



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

**Інженерно-хімічний факультет**



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

**”ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ  
ВИРОБНИЦТВ  
І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ  
МАТЕРІАЛІВ”**

16 травня  
Київ 2024 р.

УДК 66

ББК 35.11-5я43

О 16

Збірник тез доповідей XXXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" 16 травня 2024 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2024. – 196 с.

**Збірник тез доповідей XXXIV 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 Андреев 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 Снежкін 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 № 7  
від 11.04.2024 р.

Рекомендовано до друку  
Кафедрою машин та апаратів  
хімічних  
і нафтопереробних виробництв  
Протокол № 15  
від 02.05.2024 р.

**Тези опубліковано за авторською редакцією.**

**СЕКЦІЯ 1  
«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І  
НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

UDC 621.8.036

**DESIGN JUSTIFICATION AND MODERNISATION OF THE HEAT EXCHANGER OF THE COGENERATION UNIT**

Ph.D. Husarova O.<sup>1,2</sup>, Ph.D. Dakhnenko V.<sup>2</sup>, student Bielokon A.<sup>1</sup>

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

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

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

**ANNOTATION:** *Literature sources and patents of different countries are considered. The choice of a heat exchanger for heating water with flue gases is substantiated. It is proposed to modernise the shell-and-tube heat exchanger in order to intensify the heat transfer process.*

**KEY WORDS:** COGENERATION, UNIT, SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER, MODERNIZATION, INTENSIFICATION, HEAT TRANSFER

**ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ**

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

к. т. н., с. н. с. Дахненко В.Л.<sup>2</sup>, студент Белоконь А.І.<sup>1</sup>

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

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

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

**АНОТАЦІЯ:** *Розглянуто літературні джерела та патенти різних країн. Обґрунтовано вибір теплообмінника для нагріву води димовими газами. Запропоновано модернізувати кожухотрубний теплообмінник з метою інтенсифікації процесу теплопередачі.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КОГЕНЕРАЦІЯ, УСТАНОВКА, КОЖУХО-ТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ, ТЕПЛОПЕРЕДАЧА.

Cogeneration is a method of simultaneous production of electricity and heat in one technological process by burning the fuel [1, 2].

This process minimizes the losses that typically occur during conventional power generation. Due to the efficient use of "waste heat", combined heat and power generation can save up to 70% of the energy contained in the fuel compared to separate electricity and heat generation [3].

The main advantage of cogeneration units over conventional thermal power stations is in more efficient energy conversion [1, 2]. In other words, a cogeneration system makes it possible to utilize heat that is usually irretrievably lost, while reducing the need to purchase energy by the amount of heat and electricity produced, which helps to reduce production costs.

*Selection of the heat exchanger type and its place in the technological scheme*

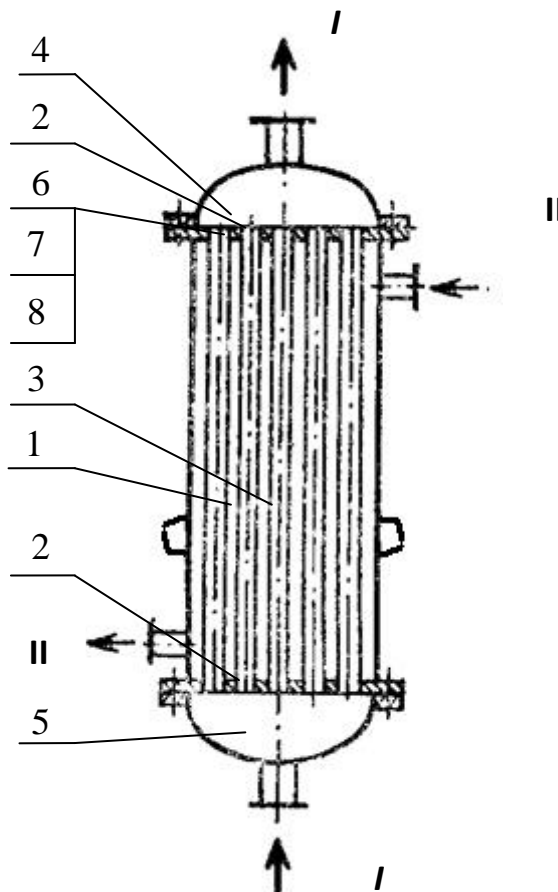
After the fuel is burned in the engine, flue gas is produced. The process takes place at high temperatures. After the engine, the resulting gas is passed through an exhaust gas exchanger to remove the heat generated after combustion [4]. A shell-and-tube heat exchanger is the most suitable waste heat exchanger.

