,04	94,44
	15;5	0,0047	0,0041	9,68	89,66
	20;5	0,0030	0,0030	13,23	92,44
	50;5	0,0053	0,0051	7,78	87,15

References:

1. N.D. Gomelya, V.M. Radovenchyk, G.L. Shutko Study of steel corrosion processes in water/ Ecotechnology and resource conservation. –1996.−N. 1.–P. 36-41

2. T. Overchenko, S.Frolenkova, V. Vorobyova The development of scale formation inhibitors in water circulation systems in industry, power and municipal households/ //Journal of Chemical Technology and Metallurgy, 54, 1, 2019, pp..72-76.

3. T.A. Overchenko, O.I. Ivanenko, T.V. Krysenko, N. Kozakevich, A. Knyovets Evaluation of the effectiveness of metal corrosion inhibitors for water circulation systems in industry, power and municipal households/ East European Scientific Journal. 3(31). –2018. - P. 49-52.

УДК 678.5

АЦЕТОБУТИРАТ ЦЕЛЮЛОЗИ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ ПОЛІМЕР З ВІДНОВЛЮВАНОЇ СИРОВИНИ

Студент Кислий В.В. доцент, к.т.н. Дейкун І.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація. Розглянуто технологію одержання, властивості та застосування похідного природного полімеру целюлози - ацетобутирату целюлози, що одержують модифікуванням целюлози ангідридами оцтової та масляної кислот.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЦЕТОБУТИРАТ ЦЕЛЮЛОЗИ, ОЦТОВИЙ АНГІДРИД, МАСЛЯНИЙ АНГІДРИД

CELLULOSE ACETOBUTYRATE AS A PROMISING POLYMER FROM RENEWABLE RAW MATERIALS

Student Kyslyi V.V., Associate professor, PhD Deikun I.M.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract: The technology of retention, properties and application of a derivative of natural cellulose polymer - cellulose acetobutyrate, obtained by modification of cellulose with anhydrides of acetic and butyric acids, are considered

KEYWORDS: CELLULOSE ACETOBUTYRATE, ACETIC ANHYDRIDE, BUTYRIC ANHYDRIDE

Переробка відновлюваних ресурсів і біомаси на стійкі матеріали є важливим кроком до зменшення залежності від вичерпних природних ресурсів, особливо у виробництві полімерних матеріалів.

Целюлоза, як природній полімер, на сьогодні знаходить дедалі більше застосування для виробництва широкого спектру матеріалів: хімічних волокон, лаків, фарб, плівок, пластичних мас та ін. Використання целюлози для синтезу має низку переваг завдяки унікальним властивостям природної сировини, таким як стереорегулярність будови, гідрофільність, біосумісність, біорозкладність, поліфункціональність та здатності сприяти розв'язанню екологічних проблем, пов'язаних з виробництвом та використанням полімерних матеріалів.

Змішані похідні целюлози, що містять різні функціональні групи в одній макромолекулі, є перспективними матеріалами з розширеним спектром фізико-хімічних властивостей. Поєднання різних функціональних груп у макромолекулі целюлози дозволяє оптимізувати характеристики полімерів залежно від вимог використання.

Ацетобутират целюлози (АБЦ) є змішаним ефіром целюлози, який одержують етерифікацією целюлози ангідридами оцтової та масляної кислот за присутності кислотного каталізатора - сірчаної кислоти:

$$[C_6H_7O_2(OH_3)_3]n + x(CH_3CO)_2O + y(CH_3CH_2CH_2CO)_2O \rightarrow$$
$$(C_6H_7O_2(OCOCH_3)x(OCOCH_2CH_2CH_3)y(OH)_3\text{-}(x+y)]n$$

Технологія одержання АБЦ включає наступні стадії: активація целюлози, етерифікація целюлози, гідроліз надлишкових ангідридів, висадження і промивання, сушіння, подрібнення й пакування ацетобутирату целюлози (рис.).

Рисунок - Технологічна схема виробництва ацетобутирату целюлози

Активація целюлози. Оптимальними умовами для активації целюлози є тривалість обробки 1,5-2 години за температури 20-40 °С; концентрація оцтової кислоти 30-30%; модуль ванни 5:1; тривалість перемішування в апараті періодичної дії 1,5-2 години. У процесі активації волокна целюлози набухають, що полегшує проникнення реагентів у її структуру.

Етерифікація. Активовану целюлозу перемішують із сумішшю ангідридів оцтової та масляної кислот і сірчаною кислотою в лопатевому змішувачі періодичної дії. Співвідношення реагентів: 1:2 (ацетатного ангідриду) та 1:1 (масляного ангідриду), каталізатор – 1–2% сірчаної кислоти від маси целюлози. Під час перемішування відбувається етерифікація целюлози. Реакція має екзотермічний характер, і температура суміші підвищується до 50–60 °С. Якщо не застосовувати охолодження, температура може зрости до 70–80 °С, що призводить до часткової деструкції целюлози та зниження молекулярної маси продукту. Тому перемішування проводять протягом 3–5 годин за температури 40–60 °С, використовуючи водяну сорочку для охолодження. Під час утворення АБЦ поступово розчиняється в оцтовій кислоті. Оптимальний час етерифікації становить 3–5 годин за температури 40–60 °С, що забезпечує ступінь заміщення 200–290.

Гідроліз надлишкових ангідридів. Після етерифікації до реакційної суміші додають воду (10– 15% від об'єму) для гідролізу залишкових ангідридів.

Процес проводять у тому ж реакторі за температури 40–50 °С протягом 30–60 хвилин із перемішуванням. У результаті утворюються оцтова та масляна кислоти, а реакція етерифікації припиняється.

Висадження і промивання. Після висадження АБЦ осідає у вигляді волокнистого осаду. Осад відфільтровують у центрифузі і промивають водою до нейтральної реакції промивних вод. Якщо суміш має кислотну реакцію через залишки сірчаної кислоти, її нейтралізують слабким розчином NaOH (0,1–0,5%) до pH=7±0,5.

Сушіння. Очищений АБЦ віджимають у гідравлічному пресі при надлишковому тиску 15– 20 кгс/см² до вмісту вологи 20–30%. Потім продукт сушать у пневматичній сушарці гарячим повітрям при температурі 60–80 °С протягом 4–6 годин до вологості не більше 2-3%.

АБЦ є твердою речовиною білого або кремового кольору, без запаху, порошкоподібною, волокнистою чи гранульованою з насипною щільністю 300–600 кг/м^3. Розчини АБЦ в органічних розчинниках (ацетон, етилацетат, толуол) характеризуються середньою в'язкістю, яка залежить від молекулярної маси та концентрації.

За кімнатної температури АБЦ стійкий до дії розбавлених кислот і лугів, однак при нагріванні до температури більше 100 °С з концентрованими реагентами відбувається деструкція глікозидних зв'язків. Ефективними інгібіторами термоокислювальної деструкції АБЦ є антиоксиданти - феноли. При нагріванні сухого АБЦ вище 150 °С погіршується його розчинність у органічних розчинниках через часткову деструкцію. Температура розкладу АБЦ, за якої відбувається термічний розпад із виділенням оцтової та масляної кислот, а також вуглекислого газу складає близько 200–220 °С.

АБЦ нерозчинний у воді, етанолі, висококиплячих спиртах і нейтральних розчинниках, проте добре розчиняється в органічних розчинниках середньої полярності. АБЦ має гарні плівкоутворювальні властивості. З розчинів АБЦ

утворюються прозорі, гнучкі та міцні плівки, стійкі до ультрафіолетового випромінювання та пожовтіння, які зберігають еластичність навіть за низьких температур.

АБЦ застосовується в різних галузях промисловості: у лакофарбовій промисловості як основа для високоякісних покриттів (автомобільні лаки, захисні покриття для деревини та металу), що надають блиск, стійкість до подряпин і атмосферних впливів; як компонент термопластичних композицій для підвищення гнучкості та ударної міцності; у виробництві плівок і тонких листів для пакування чи декоративних цілей; у косметичній промисловості як плівкоутворювальна добавка до лаків для нігтів завдяки швидкому висиханню та стійкості до вологи; для виготовлення клеїв і герметиків, де потрібна висока адгезія до різних поверхонь. Очищений АБЦ із низьким вмістом домішок використовується в спеціальних покриттях для електроніки та оптичних виробів.

Список літератури

1.Heinze, T., & Liebert, T. (2001). Unconventional methods in cellulose functionalization. Progress in Polymer Science, 26(9), 2001, p. 1689–1762. https://doi.org/10.1016/S0079-6700(01)00022-3

2.Biocomposites of Cellulose Acetate Butyrate with Modified Hemp Cellulose Fibres Sirisart Ouajai, Robert A. Shanks Macromolecular materials and Engineering Volume 294, Issue3 2009 P. 213-221 https://doi.org/10.1002/mame.200800266

3.Klemm, D., Heublein, B., Fink, H.-P., & Bohn, A. (2005). *Cellulose: Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material.* Angewandte Chemie International Edition, 44(22), 3358–3393.

4.Барбаш В.А., Дейкун І.М. Хімія рослинних полімерів/ Навчальний посібник. За редакцією В.А. Барбаша. Київ: «Каравела», 2018.- 440 с.

УДК 676.274

ЛУЖНА ДЕЛІГНІФІКАЦІЯ ОБГОРТОК КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ

Я. Франчук, бакалавр, Д. Буду, бакалавр, В. Кислий, бакалавр,
Б. Кучер, бакалавр, Р. Черьопкіна, доцент
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація. *Показано, що обгортки качанів кукурудзи добре піддаються делігніфікації лужними розчинами за нетривалого часу з отриманням волокнистого напівфабрикату у вигляді целюлози нормального виходу та високими показниками міцності.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА*: ОБГОРТКИ, ЛУЖНИЙ РОЗЧИН, ВИХІД, ДЕЛІГНІФІКАЦІЯ*

ALKALINE DELIGNIFICATION OF CORN COB WRAPS

Ya. Franchuk, bachelor, D. Budu, bachelor, V. Kyslyi, B. Kucher, bachelor,
R. Cheropkina, associate Professor
National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract. *It has been shown that corn cob wrappers are well amenable to delignification with alkaline solutions in a short time, with the production of a fibrous semi-finished product in the form of cellulose of normal yield and high strength indicators.*

KEYWORDS: *WRAPPERS, ALKALINE SOLUTION, YIELD, DELIGNIFICATION*

В Україні кукурудзу вирощують на великих площах, тому після збирання врожаю її залишки – стебла, листя, качани та обгортки качанів становлять один із найпоширеніших видів рослинної біомаси, що вирізняється

високою економічною доцільністю, доступністю та здатністю до біорозкладання [1]. Сьогодні, коли все більше уваги приділяється екології та раціональному використанню ресурсів, дослідження таких відходів є важливим, адже це допомагає створити додаткову користь і зменшити шкоду для довкілля. Особливо це актуально тому, що після вирощування однорічних рослин залишається багато відходів, які майже не використовуються, хоча вони можуть стати вільним запасом лігноцелюлозної сировини, придатної для виготовлення картонно-паперової продукції.

Кукурудза – одна з найпоширеніших аграрних культур у світі, яку вирощують майже на всіх континентах. Загальна висота рослин залежить від сорту та умов вирощування і коливається в межах 1,7 – 3 м. З одного гектара кукурудзи в середньому можна отримати близько 7,8 – 8,8 тонн стебла кукурудзи (до якого відносять листя, обгортки, качани), а в окремих регіонах – до 10 – 12 тонн за вологості 20 – 25 %. Вихід обгорток кукурудзи зі стебла складає значну частину цієї біомаси, що відкриває широкі можливості для її цілеспрямованого використання як джерела рослинної сировини [2].

За оцінками аграріїв загальний вигляд і співвідношення основних частин кукурудзи знаходиться в межах: стебло – 35 – 40 %; листя – 7 – 8 %; стрижень (качан) – 5 – 6 %; обгортки – 5 – 6 %, зерно – 40 – 45 %. За приблизними даними загальний потенціал відходів кукурудзи в Україні складає десь 37 млн тонн, з них обгортки – біля 3 млн тонн [3].

Після вивчення морфологічної будови встановлено, що клітинна структура волокон обгорток має характерну стрічкоподібну форму з гвинтоподібним викривленням уздовж осі клітини та періодичними змінами напрямку кручення. Така форма нагадує волокна бавовни. Відмінною рисою цих клітин є наявність великого центрального просвіту, що перевищує товщину клітинної стінки, що сприяє зниженню щільності матеріалу та потенційно покращує здатність волокон до поглинання рідин [3]. На основі проведених

досліджень показано, що хімічна, фізична та морфологічна структура волокон дуже схожі до целюлозних волокон бавовни, льону та джуту, однак, дещо з меншим розміром кристалів, а, відповідно, з меншим відсотком кристалічності, що буде впливати на зниження міцності, але характеризуватися довговічністю та поглинальною здатністю волокон [3].

Щодо перспективності використання такої сировини для отримання волокнистих напівфабрикатів як обгортки качанів кукурудзи, можна судити з її хімічного складу. Так за наявними даними вміст вуглеводної складової досягає 75 %, лігнін займає 7,5 – 17 %, зольність знаходиться в межах 1,3 – 2,8 %, вміст екстрактивних речовин коливається від 1,99 % до 9,73 % [3, 4].

Оскільки вихід обгорток кукурудзи із стебла складає достатньо значну частину цієї біомаси, а за хімічним складом вона задовольняє вимоги щодо рослинної сировини придатної для перероблення, тому її можна розглядати як повноцінне джерела рослинної сировини для виробництва паперу та картону.

Для перероблення обгорток качанів кукурудзи на волокнисті напівфабрикати проведеними раніше дослідженнями пропонується застосування лужної делігніфікації – натронно-содового та натронного способів за витрат активних реагентів 10 – 14% в одиницях Na_2O від маси абс. сух. сировини та часі обробки 15 – 30 хв за температур 100 – 160 °С. У результаті отримано волокнисті напівфабрикати з високими показниками міцності та придатні для виготовлення пакувального паперу [3, 4].

Перероблення обгорток качанів кукурудзи на волокнисті напівфабрикати має кілька переваг:

• екологічність: використання поновлюваної сировини знижує залежність від деревини та зменшує екологічні наслідки;

• економічність: обгортки є дешевим відходом сільського господарства, що знижує витрати на сировину;

• високі технічні характеристики: отримані волокна мають хороші механічні властивості, що дозволяє використовувати їх у виробництві паперу, картону та навіть будівельних матеріалів.

Метою даної роботи було удосконалення технологічних параметрів лужного способу для хімічного перероблення обгорток качанів кукурудзи з отриманням волокнистих напівфабрикатів.

Як сировину використовували обгортки качанів кукурудзи, які подрібнювали до січки розміром 2 – 3 см (рис. 1)

Зовнішній вигляд обгорток качанів кукурудзи та січки, отриманої з них показано на рис. 1.

а)

б)

Рисунок 1 – Зовнішній вигляд: а) обгортки качанів кукурудзи; б) січка обгорток кукурудзи

Для варіння використовували повітряно суху січку із обгорток, яку завантажували у стальний автоклав об'ємом 0,5 дм^3 та заливали підготовленим натронним варильним розчином з витратами активного лугу 16 % в од. Na_2O від маси абс. сух сировини за ГМ 6 : 1.

Заповнені автоклави опускали у попередньо нагріту гліцеринову баню до 80 ^oC. Варіння проводили з просочуванням січки впродовж 30 хв за рахунок підйому температури від 80 ^oC до 120 ^oC. Після досягнення кінцевої

температури120 °С делігніфікацію продовжували 15 хв (+0,1 % АХ), 30 хв та 45 хв (без АХ). Температурний режим варіння обгорток зображено на рис. 2.

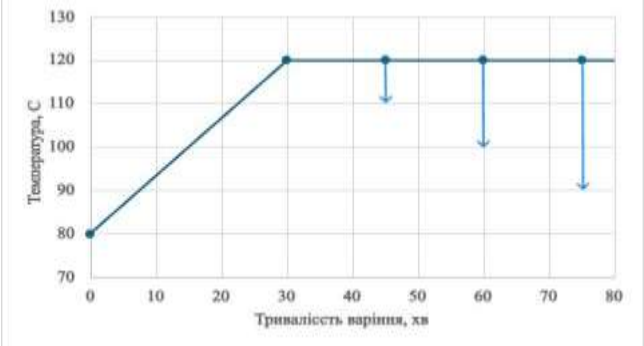


Рисунок 2 – Температурний графік варіння січки обгорток качанів кукурудзи

Після закінчення визначеного часу вміст автоклава вивантажували на сито для промивання від відпрацьованого розчину сильним струменем води, розминаючи отриману масу вручну. Особливістю отриманих ВНФ після варіння можна вважати збереження коричнево-жовтого природнього кольору. ВНФ під час промивання легко розділялися на окремі волокна. Що характеризує їх достатню делігніфікацію (рис. 3).

а) б) в)

Рисунок 3 – Отримані волокнисті напівфабрикати після варіння обгорток: а) – після варіння 15 хв, б) – після варіння 30 хв, в) – після варіння 45 хв

Для визначення якості отриманих ВНФ розраховували вихід та залишковий вміст лігніну згідно стандартних методик [4]. Для порівняння

показників міцності з промисловими зразками, ВНФ розмелювали у ВРА до ступеня млива 60 °ШР, виготовляли зразки масою 75 г/м^2 на ЛА-1(рис .4), які піддавали випробуванням згідно стандартних методик [4].

Зовнішній вигляд зразків ВНФ із обгорток качанів кукурудзи наведено на рис. 4.

а) б) в)

Рисунок 4 – Зовнішній вигляд зразків ВНФ із обгорток качанів кукурудзи: а) ВНФ після 15 хв; б) ВНФ 30 хв в) ВНФ 45 хв

Отримані результати якості волокнистих напівфабрикатів наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Показники якості волокнистих напівфабрикатів, отриманих із обгорток качанів кукурудзи

Умови варіння/ сировина	Вихід, %	Масова частка лігніну, %	Фізико-механічні показники		
			Розривна довжина, м	Опір роздиранню, мН	Міцність на злом під час багаторазових перегинів, к.п.п.
15 хв (АХ)/	41,7	5, 4	4570	314	503
30 хв/	38,1	6,3	5140	370	530
45 хв/	36,0	5,7	5405	352	550

Як видно із даних табл. 1, із обгорток кукурудзи отримано волокнистий напівфабрикат з виходом від 40,7 % до 36 %, що відповідає целюлозі нормального виходу та підтверджується низьким вмістом лігніну у ВНФ. Треба відмітити достатньо високі показники міцності, особливо міцність на злом під час багаторазових перегинів. Отримані результати частково підтверджуються мікрофотографіями зробленими з використанням світлового мікроскопа зі збільшенням 8Х10 (рис. 5). Із рис. 5 видно, що у масі після варіння 15 та 30 хв містяться клітини епідермісу, вміст яких після варіння 45 хв майже зникає, в основному, через їх переварювання. Видно значну кількість довгих добре делігніфікованих луб'яних волокон (фіолетове забарвлення), судини спіральні.

а) б) в)

Рисунок 5 – Мікроскопічна будова січки обгорток кукурудзи а) 15 хв б) 30 хв ; в) 45 хв

Висновок: Проведеними дослідженнями показано ефективність застосування лужного способу перероблення обгорток качанів кукурудзи з отриманням целюлози нормального виходу за температури 120 ^{o}C з витратами активного лугу 16 % в од. Na_2O та тривалості варіння до 45 хв.

Література

1. Ali, A., Wani, T. A., Wani, I. A., and Masoodi, F. A. (2016). Comparative study of the physico-chemical properties of rice and corn starches grown in Indian

temperate climate, Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, no 15(1), 75-82.

DOI: 10.1016/j.jssas.2014.04.002

2. Кукурудза: коли садити, урожайність та кращі сорти - WEAGRO https://weagro.com.ua/blog/kukurudza-koly-sadyty-urozhajnist-ta-krashhi-sorty/?utm_source=chatgpt.com

3. Черьопкіна Р.І. Денисенко А. М. Хімічне перероблення обгорток качанів кукурудзи на волокнисті напівфабрикати Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». 2021. № 1 (20). – С.63 – 73 https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2021.228142

4. Пакувальний папір із напівфабрикатів обгорток качанів кукурудзи. Черьопкіна Р.І., Денисенко А.М., Дейкун І.М., Трембус І.В. Технічні науки та технології. 2021. – №2(24). – С. 159 – 170. https://ir.stu.cn.ua/handle/123456789/24167?utm_source=chatgpt.com)

УДК 677.464

АЦЕТАТНІ ВОЛОКНА

Студент Воробйов В.В. доцент, к.т.н. Дейкун І.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація. Розглянуто технологію отримання ацетатних волокон, їхні основні фізико-хімічні властивості, переваги та обмеження, а також застосування в текстильній, медичній промисловості, виробництві фільтрів і спеціальних матеріалів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЦЕТАТИ ЦЕЛЮЛОЗИ, ОЦТОВИЙ АНГІДРИД, АЦЕТИЛЮВАННЯ, ГІДРОЛІЗ

ACETATE FIBERS

Student Vorobyov V.V., Associate professor, PhD Deikun I.M.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract: The technology of obtaining acetate fibers, their main physicochemical properties, advantages and limitations, as well as applications in the textile and medical industries, the production of filters and special materials are considered.

KEYWORDS: CELLULOSE ACETATES, ACETIC ANHYDRIDE, ACETYLATION, HYDROLYSIS

Світове виробництво хімічних волокон за прогнозами до 2030 року досягне 160 млн. т. На сьогодні на ринку хімічних волокон найбільшу частку, 57% від загального обсягу виробництва, займають синтетичні поліестерні волокна.

Останніми роками стабільно зростає виробництво штучних хімічних волокон, одержаних переробкою целюлози. Так, їхнє виробництво зросло з 7,4

млн. т у 2022 році до 7,9 млн. т у 2023 році і складає 6% світового ринку хімічних волокон. Зростання виробництва штучних волокон на основі целюлози зумовлено підвищеним попитом на біорозкладні текстильні матеріали. Крім того, збільшення інвестицій для створення виробництв екологічно безпечних волокон та удосконалення існуючих технологій підвищують ефективність виробництва та доступність продукції.

Штучні хімічні волокна одержують переробкою целюлози, отриманої з бавовни, деревини або інших рослинних матеріалів. Тож штучні волокна, на відміну від синтетичних, що виробляються з невідновних ресурсів і використання яких сприяє накопиченню пластикових відходів у навколишньому середовищі, є екологічно безпечною альтернативою синтетичним волокнам.

Ацетатні волокна належать до групи штучних волокон, які отримують хімічною модифікацією целюлози оцтовим ангідридом.

Технологія одержання ацетатних волокон включає в себе наступні етапи:

Підготовка целюлози та її активація. Целюлоза з деревини або бавовни подрібнюється або розпушується та обробляється оцтовою кислотою.

Ацетилювання целюлози. Активована оцтовою кислотою целюлоза взаємодіє з оцтовим ангідридом у присутності каталізаторів (сірчаної, хлорної кислоти або їхньої суміші), що призводить до утворення триацетату целюлози. Ацетилювання може проводитися у гомогенному або гетерогенному середовищі.

Гідроліз триацетату целюлози. Проводиться в тому випадку, коли потрібно одержати неповністю заміщений продукт: для покращення розчинності первинного ацетату – триацетату целюлози проводиться часткове відщеплення зв'язаної оцтової кислоти, в результаті якого отримують вторинний ацетат – діацетат целюлози.

Формування волокон. Розчини ацетатів целюлози в органічних розчинниках проходять процес прядіння сухим або мокрим способом, що дозволяє сформувати волокна заданої товщини та структури.

Фізико-хімічні властивості ацетатних волокон: Ацетатні волокна відзначаються високою еластичністю та приємною текстурою. Ацетатні волокна мають натуральний блиск, який імітує шовк, що забезпечує естетичну привабливість готових виробів. Під час нагрівання волокна набувають пластичності. Механічні властивості ацетатних волокон є порівняно невисокими: розривна довжина складає 11–14 км, що менше, ніж у віскозної пряжі та синтетичних волокон. У вологому стані міцність триацетатних волокон знижується на 10–15%, а у вторинного ацетату — на 35–40%. Волокна мають низьку гігроскопічність, що сприяє збереженню форми виробів після прання та швидшому висиханню. Ацетатні волокна гарно пропускають ультрафіолетові промені, досить стійкі до дії розведених кислот і лугів, однак можуть руйнуватися дією концентрованих реагентів.

До недоліків ацетатних волокон належать порівняно низька зносостійкість і висока здатність електризуватися.

Застосування ацетатних волокон: Завдяки своїм властивостям, ацетатні волокна використовуються у текстильній промисловості для виробництва легких, блискучих, шовковистих тканин та виробів з них, у медичній галузі – для різноманітних виробів медичного призначення: пов'язок, одноразового одягу та інших матеріалів, де потрібна висока стерильність та хімічна стабільність. Ацетатні волокна застосовуються для виробництва фільтрів для цигарок, фільтрів для очищення повітря та рідин завдяки своїй структурі, що забезпечує добру проникність. Також волокна використовують у виробництві нетканих матеріалів, пакувальних матеріалів та у складі композиційних матеріалів, де потрібне поєднання легкості з певними механічними характеристиками.

Висновки. Ацетатні волокна є важливим продуктом сучасної хімічної промисловості, які поєднують у собі властивості як природних, так і синтетичних матеріалів. З ацетатних волокон отримують вироби з гарним зовнішнім виглядом та специфічними технологічними характеристиками, що сприяє їхньому широкому застосуванню у текстильному виробництві, медичних матеріалів і фільтрів. Проте недоліки, зокрема, зниження міцності у вологому стані та обмежена хімічна стійкість до сильних реагентів, вимагають вдосконалення технологій їх отримання та обробки. Подальші дослідження модифікації ацетатних волокон сприятимуть розширенню їхнього застосування, особливо з огляду на зростаючі вимоги екологічної безпеки.

Перелік посилань:

1. Production of manmade cellulosic fibers (MMCFs) worldwide from 2017 to 2023 [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: https://www.statista.com/statistics/1250891/global-production-manmade-cellulosic-fibers/ звернення 07.04.2025) – Назва з екрана.

2. Cellulose Fiber Market Size, Share & Growth Report, 2030 [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Режим доступу: https://marketresearchcommunity.com/cellulose-fiber-market/ звернення 07.04.2025) – Назва з екрана.

3. R.G. Candido, G.G. Godoy, A. Gonçalves, Characterization and application of cellulose acetate synthesized from sugarcane bagasse, Carbohydr. Polym. 167 (2017). p. 280–289. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.03.057

4. Барбаш В.А., Дейкун І.М. Хімія рослинних полімерів/ Навчальний посібник. За редакцією В.А. Барбаша. Київ: «Каравела», 2018.- 440 с.

УДК 661.728

ВЛАСТИВОСТІ МЕТИЛЕТИЛЦЕЛЮЛОЗИ

Студент Науменко М.О., доцент, к.т.н. Дейкун І.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація. Наведено спосіб синтезу метилетилцелюлози алкілуванням у лужному середовищі, її фізико-хімічні властивості: високу в'язкість водних розчинів, термостабільність, хімічну інертність і плівкоутворювальну здатність та застосування як загусника, стабілізатора, плівкоутворювача і модифікатора реології.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕТИЛЕТИЛЦЕЛЮЛОЗА, СТУПІНЬ ЗАМІЩЕННЯ, В'ЯЗКІСТЬ, ТЕРМОСТАБІЛЬНІСТЬ, ЗАГУСНИК.

PROPERTIES OF METHYLETHYLCELLULOSE

Student Naumenko M.O., Associate professor, PhD Deikun I.M.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract: The method of synthesis of methyl ethyl cellulose by alkylation in an alkaline medium, its physicochemical properties: high viscosity of aqueous solutions, thermal stability, chemical inertness and good film-forming ability and its use as a thickener, stabilizer, film former and rheology modifier are presented.

KEYWORDS: METHYL ETHYL CELLULOSE, DEGREE OF SUBSTITUTION, VISCOSITY, THERMAL STABILITY, THICKENER.

Сьогодні перед наукою постає потреба створення нових полімерних матеріалів, які не лише володіють важливими фізико-хімічними

властивостями, а й відповідають сучасним екологічним вимогам. Тому використання целюлози, як природного, доступного, фізіологічно інертного і повністю біорозкладного полімеру для створення нових функціональних продуктів на її основі набуває важливого значення.

Хімічна модифікація целюлози шляхом утворення етерів та естерів целюлози дозволяє цілеспрямовано змінювати її властивості: розчинність у різних розчинниках, хімічну стійкість, термостійкість, стійкість до дії бактерій.

Метилетилцелюлоза — це змішаний етер целюлози, у якому до целюлози шляхом хімічної модифікації вводять одночасно метильні і етильні групи Метилетилцелюлоза має наступну загальну формулу:

$$[C_6H_7O_2(OH)x(OCH_3)y(OC_2H_5)z]n,$$

де y≈0,2–0,4 – кількість заміщених гідроксильних груп на метильну групу; z≈0,57–0,8 – кількість заміщених гідроксильних груп на етильну групу; кількість незаміщених гідроксильних груп x=3–(y+z).

Ступінь заміщення метилетилцелюлози може варіюватися від ~0,8 до 1,2 заміщених груп на одну елементарну ланку целюлози, з них метильних груп ≈3,5–6,5% , а етильних ≈14,5–19%.

Метилетилцелюлозу отримують алкілуванням лужної целюлози. Целюлозу обробляють концентрованим розчином NaOH, що сприяє її набуханню, а потім послідовно вводять метильні та етильні групи – наприклад, реакціями з диметилсульфатом і хлористим етилом. Після реакції продукт промивають від залишкових реагентів і випаровують розчинник, отримуючи суху метилетилцелюлозу.

Метилетилцелюлоза являє собою гігроскопічний білий або злегка жовтуватий порошок без запаху, у холодній воді утворює в'язкий опалесцентний колоїдний розчин і не розчиняється в етанолі. Її водні розчини

зберігають високу в'язкість і термостабільність. **Метилетилцелюлоза** є хімічно інертною неіонною сполукою – вона мало реагує за звичайних умов, стабільна в нейтральному та слабколужному середовищі, хоча при нагріванні та дії концентрованих кислот може руйнуватися.

Метилетилцелюлоза використовується як загусник, стабілізатор емульгатор і піноутворювач. У харчовій промисловості метилетилцелюлозу додають у соуси, креми, морозиво як стабілізатор та загусник, вона відповідає за оптимальну текстуру і стабільність продукту. У фармацевтиці її застосовують як зв'язувальний агент у таблетках та як загусник суспензій, а у виробництві косметичних засобів як засіб для регулювання в'язкості і плівкоутворювач. Окрім того, метилетилцелюлозу використовують у лакофарбовій та паперовій промисловості як модифікатор реології для утримання вологи, покращення адгезії, а також у будівництві як добавки до штукатурок та клеїв для контролю густини і плинності розчинів.

Список літератури:

1. J.-X. Guo, D. G. Gray. Preparation, characterization, and mesophase formation of esters of ethylcellulose and methylcellulose: Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry 32 (5), 889-896.

2. Ahmadi, P., Jahanban-Esfahlan, A., Ahmadi, A,; Tabibiazar, M., Mohammadifar, M. Development of Ethyl Cellulose-based Formulations: A Perspective on the Novel Technical Methods. Food Rev. Int. 2020, 1–48.

3. Rekhi, G.S.; Jambhekar, S.S. Ethylcellulose-A Polymer Review. Drug Dev. Ind. Pharm. 1995, 21, 61–77.

4. Wasilewska, K.; Winnicka, K. Ethylcellulose–A Pharmaceutical Excipient with Multidirectional Application in Drug Dosage Forms Development. Materials. 2019, 12, 3386.