The main advantage of such devices is a large heat exchange area with small overall sizes. Shell-and-tube heat exchangers are simple in design, easy to operate and install. Water is widely used as a refrigerant, which reduces occupational health and safety requirements.

Structural elements can be made of carbon and alloy steel. This allows such devices to be used in a wide range of temperatures and pressures. A fairly high

level of standardisation and unification results in the low cost of such devices compared to other designs [5].

The shell-and-tube heat exchanger is designed for heating water with flue gas, the design diagram of which is shown in the figure 1.



1 – shell; 2 – tube sheet; 3 – pipe bundle; 4 – flange;  
5 – cover; 6, 7, 8 – bolt, nut, washer; I – flue gas; II – water

Figure 1 – Diagram of a vertical shell-and-tube heat exchanger

The main part of a shell-and-tube heat exchanger is a cylindrical shell 1, to which tube sheets 2 are welded on both sides. A bundle of pipes 3 is tightly fixed in the tube sheets. A compensator 9 is installed to compensate for temperature loads. The covers 5 are bolted to the casing with flanges 6. For the input and output of coolants, nozzles are welded to the casing and covers. One heat transfer fluid (I)

is directed through the nozzle in the lower cover, passes through the tubes and exits through the nozzle in the upper cover in a single pass heat exchanger. The second heat transfer fluid (II) is introduced through the upper nozzle in the shell into the inter-tube space of the heat exchanger, washes the outside of the tubes and is discharged through the lower nozzle. Heat is transferred from one heat transfer medium to the other through the tube walls.

In this heat exchanger, flaring is used to ensure a tight connection between the pipes and the tube plate, which is explained by the relative simplicity of this method. The connection of the shell to the bottom and cover is provided by a flange connection, which provides greater convenience in repair and facilitates the installation of the unit. The tubes are arranged on the sides of a hexagon, which ensures the greatest compactness and good heat transfer.

A patent search was performed [6-9].

In the patent [6], the basic idea is to make a vertical heat exchanger in which the heat exchange tubes are welded into the upper tube plate, and the upper end face of the heat exchange tubes is near the upper end face of the upper tube plate, thus preventing the accumulation of materials on the upper surface of the upper tube plate during feeding. The circular and annular baffles are fixed in the shell. They are both evenly staggered, then the refrigerant flows upwards from the centre of the circular baffle to both sides of the circular baffle, and is finally transported to the circular baffle. Circulation is formed in the centre of the flow plate, which increases the contact area between the refrigerant and the heat exchange tube, increasing the flow velocity between the tubes and improving the heat transfer effect.

The main idea is to improve the strength and efficiency of heat exchanger tube welding, which will directly affect the quality of the product.

In the next utility model related to the vertical heat exchanger [7], the top cover is attached to the top of the heat exchanger body by means of a connecting

rod. The gland is fixedly connected to the top cover via threaded rods, and the lower end of the screw is inserted into the top of the gland. When the nut is connected to the lower end of the screw, the screw and the gland are fixedly connected. When the unit is disassembled, the top cover, inspection top cover and gland are driven by driving the screw up and down. It can be removed from the heat exchanger body to facilitate disassembly of the unit.

The main improvements of this model are structure modernization. The design allows easy disassembly and helps in the maintaining of the apparatus.

In the patent [8], the overall modernization lies in its design improvements aimed at enhancing efficiency, reliability, and service life. The inclusion of inclined baffles within the cooling pipe optimizes coolant flow. Compared to a horizontal arrangement, the inclined baffles reduce obstruction to the coolant, allowing for smoother flow. Additionally, they help mitigate vortex formation and bubble accumulation, preventing impurities from gathering at the root of the baffles. This design enhancement ensures efficient coolant circulation and minimizes the risk of blockages or inefficiencies, thereby improving overall performance. The arrangement of the heat exchange tubes within the cooling tube facilitates efficient heat transfer between the coolant and the fluid to be cooled. This configuration maximizes surface area contact and ensures effective heat exchange, resulting in efficient cooling of the fluid. Improved heat exchange efficiency leads to better performance and energy savings, making the apparatus more environmentally friendly and cost-effective.