УДК 676.274

ПЕРЕРОБЛЕННЯ ОБГОРТОК КУКУРУДЗИ ЗА АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

А. Степанишина, бакалавр, Т. **Хатмуллін**, бакалавр,

Р. Черьопкіна, доцент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація

Досліджено можливість використання обгорток кукурудзи як альтернативної недеревної сировини для отримання волокнистих напівфабрикатів за атмосферного тиску. Сировину піддавали лужному варінню з витратами активного лугу 10% та з додаванням 0,1% антрахінону з подальшим дослідженням хімічного складу напівфабрикатів. Визначено масову частку лігніну, вміст альфа-целюлози, смол, жирів і восків, в'язкість та ступінь полімеризації. Окреслено перспективи використання агровідходів у целюлозно-паперовій промисловості.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *ОБГОРТКИ КУКУРУДЗИ, АНТРАХІНОН, А-ЦЕЛЮЛОЗА, СТУПІНЬ ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ*

Abstract

The possibility of using corn husks as an alternative non-wood raw material for the production of fibrous semi-finished products under atmospheric pressure has been investigated. The raw material was subjected to alkaline cooking with a 10% NaOH solution and the addition of 0.1% anthraquinone, followed by analysis of the chemical composition of the semi-finished products. The mass fraction of lignin,

alpha-cellulose content, extractives (resins, fats, and waxes), viscosity, and degree of polymerization were determined. The prospects for using agricultural waste in the pulp and paper industry are outlined.

KEYWORDS: *CORN HUSKS, NON-WOOD FIBER, ANTHRAQUINONE, ARCHIVAL PAPER, ALPHA-CELLULOSE, POLYMERIZATION DEGREE*

У світі, де ресурси вичерпуються, а вимоги до екологічної відповідальності зростають, пошук нових джерел волокнистої сировини є не лише науковим завданням, а й соціальною необхідністю. Целюлозно-паперова промисловість, традиційно орієнтована на деревину, стикається з дедалі гострішими обмеженнями: зниженням доступності деревної сировини, дефіцитом природних лісів, необхідністю зниження вуглецевого сліду.

У цьому контексті увагу привертають агропромислові відходи, що дозволить зменшити використання традиційних природних ресурсів та водночас покращити їхню кінцеву утилізацію.

Процеси використання відходів як сировини для перероблення на волокнисті напівфабрикати нині розглядаються економічно доцільними з метою покращення використання існуючих ресурсів у навколишньому середовищі та зниження їх дефіциту [1].

Перспективними очевидно будуть стратегії, які сприяють використанню ресурсів та відходів, скорочують стадії процесів та роблять цикл виробництва, використання та остаточної утилізації товарів та послуг більш ефективним [2].

До них можна віднести так звану кругову економіку, яка включає в себе концепцію експлуатації, відновлення і регенерації, як можна більшої кількості ресурсів з вирішенням основних питань обмеженості ресурсів та забруднення, які створюються відходами в результаті економічної діяльності [3].

Відходи у вигляді лушпиння кукурудзи вивчали з метою використання як основи для отримання упаковки для швидкого харчування [4]. Основною перевагою цієї сировини визначено її відновлюваність протягом дуже коротких періодів, значний запас вуглеводної частини, легкість перероблення на волокна з отриманням упаковки, заміною первинної деревної сировини [5].

Попередніми дослідженнями проведеними у лабораторії кафедри екології та технології рослинних полімерів було показано, що за хімічним складом, морфологією обгортки можна вважати повноцінною сировиною для перероблення на ВНФ [6]. Також успішно їх переробляли лужними способами з метою використання у композиції пакувального паперу [7].

Актуальність використання обгорток підкріплюється дослідженнями, які підтверджують ефективність застосування їх для виробництва різної целюлозної продукції [8]

Мета роботи. Метою дослідження є визначення хімічних характеристик волокнистих напівфабрикатів, одержаних з обгорток кукурудзи після лужної обробки за атмосферного тиску.

Матеріали і методи дослідження

У дослідженні використано обгортки кукурудзи, які піддавали варінню у вигляді січки з витратами активного лугу **10 % від маси абс. сух. сировини** (натронне варіння) за атмосферного тиску з варіантами без каталізатора та з каталізатором **антрахіноном (АХ)** з витратами 0,1 % від маси абс. сух. січки. Варіння здійснювалось протягом години за температури 105 – 107 °С. Температуру підтримували за рахунок нагрівання вмісту колби на електричній плитці. Колба з'єднана зі зворотнім холодильником, що дозволяє підтримувати концентрацію маси. Каталізатор АХ використовували для посилення процесу делігніфікації та мінімізації пошкодження вуглеводного скелета целюлозного волокна [8].

Зовнішній вигляд установки для варіння обгорток у колбі зі зворотнім холодильником на електричній плитці показано на рис. 1. Зовнішній вигляд напівфабрикату після промивання показано на рис. 2.

Рисунок 1 – Процес варіння обгорток кукурудзи за атмосферного тиску

Рисунок 2 – Зовнішній вигляд напівфабрикату після промивання

Після хімічної обробки січки, отримані напівфабрикати промивали водопровідною водою, та визначали наступні показники за стандартними методиками [9]:

вихід, %; масову частку лігніну, %; альфа-целюлозу, %; екстрактивні речовини (смоли, жири, воски – СЖВ), %; в'язкість (ISO 5351), міліпуази; ступінь полімеризації.

Необхідно відмітити, що після натронного варіння отримано напівфабрикат кольору вихідної сировини, що не характерно для такого способу варіння.

Показники порівнювали з вимогами до довготривалого паперу згідно ISO 9706, DIN 6738. Результати досліджень варіння січки обгорток за атмосферного тиску наведено у табл. 1.

Напівфабрикати після натронного варіння з АХ демонструють кращі показники: підвищення вмісту альфа-целюлози, зниження залишкового лігніну. В'язкість і ступінь полімеризації закономірно нижчі. Це свідчить про

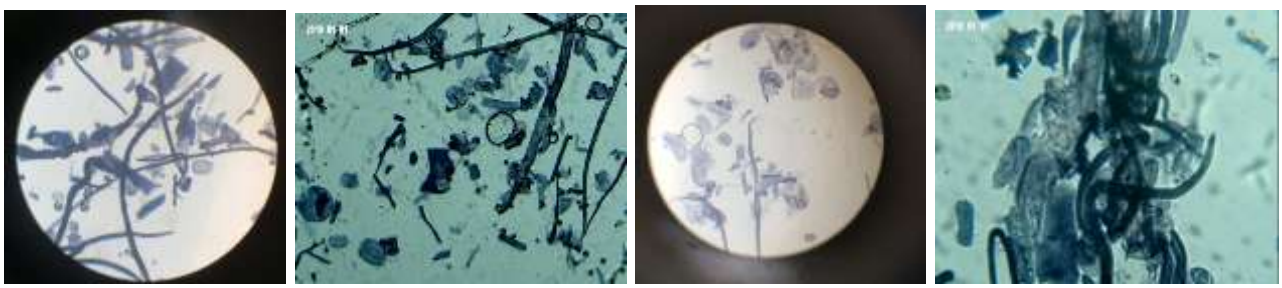
збереження цілісної структури макромолекул целюлози, необхідної для довготривалої експлуатації паперу.

Таблиця 1 – Результати досліджень натронного варіння січки обгорток кукурудзи

Показник	**Натронний**	**Натронний +АХ**	**Норма (ISO 9706 / DIN 6738)**
Вихід, %	47,2	34,2	–
Лігнін, %	3,5	3,05	≤ 1%
Альфа-целюлоза, %	50,2	56,5	≥ 72% (оптимально >80%)
СЖВ, %	1,39	2,84	≤ 0,5%
В'язкість, мП	17472,6	12630,5	≥ 800
Ступінь полімеризації	1148,25	1089,36	≥ 400

Однак вміст СЖВ у напівфабрикатах залишається від 1,39 до 2,84 %. Це може негативно впливати на довговічність і стійкість паперу, оскільки екстрактивні речовини мають тенденцію до окиснення і гідролізу [2].

Мікрофотографіями зробленими з використанням світлового мікроскопа зі збільшенням 8Х10 та електронного мікроскопа BRESSER Biolux LCD зб 8Х4 (рис. 5) показано вигляд різних анатомічних елементів ВНФ.



а) б) в) г)

Рисунок 3 – Мікрофотографії зразків отриманих із обгорток кукурудзи

Із рис. 3 видно, що у масі після варіння як без каталізатора, так із антрахіноном спостерігається наявність клітин епідермісу, паренхимні клітини, судини, які не втрачаються після варіння та промивання. Основні довгі паперотворні луб'яні волокна добре делігніфіковані (фіолетово-синє забарвлення) знаходяться у великій кількості.

З волокнистих напівфабрикатів, отриманих з обгорток кукурудзи отримано лабораторні зразки відливок, зовнішній вигляд яких показано на рис. 4.

Рисунок 4 – Зовнішній вигляд відливок, отриманих з ВНФ із обгорток кукурудзи

Висновки. У результаті проведених досліджень можна зробити висновок про перспективність перероблення обгорток качанів кукурудзи за атмосферного тиску з отриманням волокнистих напівфабрикатів. Важливою темою у подальшому вбачаємо у вивченні фізико-механічної стійкості волокон із обгорток до старіння.

Список використаних джерел

1. Balaceanu, C.D.; Tilea, M.; Penu, D. Perspectives on Eco Economics. Circular Economy and Smart Economy. Acad. J. Econ. Stud.2017,3, 105–109

https://ideas.repec.org/a/khe/scajes/v3y2017i4p105-109.html

2.Wever, R.; van Kuijk, J.; Boks, C. User-centred design for sustainable behaviour. Int. J. Sustain. Eng. 2008,1, 9–20 **https://www.researchgate.net/publication/228620795_User-centred_design_for_sustainable_behavior**

3. Hernán Darío Castaño Castrillón1, 2, * , Carlos Mario Gutiérrez Aguilar 1and Beatriz Elena Angel Álvarez. Circular Economy Strategies: Use of Corn Waste to Develop Biomaterials https://www.researchgate.net/publication/353521355_Circular_Economy_Strategies_Use_of_Corn_Waste_to_Develop_Biomaterials

4. Andy Huatatoca, L.S. Elaboración de Papel Artesanal a Base de los Residuos Vegetales de los Tallos de Maíz (Zea Mays l) y Cáscara de Plátano (Musa Paradisiaca l) Utilizando los Métodos Químicos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner; Universidad Nacional de Chimborazo: Riobamba, Ecuador, 2020; p. 57

dehttps://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-toribio-rodriguez-de-mendoza-de-amazonas/comercializacion-agricola/elaboracion-del-papel-artesanal-a-base-de-los-residuos-vegetales-de-los-tallos-de-maiz-y-cascaras-de-platano-utilizando-los-metodos-quimicos-de/59534126

5. Aarnio, T.; Hämäläinen, A. Challenges in packaging waste management in the fast food industry. Resour. Conserv. Recycl. 2008, 52, 612–621.

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344907001620?via%3Dihub

6. Черьопкіна Р.І. Денисенко А. М. Хімічне перероблення обгорток качанів кукурудзи на волокнисті напівфабрикати Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». 2021. № 1 (20). – С.63 – 73 https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2021.228142

7. Пакувальний папір із напівфабрикатів обгорток качанів кукурудзи. Черьопкіна Р.І., Денисенко А.М., Дейкун І.М., Трембус І.В. Технічні науки та

технології. 2021. – №2(24). – С. 159 – 170. https://ir.stu.cn.ua/handle/123456789/24167?utm_source=chatgpt.com)

8. 6. Черьопкіна Р.І. Денисенко А. М. Хімічне перероблення обгорток качанів кукурудзи на волокнисті напівфабрикати Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». 2021. № 1 (20). – С.63 – 73 https://doi.org/10.20535/2617-9741.1.2021.228142

7. Пакувальний папір із напівфабрикатів обгорток качанів кукурудзи. Черьопкіна Р.І., Денисенко А.М., Дейкун І.М., Трембус І.В. Технічні науки та технології. 2021. – №2(24). – С. 159 – 170. https://ir.stu.cn.ua/handle/123456789/24167?utm_source=chatgpt.com)

8.Purwaningsih, S. A., Suprapti, A., & Budiarti, I. (2022). Heavy metal pollution impact on environmental quality and human health. *EAI Endorsed Transactions on Energy Web*, 10(11), e8. [https://doi.org/10.4108/eai.16-11-2022.2326122]

9. Черьопкіна Р.І., Трембус І.В., Дейкун І.М., Барбаш В.А.. *Технологія недеревних волокнистих напівфабрикатів*. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 229 с. [https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/3b31eb39-c4b1-4d65-8e60-fb02d4e2ed83/content]

СЕКЦІЯ 3
«ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 66.047

PURIFICATION OF AIR FROM AMMONIA

Sytnyk V. M., Haidai S. S.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ABSTRACT: *The study presents an analysis and description of the air purification system from ammonia.*

KEY WORDS: *AMMONIA, ABSORBER, PURIFICATION, AIR.*

ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ВІД АМІАКУ

Ситник В.М., Гайдай С.С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

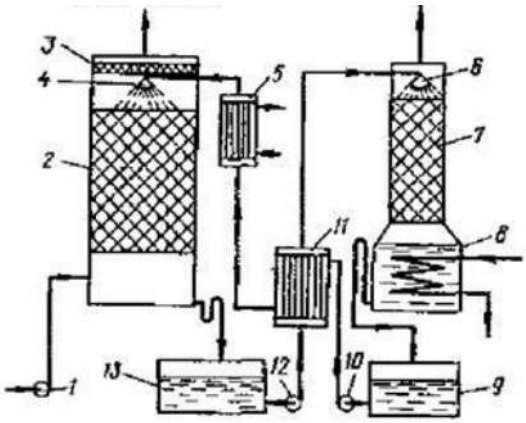
АНОТАЦІЯ: *У роботі проведено аналіз схеми очищення повітря від аміаку та здійснено її опис.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *АМІАК, АБСОРБЕР, ОЧИЩЕННЯ, ПОВІТРЯ.*

The gas for the absorption process enters the lower part of the column via a blower, where it is evenly distributed before contacting the working elements. At the same time, the absorbent stored in an intermediate tank is pumped to the top of the unit and is uniformly distributed across the entire cross-section of the column through a spray system. Inside the apparatus, an intensive counter-current interaction between the liquid and gaseous phases occurs.

The purified gas exits the column after passing through a demister. The spent absorbent flows through a hydraulic seal back into the intermediate tank, from where it is pumped to a desorber for regeneration. Prior to this, its temperature is increased using a heat exchanger (recuperator). The absorbed substance is removed in a special

desorption zone, which is typically heated with saturated steam. Before being reused, the absorbent is further cooled in a cooler after exiting the heat exchanger.



1 – blower; 2 – absorber; 3 – demister; 4, 6 – spray nozzles; 5 – cooler; 7 – desorber; 8 – desorber pump; 9, 13 – absorbent tanks; 10, 12 – pumps; 11 – heat exchanger (recuperator).

Figure 1 – |Air purification system from ammonia

During the absorption process, mass transfer occurs at the interface between the gas and liquid phases. Therefore, in equipment designed for gas absorption by liquids (absorbers), it is necessary to ensure a large contact surface area between these two media.

A packed absorber is a column filled with a special packing material – Raschig rings. These rings are randomly arranged inside the unit. The main parameters characterizing the packing are its specific surface area and void fraction.

Raschig rings are short pieces of pipe (roughly equal in length and diameter) used in large quantities as a packing layer in distillation columns and other chemical engineering processes. Typically made of ceramic or metal, they provide a large surface area within the working volume of packed columns to promote interaction between the liquid and gas or vapor phases.

As the liquid enters the packing, it flows over its surface in the form of a thin film and is also distributed within the packing layer in the form of droplets and splashes. However, if the liquid is introduced onto an unevenly packed bed, uniform

distribution across the entire cross-section of the column is not achieved, since the packing near the walls is always less dense than in the central zone. The gas stream enters the bottom of the column and moves upward, creating a counter-current flow relative to the liquid.

Packed absorbers are among the most common types of equipment used in mass transfer processes, particularly for gas absorption by liquids. Their popularity is due to several significant advantages.

One of the key benefits is the simple design, which does not include complex moving parts as found in tray or bubbling absorbers. This makes them more reliable, less sensitive to operational stresses, and easier to maintain. This is particularly important when working with aggressive media, as corrosion protection is primarily needed only for the column shell and support grids holding the packing. The packing elements themselves can be made of chemically resistant materials such as ceramic or porcelain, significantly extending the service life of the equipment.

Another notable advantage of packed absorbers is their relatively low hydraulic resistance. Compared to bubbling absorbers, this reduces the energy consumption required for gas flow, making the process more energy-efficient. Moreover, the packing provides a highly developed surface area for contact between the gas and liquid phases, enhancing mass transfer intensity and improving gas purification efficiency.

Thanks to these characteristics, packed absorbers are an optimal choice for many industrial processes, providing reliability, durability, and high absorption efficiency.

REFERENCES:

1. Технологія зв’язаного азоту: курс лекцій. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», ОПП «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой,

С.А. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 8,28 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 293 с.

2. Gas Purification. — 5th ed. / Arthur Kohl, Richard Nielsen; Gulf Publishing Company. Houston, Texas 77252-2608, 1997. — 1389 p.

MODERNIZATION OF ETHANOL PRODUCTION PLANT WITH DEVELOPMENT OF HEAT EXCHANGERS

student Vereshchuk I.Yu. Assoc. Prof. Ph.D., Stepaniuk A.R.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic University of Ukraine"

ANNOTATION: This paper presents an analysis of the technical and technological performance of the heat exchanger. The proposed modernization of the heat exchanger is justified.

KEYWORDS: HEAT EXCHANGER, HEAT EXCHANGE, SHELL-TUBE HEAT EXCHANGER, MODERNIZATION.

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ З РОЗРОБКОЮ ТЕПЛООБМІННИК

студент Верещук І.Ю. доц. к.т.н., Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний університет України імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: В даній роботі наведено аналіз технічної та технологічної працездатності теплообмінника. Обґрунтовано запропоновану модернізацію теплообмінника.

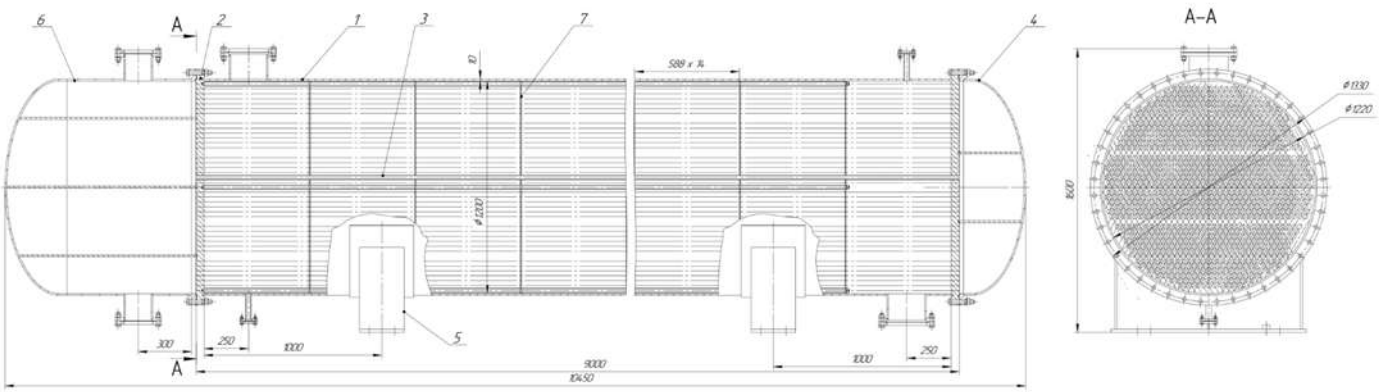
КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕПЛООБМІННИК, ТЕПЛООБМІН, КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

For chemical enterprises, one of the main tasks is to increase the efficiency of heat exchangers. It is possible to solve this problem on the basis of already installed units either by using already proven methods, or by searching for new opportunities

that contribute to the intensification of heat exchange in heat exchange equipment. Today, there are a number of developed and tested methods that will allow achieving stability of heat exchangers and increasing their productivity [1].

Improved heat exchangers typically have higher efficiency, smaller footprint, and better corrosion resistance. This can be important, especially for retrofit projects.

Figure 1 shows the structure of the heat exchanger, which consists oftube bundle, which is rotated in the casing 1, heat exchange tubes 3, which are flared in the tube grids 2. The tube grid is rigidly connected to the casing. From the ends, the casing of the apparatus is closed by a distribution chamber 6 and contains a partition. The casing and the chambers are connected by flanges.



1 – casing, 2 – pipe grids, 3 – pipes, 4 – cover, 5 – supports, 6 – distribution chamber, 7 – partition

Figure 1 - Horizontal shell-and-tube heat exchanger

In a shell-and-tube heat exchanger, one of the media exchanging heat moves inside the tubes (in the tube space) - I, and the other - II - in the intertube space. The media are directed in a countercurrent direction to each other. With relatively small fluid flows, its speed in the tubes of single-pass heat exchangers is small, which means that the heat transfer coefficients are small. To increase the latter for a given surface of the heat exchanger, the height (length) of the tubes can be increased by reducing their diameter. However, such heat exchangers are inconvenient to install,

require high premises and increased metal consumption for the manufacture of parts that do not directly participate in heat exchange (the casing of the apparatus). Therefore, it is more rational to increase the heat transfer rate by using multi-pass heat exchangers. Heat exchangers of this type allow obtaining sufficiently high speeds in the tubes with large volumetric flows of the medium moving in them.

Shell and tube heat exchangers are characterized by resistance to water hammer, reduced requirements for the cleanliness of the media, relatively low heat transfer coefficient and, as a result, large dimensions and areas required for maintenance, as well as high price due to high metal content. In addition, the repair of such heat exchangers is usually associated with plugging damaged tubes, which leads to a decrease in the heat exchange area. Therefore, heat exchangers are usually selected with a large margin on the surface, which also determines their large dimensions.

Modern shell-and-tube heat exchangers are approaching plate and shell-and-plate heat exchangers in terms of efficiency, heat transfer coefficient, and dimensions.

This is achieved by using the so-called flow turbulators - partitions in the tubes and intertube space, as well as corrugated tubes, in which the flow of the medium is highly turbulent, which leads to an increase in the heat transfer coefficient and, as a result, to a reduction in dimensions. Recently, vertical shell-and-tube heat exchangers have been used to reduce the use of production space. They allow for the regulation of condensate, if necessary.

The following methods are proposed to modernize the selected design:

1) expanding the cross-sectional area of the intertube space and reducing the viscosity of the coolant, which will reduce the hydraulic resistance that occurs in the intertube space when heating highly viscous substances.

2) manufacturing a tube bundle from bimetallic tubes ribbed on the outside.

3) creation of spiral channels between the pipes, formed on the outer surface of the inner pipes. The spiral shape of the safety channel was chosen because damage to the pipe along the longitudinal axis is guaranteed to activate automatic control and alarm systems.

4) making the end covers removable, providing access for maintenance and repair.

The intensification of the heat exchange process in the device can be improved by using small metal chaotic elements (nozzles). This method of intensification is the most effective.

Figure 3 shows a diagram and view of the flow channel with a nozzle.

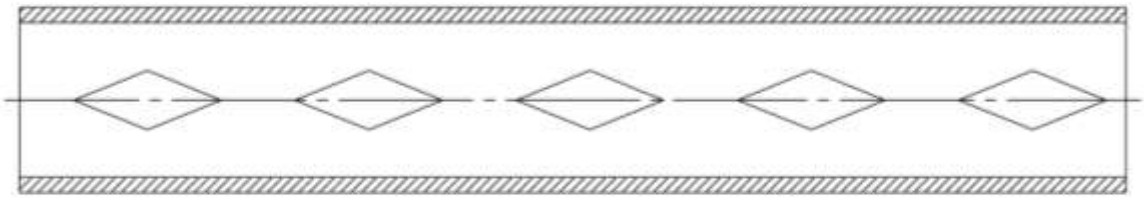


Figure 3 – Flow channel diagram with nozzle

These technological solutions are the most accessible and effective method of controlling the heating or cooling process, as they will allow to increase the heat transfer coefficient, reduce dimensions, and increase their efficiency in use [2…5].

It is economically expedient to modernize equipment during its overhaul. Typically, modernization of equipment in the chemical and oil refining industries provides an increase in its productivity by 10-18%, and the costs incurred in accordance with it do not exceed half the cost of new production tools of similar purpose.

To increase the efficiency of heat transfer, we need to increase the turbulence of the flow on the side of a smaller heat transfer coefficient. For this, it is proposed to install a rod on which we string diamond-shaped inserts in the cross section, this will lead to turbulence of the flow, a decrease in the wall laminar layer and, as a result, an

increase in the heat transfer coefficient. Installing such a system will lead to a partial increase in pipe resistance, but due to the fact that the pipe cross section will be closed by 2%, respectively, the hydraulic resistance will increase by 4% [6].

List of links.

1. Smith R., Pan M., Bulatov I, "Heat Transfer Enhancement in Heat Exchanger Networks", Handbook of Process Integration, Minimization of Energy and Water Use, Waste and Emissions, Woodhead Publishing Series in Energy, 2013, p. 966-1037.
2. Di Pretoro A, D'Iglio F, and Manenti F. "Optimal cleaning cycle scheduling under uncertain conditions: a flexibility analysis on heat exchanger fouling." Processes 9:1. 2021. p. 93.
3. Arsenyeva O, Orosz Á, and Friedler F. "Retrofit synthesis of industrial heat exchanger networks with different types of heat exchangers." Chemical Engineering Transactions 88. 2021.
4. Karagodin A.S., Gulienko S.V. Modernization of the acetic acid production plant // Collection of abstracts of the XXVII All-Ukrainian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "Equipment of chemical production of building materials enterprises" November 25-26, 2020, Kyiv). – K.: "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 2020. – pp. 61-63.
5. Patent No. 115492 Ukraine, MPK F28B 9/08 (2006.01) F28F 1/00. Vertical shell-and-tube heat exchanger // Osadchy V. O., Dvoynos Ya. G. – filed on 11.05.2016. – published on 25.04.2017, Bulletin No. 8.

УДК 66.048.37:621.59

MODERNIZATION OF AN AIR SEPARATION UNIT WITH THE DESIGN OF A DISTILLATION COLUMN AND HEAT EXCHANGER

Stasiuk A. J., Haidai S. S.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ABSTRACT: *The operation of a cryogenic air separation unit has been analyzed, and the need for modernization of the distillation column and heat exchanger has been substantiated.*

KEY WORDS: *AIR SEPARATION UNIT, DISTILLATION COLUMN, HEAT EXCHANGER, CRYOGENIC TECHNOLOGY.*

МОДЕРНІЗАЦІЯ АЗОТНО-КИСНЕВОЇ УСТАНОВКИ З РОЗРОБКОЮ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ТА ТЕПЛООБМІННИКА

Стасюк А. Ю., Гайдай С. С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: Проаналізовано роботу кріогенної азотно-кисневої установки та обґрунтовано необхідність модернізації ректифікаційної колони та теплообмінника.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *АЗОТНО-КИСНЕВА УСТАНОВКА, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, ТЕПЛООБМІННИК, КРІОГЕННА ТЕХНОЛОГІЯ.*

Air Separation Units (ASUs) separate atmospheric air into high-purity oxygen and nitrogen, widely used in various industries. The main method is cryogenic rectification, based on differences in boiling points of air components.

The process involves air purification, compression (5–10 bar), cooling via heat exchangers and expanders, liquefaction, and separation in a two-column distillation

system. Trays or packing enhance mass transfer, and argon is additionally separated. Efficiency depends on the reflux ratio, internal elements, and operating conditions.

The rectification column is the core of the unit. Its modernization includes improved contact elements, optimized geometry, effective cleaning, and corrosion-resistant materials. Heat exchanger upgrades focus on larger surface areas, reduced pressure drops, and high thermal conductivity materials.

Modernization aims to improve separation efficiency, reduce energy use, and ensure stable, cost-effective operation.

Simplified Operating Principle of ASU:

1. Air purification from dust, moisture, and CO_2
2. Compression and cryogenic cooling
3. Rectification to separate oxygen, nitrogen, and argon
4. Product withdrawal and storage/use

The process scheme is shown in **Figure 1**, where purified and cooled air is separated in the column: nitrogen rises, oxygen sinks, and argon concentrates in the middle. High-purity gases are collected at designated points, Figure 1.

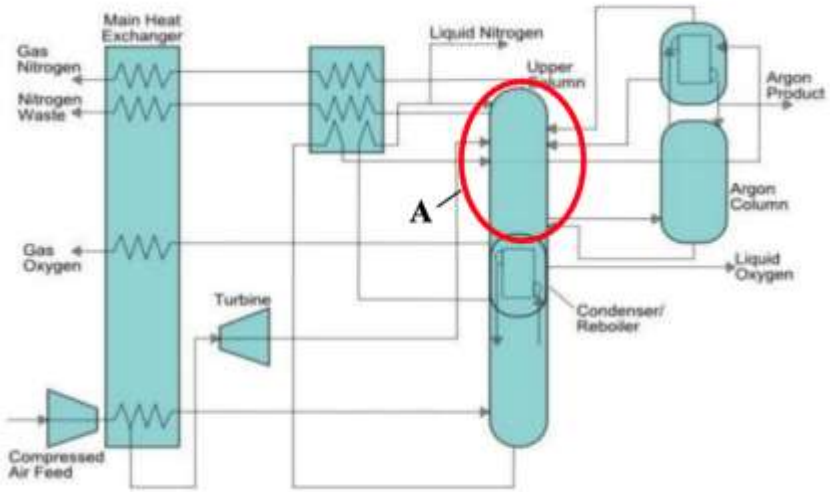


Figure 1 – Cryogenic air separation unit producing argon in addition to oxygen and nitrogen.

The unit offers several advantages, including high separation efficiency, energy efficiency, and the ability to recover argon. However, it also has drawbacks such as complex design, high cost, and sensitivity to process stability.

Modernization of the distillation column may include the use of more efficient packing with lower hydraulic resistance, optimization of geometry, fouling prevention, and corrosion-resistant materials. For the heat exchanger, improvements may involve increasing the heat transfer surface area, reducing pressure drops, enhancing thermal performance, and ensuring surface cleanliness. These measures aim to reduce energy consumption, improve product quality, and enhance overall unit performance.

REFERENCES:

1. Pintilie M., Șerban A., Popa V., Popa C. L. Design analysis of low pressure distillation column for cryogenic air separation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 595 (2019), 012023, pp. 1–7.
2. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, 4th Edition, Vol. 12, Wiley-Interscience, 2004, pp. 480–553.
3. Kumar L. Analysis of Steady State Cryogenic Air Separation Unit of Rourkela Steel Plant and Simulation of Fixed Bed Adsorption Separation of Air. Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Rourkela-769008, Odisha, June 2014.

УДК 661.7

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ

студентка Гурківська Т.В.б, доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто шляхи вдосконалення виробництва оцтової кислоти шляхом модернізації кип'ятильника. Проаналізовано необхідність удосконалення кип'ятильника для покращення теплової продуктивності установки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОЦТОВА КИСЛОТА, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ТЕПЛООБМІН, КИП'ЯТИЛЬНИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ.