Modernisation of the heat exchanger is aimed at improving the intensification of the heat exchange process and increasing the heat transfer coefficient

The main elements in such devices are heat exchange pipes 3. The hot coolant (flue gases) moves through the pipe space, and the cooling coolant (water) moves in the inter-pipe space.



Based on the analysis of patent [6-8] and literature sources [5], the following modernisation is proposed.

Spiral elements are additionally installed on the outer surface of the pipes, which are fixed to the pipes using bandages installed at regular intervals along the length of the pipe. The coils on two adjacent pipes should be staggered so as not to reduce the channels in the interpipe space. Additional spiral elements can be made of copper or aluminium, depending on the technical and economic feasibility. The essence of the modernisation is explained in Figure 2.



Figure 2 – Additional inserts on the heat exchanger pipes

The purpose of the modernisation is to intensify the process of heat transfer from the pipe wall to the cooler by increasing the heat exchange surface area of the pipe, thereby improving the heating of water by flue gases by 10...15%.

### References:

1. Kozak L.Y. Cogeneration - the basis of energy saving // Oil and Gas Energy. – 2007. – № 1 (2). – С. 40 – 44.
2. Khristenko V.I. Cogeneration: prerequisites and possibilities of use / V.I. Khristenko, V.B. Kapustin, V.M. Filonenko // Food and processing industry. – 1999. – № 11. – С. 10 – 11.
3. Advantages and use of cogeneration. [Electronic resource]: [Website] - Electronic data - Screen name - Access mode:

<https://www.tedom.com/ua/perevagi-ta-vikoristannja-kogeneracii/> (date of appeal 06.10.2023).

4. Ph.D. Husarova O., Ph.D. Dakhnenko V., student Bielokon A. Modernization of the cogeneration heat exchanger unit. – 2023.

5. Heat exchange equipment for cogeneration units: [Monograph]. - K.: CP "Komprint", 2017.- 198 p.

6. Vertical heat exchanger: Patent CN218723379U: IPC F28D7/16; F28F9/18; F28F9/22, Application CN202222893405U 2022-10-31 Publication 2023-03-24.

7. Vertical heat exchanger: Patent CN219624577U: IPC F28F9/00; F28F9/007; F28F9/24; F28F9/26, Application CN 202320580499U 2023-03-23 Publication 2023-09-01.

8. Vertical heat exchanger: Patent CN 220288307U: IPC F28D7/00; F28F9/22; G21C15/18, Application CN 202321848413U 2023-07-14 Publication 2024-01-02.

УДК 663.551

## ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНИХ УСТАНОВОК

к.т.н. Булій Ю.В.<sup>1</sup>, д.т.н. Ободович О.М.<sup>2</sup>, к.т.н. Целень Б.Я.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний університет харчових технологій

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

**АНОТАЦІЯ.** Досліджено ефективність інноваційної технології ректифікованого спирту, яка передбачає подачу на тарілку живлення розгінної колони спиртовмісних фракцій у вигляді несконденсованої в дефлегматорах основних колон пари в кількості 2 %. Таке рішення дозволяє зменшити витрати води на 0,032 м<sup>3</sup>/дал (5,1 %), а гріючої пари на 1,2 кг/дал (1,9 %) в перерахунку на безводний спирт. Очікуваний прибуток для заводу потужністю 3000 дал спирту на добу становитиме близько 1,5 млн грн на рік. Збільшення кількості несконденсованої пари від 2 до 5 % для живлення колони дозволить зменшити витрату гріючої пари від 10 до 8,8 кг/дал, а прибуток збільшити на 33,3 %.

**Ключові слова:** брагоректифікаційна установка, розгінна колона, дефлегматор, конденсатор, спирт, пара, спиртовмісні фракції.

## OPTIMIZATION OF OPERATION OF BRAGORECTIFICATION PLANTS

Ph.D. Bulii Y.V.<sup>1</sup>, Dr. Sc. Obodovych O.M.<sup>2</sup>, Ph.D. Tselen B.Ya.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National University of Food Technologies

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

**ABSTRACT.** Researched the efficiency of the innovative technology of rectified alcohol has been determined, which provides for the supply of alcohol-

*containing fractions in the form of non-condensed in the dephlegmators of the main columns of vapour to the feed plate of the impurity concentration column in the amount of 2 %. This solution allows reducing the water consumption by 0.032 m<sup>3</sup>/dal (5.1 %) and the heating vapour by 1.2 kg/dal (1.9 %) in terms of anhydrous alcohol in comparison with the known method. The expected profit for the plant with a capacity of 3000 dal of alcohol per day will be about UAH 1.5 million per year. Increasing the amount of non-condensed vapour from 2 to 5 % to feed the column will reduce the heating vapour consumption from 10 to 8.8 kg/dal, and increase the profit by 33.3 %.*