MODERNIZATION OF THE ACETIC ACID PRODUCTION FACILITY

student Gurkivska T.V., associate professor, Ph.D. Huliienko S.V.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract: The ways to improve acetic acid production through the modernization of the reboiler are considered. The need to upgrade the reboiler to enhance the thermal performance of the unit is analyzed.

KEY WORDS: ACETIC ACID, PROCESS FLOW DIAGRAM, HEAT EXCHANGE, KETTLE, MODERNIZATION, THERMAL ENERGY.

Оцтова кислота CH_3COOH є однією з найважливіших органічних кислот, яка широко використовується в різних галузях промисловості. За нормальних умов вона добре змішується з водою, спиртами та іншими органічними розчинниками, що зумовлює її універсальність у хімічних процесах. Здатність оцтової кислоти до утворення естерів, солей (ацетатів) і участі в реакціях

конденсації робить її незамінним компонентом у багатьох технологічних циклах [1].

Зокрема, оцтова кислота застосовується у хімічній промисловості для синтезу органічних сполук (наприклад, оцтового ангідриду, естерів, ацетатів); виробництва пластмас та синтетичних волокон; у харчовій промисловості як консервант; у текстильній промисловості для обробки матеріалів [2].

У сучасній промисловості оцтова кислота відіграє ключову роль завдяки своїм унікальним хімічним властивостям і широкому спектру застосування, що зумовлює стабільне зростання обсягів її застосування в різних галузях промисловості. Серед основних промислових методів одержання оцтової кислоти варто виділити: карбонілювання метанолу з використанням каталізатора (метод Монсанто), каталітичне окиснення вуглеводнів, зокрема етилену та бутану, а також окиснення етанолу [2].

У межах даної роботи розглядається технологія отримання оцтової кислоти, що базується на процесах окиснення органічних речовин із подальшою очисткою кінцевого продукту. Розглянута технологічна схема адаптована відповідно до сучасних умов виробництва оцтової кислоти, з урахуванням актуальних вимог до енергоефективності та стабільності теплового режиму [2].

Процес виробництва включає кілька основних стадій: підготовку реагентів, каталітичне окиснення в реакторі, відділення побічних продуктів, ректифікаційну очистку оцтової кислоти та повернення залишків у цикл [2].

Технологічна схема (рисунок 1) передбачає багатостадійний процес, де всі елементи взаємопов'язані. Кожен апарат у схемі виконує свою функцію – зокрема, окислювальна колона забезпечує основний процес синтезу, сепаратор і конденсатори – розділення фаз, а ректифікаційні колони – очищення кінцевого продукту. Особливо важливими є елементи теплообміну, включаючи дефлегматори й кип'ятильники, що забезпечують стабільність теплового

режиму, необхідного для якісного відділення оцтової кислоти. На одному з ключових етапів використовується кип'ятильник, в якому відбувається нагрівання оцтової кислоти до температури кипіння 125°С з використанням гріючої пари під тиском 0,4 МПа [2].

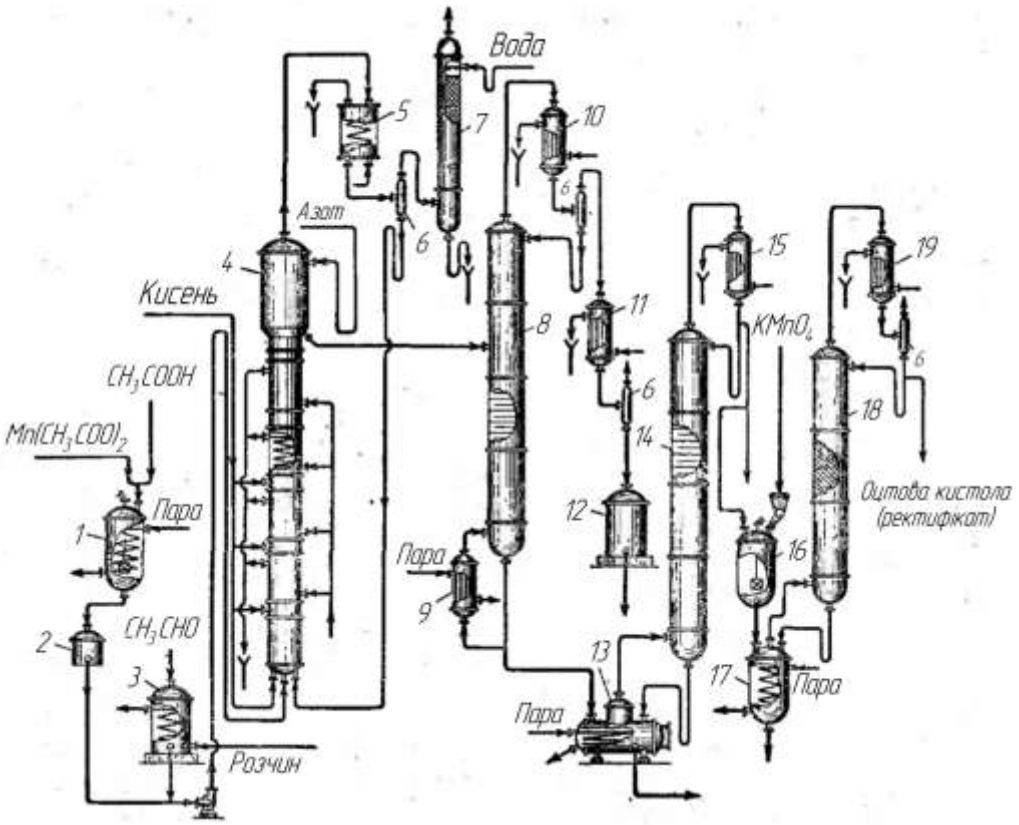


Схема виробництва оцтової кислоти окисенням [2]:

1 – апарат для приготування розчину каталізатора; 2 – проміжний бак; 3 – сховище ацетальдегіду; 4 – окислювальна колона; 5, 11 – конденсатори; 6 – сепаратор; 7 – скруббер; 8, 14 – тарілчасті ректифікаційні колони; 9, 13 – кип'ятильники; 10, 15, 19 – дефлегматори; 12 – збірник кислоти; 16 – реактор; 17 – випарник; 18 – насадочна ректифікаційна колона.

Кип'ятильник забезпечує випаровування основного продукту для його подальшої ректифікації та видалення домішок. Ефективність роботи установки значною мірою залежить саме від роботи цього апарата, оскільки він відповідає

за передачу тепла та стабілізацію температурного режиму на критичному етапі процесу [0].

У сучасних умовах функціонування промислових підприємств надзвичайно важливо досягати високої енергоефективності та зменшення експлуатаційних витрат [1].

Модернізація кип'ятильника пояснюється рядом причин, основні з яких:

- підвищення коефіцієнта теплопередачі за рахунок покращення конструкції теплообмінної поверхні (використання труб із турбулізаторами або ребристих труб);
- оптимізація витрат пари завдяки впровадженню автоматичного регулювання температури та тиску;
- зниження втрат теплоносія шляхом теплоізоляції корпусу та зменшення теплових втрат;
- підвищення надійності апарата за рахунок удосконалення вузлів з'єднань, зміни матеріалу конструкції (корозійностійкі сталі);
- забезпечення стабільності температурного режиму для уникнення перегрівання або недостатнього нагріву продукту.

Проведення модернізації дозволить забезпечити сталі технологічні показники, знизити витрати на енергоносії, зменшити навантаження на інші апарати установки та підвищити загальну ефективність виробництва оцтової кислоти. У перспективі це сприятиме покращенню екологічних характеристик процесу, зменшенню обсягів шкідливих викидів та витоків, а також підвищенню конкурентоспроможності продукції.

Висновки. Модернізація технологічного обладнання забезпечить не лише економічний ефект, а й сприятиме екологічним перевагам. До того ж покращиться загальна ефективність виробництва й зросте тривалість експлуатації та зменшення затрат на забезпечення продуктивності, що дозволяє підвищити стійкість і сталий розвиток підприємства. Здійснення модернізації

кип’ятильника є раціональним інженерним рішенням, що сприятиме покращенню економічних та технологічних показників усього виробництва.

Перелік використаної літератури:

1. Кірк-Отомер. Енциклопедія хімічної технології. Том 1–27. – М.: Хімія, 1990–2001.
2. Perry R.H., Green D.W. Perry’s Chemical Engineers’ Handbook. 8th ed. – McGraw-Hill, 2008.

UDC 661.72; 663.1

MODERNIZATION OF AN ETHANOL PRODUCTION PLANT WITH THE DEVELOPMENT OF A STEAM GENERATOR

student Marchuk D.M. Assoc. Prof. Ph.D., Stepaniuk A.R.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic University of Ukraine"

ANNOTATION: It is proposed to modernize the heat exchanger by turbulizing the coolant flow in order to increase the efficiency of energy transfer.

KEYWORDS: STEAM GENERATOR, EVAPORATION, SCALE, DIFFUSER, CONFUSER

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ З РОЗРОБКОЮ ПАРОГЕНЕРАТОРА

студент Марчук Д.М. доц. к.т.н., Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний університет України

імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: *Запропоновано модернізацію теплообмінник шляхом турбулізації потоку теплоносія з метою збільшення ефективності передачі енергії.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *ПАРОГЕНЕРАТОР, ЕВАПОРАЦІЯ, НАКИП, ДИФУЗОР, КОНФУЗОР*

The purpose of the modernization of the ethanol production plant was to develop a steam generator. According to the selected technological scheme for the production[1] of synthetic ethanol by direct hydration of ethylene, the steam generator functions as a recirculating boiler for heating the bottoms liquid.

For the selected shell-and-tube steam generator, the process scheme provides for conditions of high corrosion due to the presence of aggressive substances in the

rectification system and the formation of scale on the surface of the pipes due to cyclic changes in thermal loads. Considering the predetermined negative criteria for the impact on the evaporation process, it is necessary and expedient to counteract the decrease in stability and efficiency of the system. The main parameter affected by scale formation and chemical degradation of the tube bundle materials is the heat transfer coefficient: taking into account additional thermal resistances, where is the heat transfer coefficient from the heating agent to the pipes, is the heat transfer coefficient from the tube bundle to the bottom liquid. Based on the heat transfer coefficient formula, one can see the dependence of the heat transfer coefficient on the thickness of the scale layer. Having chosen typical values of the parameters: $\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_{нк}}{\lambda_{нк}} + \frac{1}{\alpha_2}\alpha_1\alpha_2\alpha_2\delta_{нк}$, $\alpha_2 = 5000\,\frac{Vt}{m^2}\cdot К$. Let's perform a calculation with the influence of the formed carbonate scale: $\delta_{нк} = 0{,}001\ m,\ \lambda_{нк} = 0{,}35\frac{Vt}{m}\ \frac{1}{\alpha_2^{нак}} = \frac{1}{5000} + \frac{0{,}001}{0{,}35} = 0{,}003057$, whence , With scale, the heat transfer coefficient fell from 5000 to 327, i.e. 15 times worse due to 1 mm of formed scale. As a compensatory measure, it is proposed to increase the heat transfer coefficient from the coolant side (α_1) due to flow turbulence, which will reduce the impact of scale on the overall heat exchange efficiency and partially restore the thermal power of the steam generator. $\alpha_2^{нак} = \frac{1}{0{,}003057} = 327\ \frac{Vt}{m^2}\cdot К$.

Proposed pipe space modernization

The modernization issue was chosen to be flow turbulization, in order to increase the heat transfer coefficient from the heating agent to the pipes.

The proposed method of improving the efficiency of the apparatus involves increasing the turbulence of the coolant flow by changing the geometry of the pipe. Changing the geometry should ensure an increase in the intensity of heat transfer

without increasing the load on the pumping equipment or the need for increased pressure in the system.

Equipping the pipe with a diffuser to create eddies by gradual expansion and a compensating confuser will theoretically increase the turbulence of the flow without significant hydrodynamic resistance to the system (Fig. 1). Diffuser drag coefficient $\xi_{диф}$ and eddy current losses $\Delta h_{розш}$, depend on the diffuser expansion angle α, this dependence is shown in the graph $\xi_{диф} = f(\alpha)$ (Fig. 2).

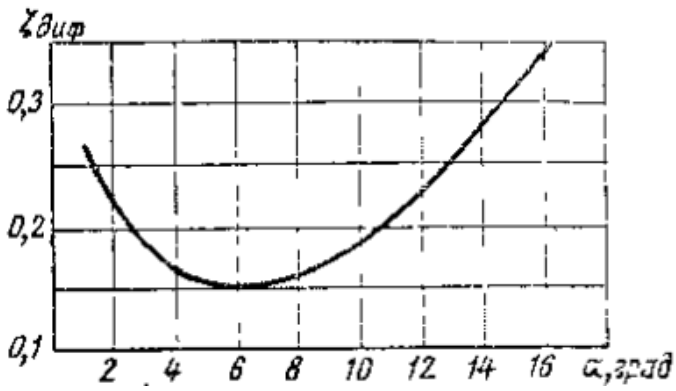
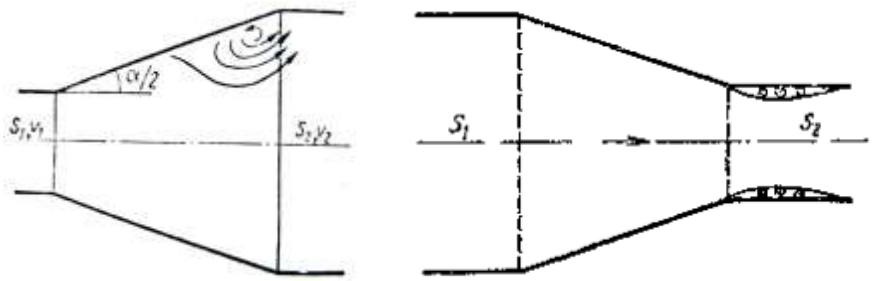


Figure 1 – $\xi_{диф} = f(\alpha)$, Graph of the resistance coefficient of the diffuser ($\xi_{диф}$) from the angle of expansion (α)



a b

Figure 2 – Methods of changing the geometry of the pipe: a – gradual expansion, b – gradual narrowing

The confuser serves as a compensator, equalizing the velocity, reducing the pressure of the system. Minor energy losses from vortex formation may occur at the

beginning of the confuser. It is recommended to create a smooth transition from the conical part to the cylindrical part [2].

A model of the proposed pipe geometry is presented, using gradual expansions and narrowings (Fig. 3).

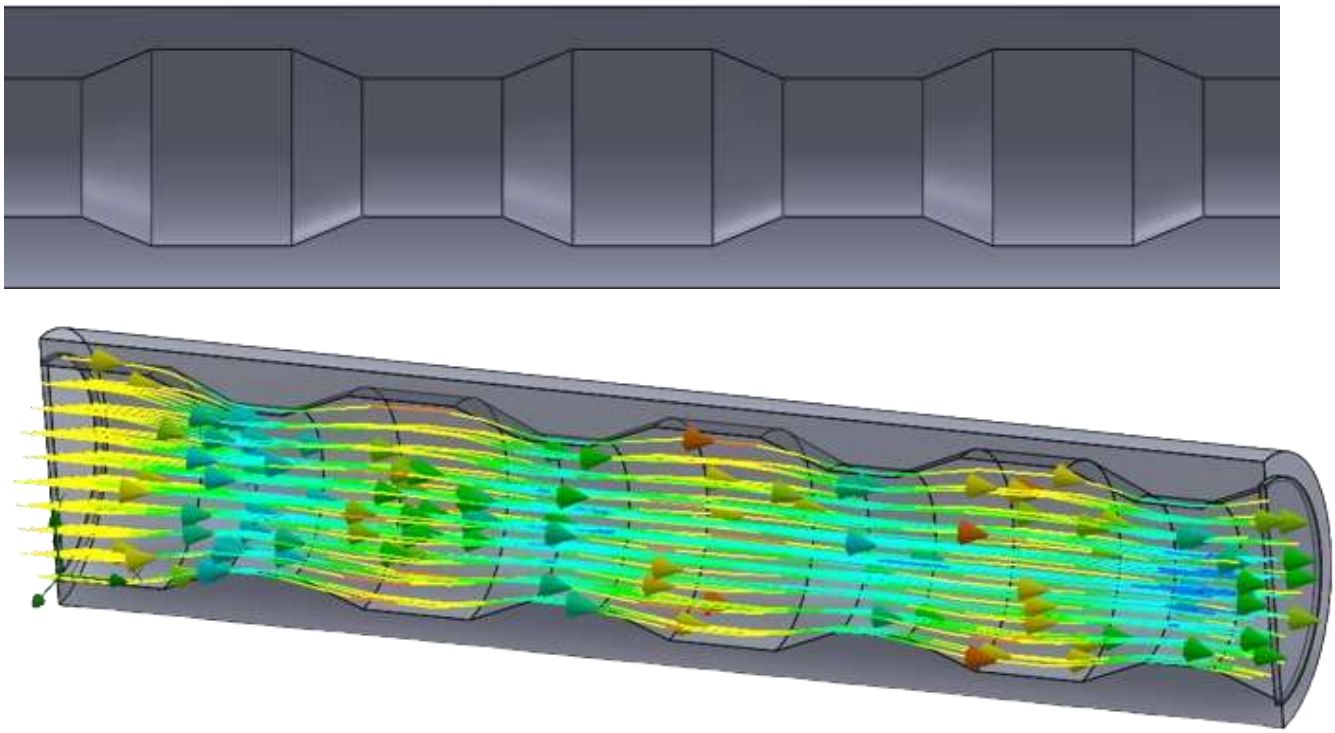


Figure 3 - Model using diffusers and confusers along the length of the pipe.

Advantages of the proposed modernization:

1. Increasing the heat transfer coefficient on the coolant side (α_1). Due to the destruction of the laminar boundary layer and better mixing in the flow.

2. Partial compensation for the effect of the scale layer. Increasing α_1 reduces the overall thermal resistance and allows performance to be maintained even in the presence of scale on the steam side.

3. Intensification of heat exchange without increasing the dimensions of the device.

4. It is possible to reduce temperature stresses in the pipe wall due to a more uniform temperature distribution along the length of the pipe.

5. The modified design potentially increases the life of the device without the need for maintenance.

Disadvantages:

1. Tubular design complications
2. Cleaning complications
3. Hydraulic pressure increase

Conclusion

This paper proposes a solution to the problem of scale layer formation on the heat transfer surface in a system with aggressive components in ethanol production.

The modernization issue was chosen to turbulize the flow, in order to increase the heat transfer coefficient of the heat carrier to the pipe. Equipping the pipe with a diffuser to create vortices by gradual expansion and a compensating confuser, will theoretically increase the turbulence of the flow without significant hydrodynamic resistance to the system, which potentially compensates for the power losses of the device, and equalizes the heat transfer coefficient, reducing the need for maintenance for a longer period of time

A model of the proposed pipe geometry is presented, using gradual expansions and narrowings.

List of links:

1. Yukelson I.I. Technology of basic organic synthesis M., Publishing house "Chemistry", 1968, 394-397
2. Hydrogasdynamics. Lecture course [Electronic resource]: teaching aids for students of specialties 142 Power engineering, 143 Nuclear power, 144 Thermal power, / V.M. Turyk; Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. – Electronic text data (1 file: 8.37 MB). – Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2021. – 145 p.https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/c74c1097-d233-43af-8909-56b591714c80/content

УДК 665.642.26

METHODS OF UPGRADING THE HEAT EXCHANGER FOR HEATING SULFURIC ACID

Student Zykin I. S., associate professor, Ph.D. Novokhat O. A.
National Technical University of Ukraine
«Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Annotation. *The importance of obtaining hydrogen fluoride, in particular by sulfuric acid decomposition of fluorite, is shown. The negative aspects arising during the operation of heat exchangers are defined. Proposed solutions for improving the design of heat exchangers and their operation.*

KEY WORDS: HEAT EXCHANGER, SULFURIC ACID, HYDROGEN FLUORIDE, HEATING.

СПОСОБИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ НАГРІВУ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ

Студент Зикін І. С., доц., к.т.н. Новохат О. А.
Національний технічний університет України
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Анотація. *Наведено важливість отримання фтористого водню, зокрема сірчанокислим розкладанням флюориту. Визначені негативні аспекти, що виникають під час експлуатації теплообмінників. Запропоновані рішення вдосконалення конструкції теплообмінників та їх експлуатації.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕПЛООБМІННИК, СІРЧАНА КИСЛОТА, ФТОРИСТИЙ ВОДЕНЬ, НАГРІВАННЯ.

Hydrogen fluoride is an important chemical used in a variety of industries, including the chemical industry, metallurgy, electronics manufacturing, and pharmaceuticals. One of the methods of obtaining anhydrous hydrogen fluoride consists in the decomposition of fluorite with sulfuric acid (H_2SO_4), which is economically beneficial, but requires a high-temperature regime. For effective decomposition of fluorite, it is important to maintain a high temperature of sulfuric acid, which is usually heated to 200–300°C.

The developed heat exchanger, a device that provides heat transfer between different media, in this case is designed to ensure the reaction process.

Ways to modernize a used heat exchanger directly depend on the negative factors that arise with it during operation.

The main disadvantages of this design are: Large size and weight, High cost.

Such devices are large in size, especially in the case of powerful systems. This can require significant space for installation and storage. In addition, their weight can be a problem during installation and maintenance.

Shell and tube heat exchangers can be expensive to manufacture and install. High-quality materials and complex design lead to increased production costs. In addition, their efficiency may depend on precise design and tuning, which can also require additional costs.

A heat exchanger upgrade can be the installation of helical baffles. They improve heat transfer by creating a directed swirling fluid flow, which increases turbulence and the heat transfer coefficient. They also reduce hydraulic resistance, contributing to a smooth flow around the tube bundle and reducing pressure losses compared to traditional transverse baffles. Due to the uniform temperature distribution, helical baffles prevent the formation of stagnant zones and local overheating. In addition, the swirling flow reduces the accumulation of deposits on the heat exchange surfaces, which reduces the level of contamination and extends the service life of the heat exchanger.

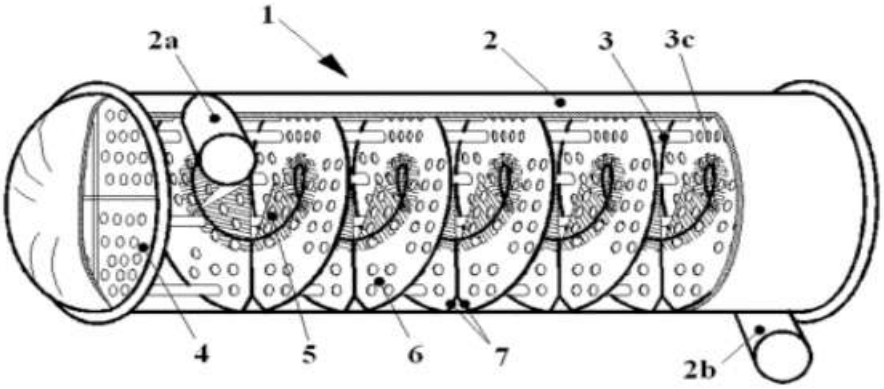


FIG. 1

References:

1. G. Towler, R. Sinnott. Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design / G. Towler, R. Sinnott. – Butterworth-Heinemann, 2013. – 1320 p.

2. J. M. Smith, H. C. Van Ness, M. M. Abbott. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics / J. M. Smith, H. C. Van Ness, M. M. Abbott. – McGraw-Hill, 2005. – 768 p.

УДК 065.143

ETHANOL PRODUCTION

Postovyi D. V., Haidai S. S.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ABSTRACT: *The study presents an analysis and description of the ethanol production system.*

KEY WORDS: *ETHANOL, RECTIFICATION, ENERGY EFFICIENCY, SEPARATION.*

ВИРОБНИЦТВО ЕТАНОЛУ

Постовий Д. В., Гайдай С. С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

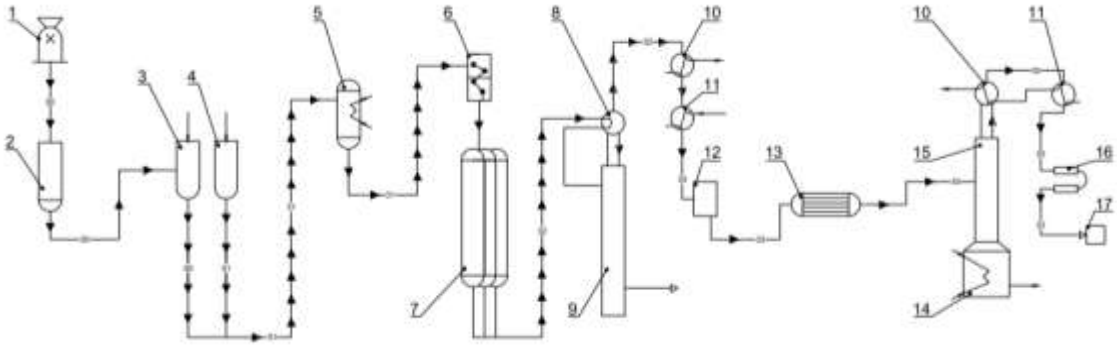
АНОТАЦІЯ: *У роботі проведено аналіз схеми виробництва етанолу та здійснено її опис.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *ЕТАНОЛ, РЕКТИФІКАЦІЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, РОЗДІЛЕННЯ.*

Modernization of the distillation column and heat exchanger is reasonable, as these units are among the most energy-intensive elements of the ethanol production process scheme. Their efficiency directly affects the quality of the final product, the plant's energy consumption, and the stability of the process. Therefore, their improvement has practical significance in terms of reducing costs and increasing production efficiency.

The technological scheme of ethanol production is shown in Figure 1.

The raw material is loaded into a mill 1, where it is crushed. It then enters a mixer 2 for purification and is pumped into a cooker 3, where it undergoes thermal treatment to dissolve starch. The mixture is then heated in a steam generator 4 and sent to a saccharification unit 5. After that, it is cooled in a cooler 6 before entering a fermentation unit 7, where maltose is fermented.



1 – mill; 2 – mixer; 3 – cooker; 4 – steam generator; 5 – saccharification unit; 6 – wort cooler; 7 – fermentation tank; 8 – preheater; 9 – fermentation column; 10 – dephlegmator; 11 – condenser; 12 – storage tank; 13 – heat exchanger; 14 – still pot; 15 – distillation column; 16 – heat exchanger; 17 – final storage tank.

Figure 1 – Technological scheme of ethanol production

The resulting mash is preheated in a unit 8 and directed into the fermentation column 9, where alcohol is released along with steam. In the dephlegmator 10, partial condensation of the product occurs, after which it is collected in the condenser 11 and pumped into a raw alcohol storage tank 12. The product is then heated in a shell-and-tube heat exchanger 13 to the boiling point and fed into the distillation column 15, where further purification and concentration of ethanol to 96% by volume takes place. The obtained ethanol is condensed in the condenser 11, cooled in a heat exchanger 16, and directed to the storage tank 17.

With the development of technology and growing requirements for product quality and energy conservation, modernization of key elements of technological

schemes in the food and chemical industries is highly relevant. In ethanol production, such critical units include the distillation column and the shell-and-tube heat exchanger.

The distillation column performs the main function of separating the alcohol-containing mixture through multiple evaporation and condensation cycles. Its modernization may include replacing traditional contact elements (trays) with high-efficiency packing, implementing automated temperature and pressure control systems, and improving the dephlegmator to enhance separation selectivity. These improvements allow for higher ethanol purity, reduced energy consumption, and increased production capacity.

The shell-and-tube heat exchanger, used during mash preheating and ethanol cooling after distillation, is exposed to significant thermal loads in the range of 80–120 °C from both sides – the hot mash and the ethanol condensate. It operates with water-alcohol mixtures and steam, requiring high heat exchange efficiency to minimize thermal losses. As a key component in the overall energy efficiency of the process, its modernization may involve the use of materials with improved thermal conductivity, increased heat exchange surface area, and implementation of a multi-sectional counterflow design to ensure more efficient heat transfer.

Considering the importance of the distillation column and heat exchanger in the ethanol production process, their modernization is essential for improving energy efficiency, optimizing the technological process, and enhancing the quality of the final product. This approach will ensure stable operation of the system and compliance with modern production standards.

REFERENCES:

1. Міщенко О. С. Розробка та впровадження енергозберігаючих технологій ректифікації етилового спирту: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.18.07/ О. С. Міщенко; Український державний університет харчових технологій. – Київ, 2000. – 20 с.

УДК 66.047

ABSORBER OF THE AIR PURIFICATION UNIT FROM AMMONIA

Sytnyk V. M., Haidai S. S.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ABSTRACT: *An analysis of the requirements for the absorption equipment of an air purification unit from ammonia has been provided.*

KEY WORDS: *AMMONIA, ABSORBER, PURIFICATION, AIR.*

АБСОРБЕР УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ВІД АМІАКУ

Ситник В.М., Гайдай С.С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

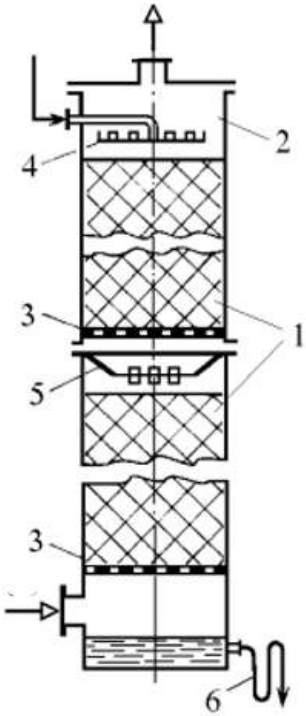
АНОТАЦІЯ: *Проведено аналіз вимог до абсорбційного обладнання установки для очищенн повітря від аміаку.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *АМІАК, АБСОРБЕР, ОЧИЩЕННЯ, ПОВІТРЯ.*

Absorption columns are classified based on their internal configuration, which ensures the distribution of liquid and gas flows. The main types of such equipment include: tray columns (bubble-cap type), sieve plate columns, and packed columns. These columns are typically vertical cylindrical vessels made of steel, cast iron, or ceramic materials. The construction consists of individual sections (shell rings) that are hermetically connected by flanged joints.

In packed columns, the key internal element is the packing, which may consist of Raschig rings (metal or ceramic), hollow spheres, quartz, coke, or other materials. The selection of the packing type and material is determined by the physicochemical

properties of the gas and liquid phases, as well as the operating conditions of the absorption process.



1 – packing; 2 – column; 3 – support grid; 4 – liquid distributor; 5 – liquid redistributor; 6 – hydraulic seal

Figure 1 – Scheme of an Absorber

The primary objective in the operation of such columns is to ensure uniform irrigation across the entire cross-sectional area. This is achieved by using uniformly sized packing elements, maintaining the column in a strictly vertical position, and ensuring sufficient upward gas velocity. During operation, uneven wetting of the packing layer may occur over time, caused by the displacement of liquid toward the column walls by the gas flow. To mitigate this issue, the packing is divided into several sections with open spaces in between, which help redistribute the flow.

Each packing section is supported by a support grid that must bear the weight of the packing and retained liquid while also minimizing flow resistance. These grids are typically fabricated from steel strips with a thickness of 4–10 mm and a height of approximately 50 mm. The spacing between the grid bars should not exceed 60–70%

of the smallest packing element dimension. To ensure structural rigidity, the grid assembly is secured using sleeves and tie rods.

Between the packing layers, special distribution trays are installed to ensure even distribution of both liquid and gas across the column's cross-section. These trays are fabricated as steel flanged discs containing openings fitted with overflow pipes (with diameters ranging from 35 to 57 mm) that facilitate liquid redistribution. The number of pipes is selected based on the column diameter.

At the top of the column, a liquid distributor tray is installed, which has a design similar to the intermediate distribution trays but includes a central drain element connected to the liquid inlet line.

REFERENCES:

1. Онищук О.О., Кормош Ж.О. Процеси та апарати хімічних виробництв: курс лекцій. – Луцьк: Вежа-Друк, 2020. – 155 с.
2. Коваленко І.В., Малиновський В.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв. – К.: Інрес.: Воля, 2005. – 264 с.
3. Товажнянський Л.Л., Шапорев В.П., Моісеєв В.Ф. та ін. Машини та апарати у хімічних, харчових і переробних виробництвах. – Харків: Колегіум, 2011. – 606 с.
4. Денисюк Р.О. Хімічна технологія: Підручник. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2017. – 350 с.

UDC 665.642

MODERNIZATION OF THE N-PENTANE PRODUCTION UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF AN AIR COOLER

student Muzyka Oleksandr, Podyman Hryhorii

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *This paper presents a technical and technological justification for the modernization of the n-pentane production unit through the implementation of an air cooler. Technical solutions are proposed to optimize the cooling process and improve the energy efficiency of the system.*

KEY WORDS : N-PENTANE, AIR COOLER, MODERNIZATION, FRACTIONATION, COOLING, ENERGY EFFICIENCY

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА Н-ПАНТАНУ З РОЗРОБКОЮ ПОВІТРЯНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА

студент Музика Олександр, асистент Подиман Григорій

Національний технічний університет України

" Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського "

АНОТАЦІЯ: *У даній роботі наведено техніко-технологічне обґрунтування модернізації установки виробництва н-пентану шляхом впровадження повітряного холодильника. Запропоновано технічні рішення для оптимізації процесу охолодження та підвищення енергоефективності системи.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *Н-ПЕНТАН, ПОВІТРЯНИЙ ХОЛОДИЛЬНИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ФРАКЦІОНУВАННЯ, ОХОЛОДЖЕННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ*

В умовах зростання вимог до енергоефективності та екологічності виробництва вуглеводневих фракцій модернізація існуючих технологічних установок залишається актуальним напрямом досліджень. Об’єктом модернізації є повітряний холодильник, оскільки вони є неекологічним, бо можуть супроводжується ризиками витоків, високими енерговитратами на утримання низьких температур, складністю в технічному обслуговуванні та необхідністю постійного контролю за температурним режимом.

У зв’язку з цим виникла потреба в модернізації охолоджувального блоку установки шляхом впровадження повітряного холодильника нового покоління. Аналіз зарубіжних та вітчизняних джерел, зокрема патентів, дозволив отримати цінну інформацію для вдосконалення технічного рішення. Патент WO2019130212A1 описує застосування плоских оребрених труб для посилення тепловіддачі в системах охолодження, що є важливим для підвищення ефективності теплообміну в умовах високих навантажень [4]. Цей підхід було враховано при розробці проекту, що дозволило оптимізувати процес охолодження. Патент US20150122461A1 пропонує використання н-пентану як теплоносія в замкнутому контурі для повторного використання тепла [5]. Це рішення забезпечує підвищення енергоефективності системи, зменшуючи витрати енергії на охолодження. Принцип цього патенту був адаптований в проекті для зниження енергетичних витрат. Патент CN101381617B стосується технології, яка дозволяє ефективно управляти процесами теплообміну в системах охолодження, зокрема в умовах високих температур [6]. Це рішення передбачає використання спеціальних конструкцій для покращення теплопередачі, що є корисним у нафтопереробних та нафтохімічних виробництвах. Патент US3178360A описує спосіб охолодження в промислових установках, застосовуючи спеціальні охолоджувальні системи, що забезпечують ефективне управління температурним режимом [7]. Цей патент допомагає підвищити надійність роботи охолоджуючих систем у складних

умовах виробництва. Патент US2940271A містить розробку, яка стосується оптимізації процесу охолодження за допомогою нових конструкцій теплообмінників, що забезпечують більш ефективний обмін теплом. Це дозволяє знизити енергетичні витрати і покращити загальну ефективність охолоджувальних систем [8].

Кожен із цих патентів надає важливі ідеї та принципи, які можуть бути використані для вдосконалення існуючих технологій охолодження, підвищення енергоефективності та оптимізації виробничих процесів в нафтохімічній галузі. Запропоновано застосування горизонтального повітряного холодильника з осьовими вентиляторами, що забезпечує примусове охолодження за рахунок зовнішнього повітряного потоку.

Проведено комплекс теплотехнічних розрахунків для визначення необхідної площі теплообміну, кількості повітря, що циркулює, потужності вентиляторів, а також гідравлічних втрат у трубному просторі теплообмінника. Використано математичні моделі для прогнозування температурного градієнта та ступеня конденсації робочих вуглеводневих сумішей, що дозволило підібрати оптимальні конструктивні параметри теплообмінного апарату. З урахуванням фізико-хімічних властивостей н-пентану та температур стискання після компресора була побудована нова технологічна схема блоку охолодження.

На кресленнях представлено оновлену структуру установки із впровадженим повітряним холодильником, зміненим маршрутом теплоносія та інтеграцією з існуючими сепараторами й колонами. Конструкція холодильника дозволяє уникнути використання рідинних холодоагентів, скорочує витрати на електроенергію до 15%, підвищує ремонтопридатність установки та зменшує ризики аварійних ситуацій, пов'язаних із витоками аміаку чи перегріванням.

Проведений патентний пошук засвідчив новизну запропонованого технічного рішення для використання в умовах нафтохімічного виробництва з високим навантаженням на систему охолодження.

Матеріали модернізації були схвалені на етапі передвиробничого тестування. Заплановано подання заявки на патент України на корисну модель. Частина розроблених положень буде опублікована в технічному науковому журналі за тематикою теплообміну та хімічного машинобудування. Проєкт має потенціал до масштабування для інших видів вуглеводневих виробництв — зокрема, у лініях очищення газу та стабілізації бензинових фракцій.

Після впровадження очікується зменшення загального навантаження на компресорну секцію, підвищення температурної стабільності та надійності всього технологічного комплексу. Економічний ефект за розрахунками окупності обладнання становить приблизно 1,7 року, що є прийнятним показником для підприємств із безперервним виробничим циклом.

Використані джерела

1. Анісімов, В.А., Кравченко, С.М. Технологічне вдосконалення процесів ректифікації у нафтохімії. Журнал хімічного машинобудування. – 2020. – Т. 25, № 1. – С. 34-41.

2. Дьяків, В.М., Коваль, В.О. Аналіз нових підходів до енергоефективних систем охолодження в нафтохімічному виробництві. Наукові праці університету нафти і газу. – 2021. – Т. 33, № 4. – С. 67-75.

3. Михайленко, В.І. Розробка нових технологічних схем для покращення енергоефективності охолоджувальних установок. Журнал хімічної технології. – 2019. – Т. 22, № 2. – С. 58-65.

4. WO2019130212A1. Air cooler for heat exchange systems. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://patents.google.com/patent/WO2019130212A1/en

5. US20150122461A1. Method of heat recovery using n-pentane as a heat carrier in a closed-loop system. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://patents.google.com/patent/US20150122461A1/en

6. CN101381617B. Technology for heat exchange management in high-temperature cooling systems. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://patents.google.com/patent/CN101381617B/en

7. US3178360A. Cooling method for industrial installations. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://patents.google.com/patent/US3178360A/en

8. US2940271A. Method for optimizing cooling processes using new heat exchanger designs. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://patents.google.com/patent/US2940271A/en

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДЕФЛЕГМАТОРА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТАЛЬДЕГІДУ

доц., к.т.н. Гулієнко С.В., студент Єрмуракі С.Л.

Національний технічний університет України

" Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського "

АНОТАЦІЯ: В даній роботі наведено дослідження технічного та технологічного покращення працездатності дефлегматора. Обґрунтовано методи модернізації дефлегматора.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОДЕРНІЗАЦІЯ, ДЕФЛЕГМАТОР, АЦЕТАЛЬДЕГІД,.

При виробництві ацетальдегіду використовують дефлегматори, які застосовують для підвищення точності розділення продуктів, зменшення втрат корисного продукту та загалом підвищення ефективності роботи колони, що позитивно вплине на якість та вихід готового продукту.

Розглянемо патент US12098891B1 [1], який описує нову конструкцію дефлегматора, описаний патент пропонує використовувати напівциліндричні труби, що дозволяє збільшити площу теплообміну та ефективність.

Винахід має таку конструкцію: кожух, впускну трубну решітку, розміщену всередині кожуха, і вихідну трубну решітку, розміщену всередині кожуха. Вхідна трубна решітка поділяє внутрішню частину кожуха на вхідну камеру і область теплообміну, а вихідна трубна решітка додатково розділяє внутрішню частину корпусу на вихідну камеру і область теплообміну. Вхідний отвір трубки сформовано через корпус таким чином, що вхідний отвір трубки перебуває в рідинному сполученні з вхідною камерою для подачі в нього першої рідини. Вихідний отвір трубки утворюється через корпус таким чином, що вихідний отвір трубки перебуває в рідинному сполученні з вихідним отвором для вивільнення звідти першої рідини після теплообміну між першою

рідиною та другою рідиною. Декілька трубок входять у зону теплообміну всередині оболонки та проходять через неї. Кожна з труб має вхідний кінець і вихідний кінець, відповідно, встановлені у відповідних отворах, утворених через вхідний і вихідний трубні листи. Кожна з трубок перебуває в рідинному сполученні з вхідним пленумом і вихідним пленумом, і кожна з трубок має напівциліндричну форму

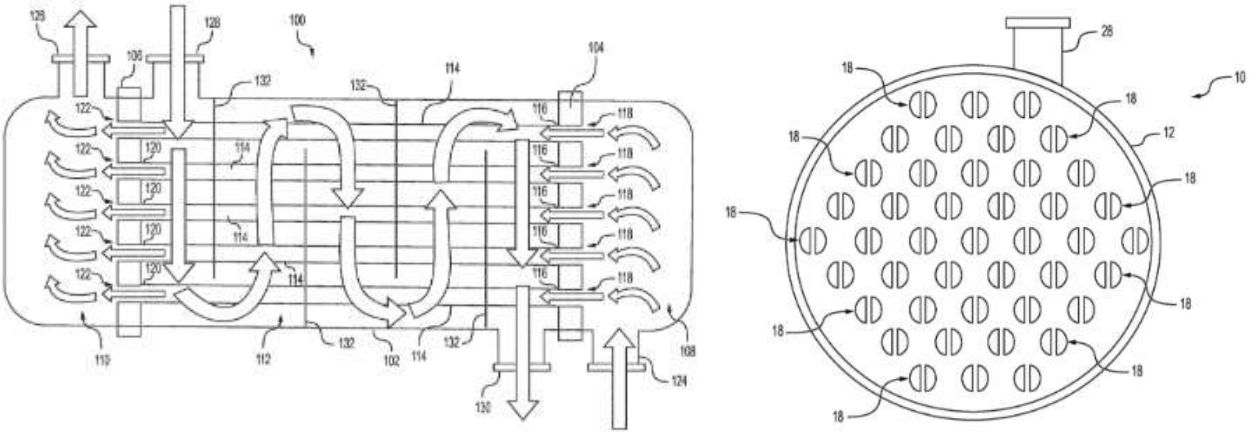
Очевидною перевагою цього теплообмінника є підвищена ефективність теплообміну, завдяки напівциліндричній формі труб і зазорами між ними забезпечується збільшена площа контакту другої рідини з трубками, що покращує теплообмін.

Потенційними недоліками можуть бути підвищена вартість виробництва та

складність виготовлення.

Загалом, така конструкція може бути ефективною для застосувань, де потрібна висока теплопередача. Винахід пропонує вирішення проблеми та може бути використаний як варіант модернізації дефлегматора установки виробництва ацетальдегіду.

Розглянемо патент KP20240106602A [2], який описує новий вид дефлегматора, описаний патент пропонує використовувати конструкцію теплообмінника з розділювальною перегородкою, що дозволяє використовувати дві рідини одночасно для обміну теплом, що є більш ефективним.

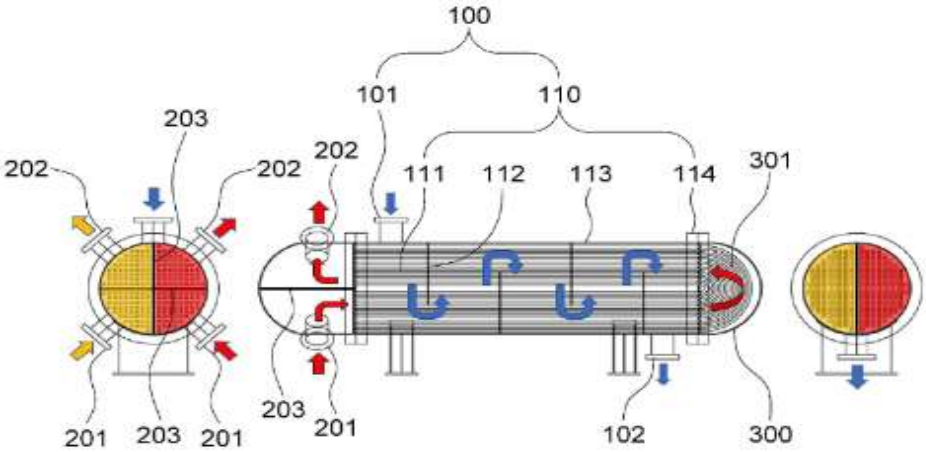


1.Оболонка (102); 2. Вхідна трубна решітка (104); 3. Вихідна трубна решітка (106); 4. Вхідна камера (108); 5. Вихідна камера (110); 6. Область теплообміну (112); 7. Трубки (114); 8. Вхідні кінці трубок (116); 9. Отвори у вхідній трубній решітці (118); 10. Вихідні кінці трубок (120); 11. Отвори у вихідній трубній решітці (122); 12. Трубчастий вхідний отвір (124); 13. Вихідний отвір (126); 14. Вхідний отвір оболонки (128); 15. Вихідний отвір оболонки (130).

Рисунок 1 – Конструкція теплообмінника.

Конструкція цього винаходу є наступною: зовнішній корпус у формі порожнистого циліндра. До кінців кожної порожнистої частини прикріплені кожухова сторона 200 і поворотний кожух 300. Усередині може бути розташований трубний пучок. На верхній і нижній частинах зовнішньої поверхні кожуха 100 розміщені вхідний 101 і вихідний 102 отвори для морської води, а в нижній частині передбачена опора, що дозволяє встановлювати теплообмінник на землю. Один кінець кожухової сторони 200 може бути приєднаний до кожуха 100 у горизонтальному напрямку, а інший має закриту кінцеву форму. Усередині знаходиться перегородка 203, яка ділить простір на кілька секцій. Поворотний кожух 300 також одним кінцем приєднується до кожуха 100 у горизонтальному напрямку, а інший його кінець закритий. Цей елемент змінює напрямок потоку рідини. У іншому варіанті конструкції кожух 100 виконаний у вигляді пластини, яка може бути закріплена на торцевій і

внутрішній поверхні діаметра, поділяючи кожух на дві частини певного розміру.Перегородка 203 кожухової сторони 200 кріпиться до її внутрішньої поверхні й розділяє внутрішній простір на дві частини. Вона також розташовується таким чином, щоб відповідати одному з кінців кожуха 100. Трубний пучок 110 складається з безлічі трубок 111, розташованих на певній відстані перпендикулярно до внутрішнього простору кожуха. Всередині також передбачені перфоровані перегородки 112 у вигляді диска, діаметр яких відповідає розміру кожуха. Для закріплення цих перегородок до внутрішньої поверхні кожуха використовується стяжний стержень 113. На обох кінцях кожуха встановлені трубні решітки 104 – дископодібні пластини з отворами, через які проходять трубки. Вони також служать з’єднувальними елементами між кожуховою стороною 200, поворотним кожухом 300 і самим кожухом.



1.Кожух (100); 2. Трубний пучок (110); 3. Трубки (111); 4. Перегородки (112); 5. Стяжні стержні (113); 6. Трубна решітка (114); 7. Кожухова сторона (200); 8. Кінцеві камери (201); 9. Вхідні та вихідні патрубки (202); 10. Перегородка (203); 11. Вхід для морської води (101); 12. Вихід для морської води (102); 13. Поворотний кожух (300); 14. Перегородка поворотного кожуха (301).

Рисунок 2 – Конструкція теплообміннику;

Перевагою запропонованого пристрою є покращення використання простору, в порівняні з звичайними теплообмінниками.

Можливими недоліками є ускладнене виготовлення конструкції, габарити та вага. Конструкція ефективна лише в певних умовах, а в інших простіші моделі можуть бути вигіднішими.

Отже, винахід пропонує вирішення проблеми та може бути використаний як варіант модернізації дефлегматора установки для виробництва ацетальдегіду.

Висновок: Після аналізу патентів, які мають на меті покращення роботи та ефективності дефлегматора, можна сказати, що подані варіанти є привабливими для подальшого розгляду модернізації дефлегматора установки виробництва ацетальдегіду.

Перелік посилань:

1. Shell-and-tube heat exchanger with semicylindrical tubes:пат. US12098891B1 Сполучені Штати Америки:F28F9/22. Заявл. 2023-08-14; Опубл. 2024-09-24. URL: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/092804736/publication/US12098891B1?q=pn%3DUS12098891B1
2. Shell and Tube three-type Fluid Heat Exchanger:пат. KR20240106602A Республіка Корея:F28F9/22. Заявл. 2022-12-29; Опубл. 2024-07-08. URL: https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/091945784/publication/KR20240106602A?q=pn%3DKR20240106602A

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1
«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

CONSTANT INTERACTION OF FORESTRY ENTERPRISES WITH NEARBY HEAT-GENERATING FACILITIES FOR MUTUAL DEVELOPMENT

Belyaev G., Belyaeva I., Zhukov K., Stetsuk V. 4

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF METAL CORROSION INHIBITORS FOR WATER CIRCUIT SYSTEMS IN MUNICIPAL UTILITIES

Overchenko T.A., Ivanenko O.I., Romenska O.O., Apanovych L.V. 7

MODERNIZATION OF AN ETHANOL PRODUCTION PLANT WITH THE DEVELOPMENT OF A RECTIFICATION COLUMN

Stepaniuk A. R., Gnidenko S. V. 11

МОДЕРНІЗАЦІЯ МІКСЕРА УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВІДНОВЛЕНОГО СОКУ

Еквіст Н.І. 17

PRINCIPLES OF INNOVATIVE SEED PELLETING TECHNOLOGY

Kornienko Y. M., Haidai S. S., Semenenko D. S. 21

STUDIES OF THE EFFECT OF HYDRODYNAMIC CAVITATION TREATMENT ON THE VISCOSITY OF WATER-COAL SUSPENSION

Tselen B.Ya., Ivanitsky G.K., Nedbailo A.Ye., Radchenko N.L., Gozhenko L.P., Pereyaslavtsev O.M. 29

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА АМІНОСМОЛ

Вакуліна А.Д, Гулієнко С.В. 32

MODERNIZATION OF AN ETHANOL PRODUCTION PLANT WITH THE DEVELOPMENT OF A STEAM GENERATOR

Marchuk D.M., Stepaniuk A.R. 36

IMPACT OF COMPLEX HYDROMECHANICAL TREATMENT ON THE SIZE OF PARTICLES OF PLANT RAW MATERIALS IN THE FUEL ETHANOL TECHNOLOGY

Oleksandr Obodovych, Yurii Bulii, Vitalii Sydorenko, Parchenko Volodymyr, Khomenko Valentyna 47

РОЛЬ ПІДІГРІВАЧА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ
Косенко В.В., Костирєв О.Ю. 51

ANALYSIS OF BISCHOFITE DRYING CURVES
Filipov V.V., Novokhat O.A. 55

EXPERIMENTAL STUDIES ON THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS ON THE DELIGNIFICATION OF WHEAT STRAW
Obodovych O.M., Pereiaslavtseva O.O., Stepanova O.E., Sheiko T.V. 58

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ МОСТОВИХ СПОРУД
Рубльов А.В. 61

СОРБЦІЙНІ ТЕРМОТРАНСФОРМАТОРИ НА БАЗІ ПРИРОДНИХ ЦЕОЛІТІВ
Посунько Д.В., Данько І.О., Чалаєв М.Д., Ковальов В.І., Шаврін Ю.В. 64

JUSTIFICATION OF THE CENTRIFUGE DESIGN FOR THE PRODUCTION OF HIGH-DENSITY POLYETHYLENE
Husarova O.V., Bielokon A.I., Husarov V.M. 67

USE OF MECHATRONIC SUBSYSTEMS IN MASS-EXCHANGE COLUMN APPARATUSES
Bulii Y.V., Obodovich O.M., Forsiuk A.V., Tselen B.Ya. 73

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДЕФЛЕГМАТОРА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛАЦЕТАТУ
Подиман Г. С., Коцюбко А. С. 80

MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER FOR THE INSTALLATION OF PRODUCTION OF ADIPIC ACID
Tatarnikova Alina, Odenets Dmytro 82

METHOD OF THERMAL CONTACT MELTING OF BASES FOR SOFT DOSAGE FORMS
Stepanova O.Ye., Posunko D.V., Danko I.O., Chalaev M.D., Shavrin Yu.V. 87

MEASUREMENT OF VISCOSITY OF FIBER-REINFORCED CONCRETE MIXTURE BY VIBRO-EXTRUSION
Igor Andreiev 91

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КАУСТИЧНОЇ

СОДИ З РОЗРОБКОЮ ВИПАРНОГО АПАРАТА ТА АПАРАТУ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ
Семенов Д.П., Гулієнко С.В., 96

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЛІНІЇ КАСКАДНОЇ ЕКСТРУЗІЇ З РОЗРОБКОЮ ШЕСТЕРЕНЧАТОГО НАСОСА
А.Ю. Абаєв, М.П. Швед 100

MODERNIZATION OF THE N-PENTANE PRODUCTION UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF AN AIR COOLER
Muzyka Oleksandr, Podyman Hryhorii 104

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ КРИШКИ СКВОЗНОЇ
Нефьодова К. В., Щербина В.Ю. 108

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЄКТУВАННЯ КРИШКИ РЕДУКТОРА ПРИВОДУ ЛЕБІДКИ
Бєлоконь А.І., Щербина В.Ю. 114

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ВЕДУЧОГО ВАЛУ
Трунін А.О., Щербина В.Ю. 119

ПИТАННЯ БЕЗПЕКИ І РИЗИКІВ У БУДІВНИЦТВІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОСТОВИХ СПОРУД
Рубльов А.В. 124

MODELING OF THE PROCESS OF CAPTURING FINE-DISPERSED HIGHLY DISPERSED PARTICLES AND WATER VAPOR IN A CYCLONE USING SPRAYED WATER
Dmytruk Andriy V., Stepaniuk Andriy. R. 127

USE OF THE DISCRETE-PULSE ENERGY INPUT METHOD IN BIOETHANOL PRODUCTION
Obodovych O.M., Pereiaslavtseva O.O., Rezakova T.A., Khomenko V.A. 133

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЛАВЛЕННЯ З ПРИМУСОВИМ ВИДАЛЕННЯМ РОЗПЛАВУ
Степанова О.Є., Посунько Д.В., Данько І.О., Чалаєв М.Д., Ковальов В.І. 137

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПРОЦЕСИ

ДИСПЕРГУВАННЯ ПРИ ОТРИМАННІ УНІВЕРСАЛЬНОГО ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА
Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Недбайло А.Є., Радченко Н.Л., Гоженко Л.П., Переяславцев О.М. 140

MODERNIZATION OF PHENYL CHLORIDE PRODUCTION PLANT WITH DEVELOPMENT OF HEAT EXCHANGER
TARTACHNYI Nazar, PODYMAN Hryhorii 143

MODELING OF COMPLEX EMISSION DETECTORS USING CFD SYSTEMS
Dyshkant M.V., Stepaniuk A.R. 152

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF FERMENTER DESIGN IN THE PRODUCTION OF FEED YEAST
Husarova O.V., Chukhlib Y.S., Husarov V.M. 156

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНОГО АПАРАТА УСТАНОВКИ ОПРІСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ З УТИЛІЗАЦІЄЮ КОНЦЕНТРАТУ
Вовк М.Є., Гулієнко С.В. 161

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ОБЕРТОВОГО ВАЛУ МЛИНА
Семенов Д.П., Щербина В.Ю. 166

MODERNIZATION OF THE ACETONE PRODUCTION UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF A HEAT EXCHANGER
Podyman Hryhorii, Murashov Hordii 171

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПІДІГРІВАЧА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОРМОВИХ ДРІЖДЖІВ
Косенко В.В., Костирєв О.Ю. 175

EXPERIMENTAL SETUP FOR STUDYING THE DRYING OF BISCHOFITE USING INFRARED RADIATION
Filipov V.V., Novokhat O.A. 180

ДИНАМІКА ТЕПЛОМАСООБМІНУ І ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ В ЗОНІ КОНДЕНСАЦІЇ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ
Сорокова Н.М., Половинкін К.О. 183

DEVELOPMENT OF A RESEARCH AND INDUSTRIAL HEAT AND MASS EXCHANGER-UTILIZER FOR HIGHLY DUSTY GAS STREAMS

Kremnev V., Timoshchenko A., Korbut N. 188

CONSTRUCTION OF TEMPERATURE FIELDS USING COMPUTER SIMULATION

Novokhat O.A., Honcharenko D.I. 191

MODERN METHODS OF HYDROGEN PURIFICATION

Novokhat Oleg, Danikhno Ruslan 195

NATURAL ZEOLITES AS WORKING BODIES OF ADSORPTION THERMAL TRANSFORMERS

Posunko D.V., Danko I.O., Chalaev M.D., Shavrin Yu.V., Kovalev V.I. 199

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ЦИКЛІЧНОЇ РЕКТИФІКАЦІЇ

Булій Ю.В., Ободович О.М., Целень Б.Я., Мукоїд Р.М., Бондар М.В. 202

АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРИГОТУВАННЯ СУСЛА В ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ БІОЕТЕНОЛУ

Ободович О.М., Переяславцева О.О., Чернявський К.Є., Парченко В.М. 205

HEAT EXCHANGER MODERNIZATION FOR METHANOL DISTILLATION UNIT

Stepura G.A., Stepaniuk A. R. 208

ЧАСТОТА ПУЛЬСАЦІЙ, ЯК ЧИННИК ВПЛИВУ КОМПЛЕКСНОЇ ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА РОЗМІР ЧАСТОК РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Ободович О.М., Булій Ю.В., Сидоренко В.В., Парченко В.М.[1], Хоменко В.О. 216

RESEARCH OF THE EXTRACTION PROCESS UNDER THE INFLUENCE OF THE CAVITATION MECHANISM IN COMBINED HYDRODYNAMIC DEVICE

Georgiy Ivanitsky, Liubov Gozhenko, Bogdan Tselen, Natalia Radchenko, Anna Nedbailo 220

МОДЕРНІЗАЦІЯ МІКСЕРА УСТАНОВКИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВІДНОВЛЕНОГО СОКУ

Еквіст Н.І. 224

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ КРИШКИ СКВОЗНОЇ

Нефьодова К. В., Щербина В.Ю. 228

МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТУ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ УСТАНОВКИ ОПРІСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ З УТИЛІЗАЦІЄЮ КОНЦЕНТРАТУ

Процюк М.О., Гулієнко С.В. 234

INFLUENCE OF PRE-TREATMENT ON THE HEAT OF EVAPORATION OF WATER FROM PUMPKIN PARENCHYMAL TISSUES
Dmytrenko N. 238

APPLICATION OF ROTARY-PULSATION DEVICE IN INVERT SUGAR SYRUP TECHNOLOGY
Obodovych O.M., Pereiaslavtseva O.O., Rezakova T.A., Chernyavsky K.E., Buliy Y.V. 241

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАГАТОКОРПУСНОГО ВИПАРНОГО АПАРАТУ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ВОДНЮ
Гулієнко С.В., Правосудович О. Д. 244

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСНОЇ ЗДАТНОСТІ ІСНУЮЧИХ МОСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ З ПОШКОДЖЕНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ
Рубльов А.В. 250

REVIEW OF RESEARCH DIRECTIONS FOR EXHAUST GAS PURIFICATION SYSTEMS
Ivan S. Tisny, Andriy R. Stepaniuk 253

DETERMINATION OF THE AVERAGE THICKNESS OF STRIPS UNDER UNIAXIAL SHEAR DEFORMATION WHEN MIXING POLYMER MELTS
Trachuk Y. V., Shved M. P. 259

MODERNIZATION OF THE REFRIGERATOR INSTALLATION OF CONTINUOUS WASTEWATER TREATMENT
Novohat O. A., Honchar B. M. 265

INCREASING AERATION EFFICIENCY IN AIRLIFT APPARATUS
Pereiaslavtsev O.M, Pereiaslavtseva O.O., Protsenko E.M. 268

СЕКЦІЯ 2
«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНА СИРОВИНА У ВИГЛЯДІ ОПАЛОГО ЛИСТЯ ТА СОЛОМИ
В. Білоус, В. Воробйов, Р. Черьопкіна 272

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF METAL CORROSION INHIBITORS FOR WATER CIRCUIT SYSTEMS IN MUNICIPAL UTILITIES
Overchenko T.A., Ivanenko O.I., Romenska O.O., Apanovych L.V. 280

АЦЕТОБУТИРАТ ЦЕЛЮЛОЗИ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ ПОЛІМЕР З ВІДНОВЛЮВАНОЇ СИРОВИНИ
Кислий В.В., Дейкун І.М. 284

ЛУЖНА ДЕЛІГНІФІКАЦІЯ ОБГОРТОК КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ
Я. Франчук, Д. Буду, В. Кислий, Б. Кучер, бакалавр, Р. Черьопкіна 289

АЦЕТАТНІ ВОЛОКНА
Воробйов В.В., Дейкун І.М. 297

ВЛАСТИВОСТІ МЕТИЛЕТИЛЦЕЛЮЛОЗИ
Науменко М.О., Дейкун І.М. 301

ПЕРЕРОБЛЕННЯ ОБГОРТОК КУКУРУДЗИ ЗА АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ
А. Степанишина, Т. Хатмуллін, Р. Черьопкіна 304

СЕКЦІЯ 3
«ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

PURIFICATION OF AIR FROM AMMONIA
Sytnyk V. M., Haidai S. S. 313

MODERNIZATION OF ETHANOL PRODUCTION PLANT WITH DEVELOPMENT OF HEAT EXCHANGERS
Vereshchuk I.Yu., Stepaniuk A.R. 317

MODERNIZATION OF AN AIR SEPARATION UNIT WITH THE DESIGN OF A DISTILLATION COLUMN AND HEAT EXCHANGER
Stasiuk A. J., Haidai S. S. 322

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ
Гурківська Т.В., Гулієнко С.В. 325

MODERNIZATION OF AN ETHANOL PRODUCTION PLANT WITH THE DEVELOPMENT OF A STEAM GENERATOR
Marchuk D.M., Stepaniuk A.R. 330

METHODS OF UPGRADING THE HEAT EXCHANGER FOR HEATING SULFURIC ACID
Zykin I. S., Novokhat O. A. 335

ETHANOL PRODUCTION
Postovyi D. V., Haidai S. S. 338

ABSORBER OF THE AIR PURIFICATION UNIT FROM AMMONIA
Sytnyk V. M., Haidai S. S. 341

MODERNIZATION OF THE N-PENTANE PRODUCTION UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF AN AIR COOLER
Muzyka Oleksandr, Podyman Hryhorii 344

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДЕФЛЕГМАТОРА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТАЛЬДЕГІДУ
Гулієнко С.В., Єрмуракі С.Л. 349