**Key words:** *bragorectification plant, impurity concentration column, dephlegmator, condenser, alcohol, vapour, alcohol-containing fractions.*

Відомі способи отримання ректифікованого спирту в брагоректифікаційних установках (БРУ), оснащених розгінною колоною (РК), передбачають введення на її тарілку живлення спиртовмісних напівпродуктів і побічних продуктів у вигляді конденсату пари з температурою 25-30 °С. Для ефективного виділення і концентрування летких домішок необхідною умовою є збільшення витрати пари від 2,56 до 3,59 кг/кг безводного спирту (б.с.), введеного в колону (на 28,7 %) [1].

Питанням оптимізації роботи БРУ присвячена значна кількість наукових праць. Для вирішення актуальної задачі авторами запропоновано подавати на тарілку живлення РК спиртовмісні фракції у вигляді пари, що не сконденсувалася в сепараторі вуглекислого газу, дефлегматорах бражної, епюраційної і спиртової колон, а також сивушну фракцію і сивушний спирт в пароподібному стані [2].

Дослідження ефективності інноваційного способу проводились на ДП «Чуднівський спиртовий завод» у два етапи. На першому етапі для

порівняння досліджували ефективність відомого способу (типової ректифікації), згідно якого в дефлегматорах основних колон конденсувалося 98 % від кількості пари, що виходила із верхньої частини кожної колони, несконденсовану пару подавали в їх конденсатори, з яких конденсат пари в кількості 2 % направляли на тарілку живлення РК. На другому етапі досліджували ефективність інноваційної технології за двома способами. За способом I на тарілку живлення РК подавали не конденсат пари, а несконденсовану в сепараторі вуглекислого газу і дефлегматорах основних колон пару в кількості 2 %. За способом II витрати води на охолодження дефлегматорів зменшували таким чином, що в дефлегматорах конденсувалося 95 % пари від кількості пари, що виходила із кожної колони, а в РК подавали несконденсовану в них пару в кількості 5 %. Під час досліджень контролювали якість отриманого спирту етилового ректифікованого. Витрати води і гріючої пари перераховували на 1 дал б.с. Результати досліджень наведені в таблиці.

*Таблиця – Витрати води (W) і пари (P) на БРУ непрямої дії, оснащеної розгінною колоною*

| Колони<br>БРУ | W, м <sup>3</sup> /дал б.с. |              |           | P, кг/дал б.с.    |              |           |
|---------------|-----------------------------|--------------|-----------|-------------------|--------------|-----------|
|               | відомий<br>спосіб           | інноваційний |           | відомий<br>спосіб | інноваційний |           |
|               |                             | спосіб I     | спосіб II |                   | спосіб I     | спосіб II |
| Бражна        | 0,065                       | 0,064        | 0,062     | 20                | 20           | 20        |
| Епюраційна    | 0,154                       | 0,151        | 0,146     | 12                | 12           | 12        |
| Спиртова      | 0,282                       | 0,276        | 0,268     | 22                | 22           | 22        |
| Розгінна      | 0,128                       | 0,125        | 0,121     | 10                | 9,1          | 8,8       |
| БРУ           | 0,629                       | 0,616        | 0,597     | 64                | 63,1         | 62,8      |

Із таблиці видно, що використання інноваційного способу дозволяє зменшити загальні витрати води на 0,032 м<sup>3</sup>/дал (5,1 %), а пари на 1,2 кг/дал (1,9 %) порівняно з відомим способом. При цьому якісні показники спирту етилового ректифікованого відповідали нормативним показникам для спирту сорту «Люкс» згідно ДСТУ 4221:2003.

За умови організації парових потоків живлення РК прибуток для заводу середньої потужності (3000 дал спирту на добу) становитиме близько 1,5 млн грн на рік. Збільшення кількості несконденсованої пари в дефлегматорах основних колон від 2 до 5 % для живлення РК дозволяє зменшити витрату пари від 10 до 8,8 кг/дал, а прибуток збільшити на 33,3 % в порівнянні із способом І.

### **Список літератури**

1. Шиян П.Л., Сосницький В.В., Олійнічук С.Т. Інноваційні технології спиртової промисловості. Теорія і практика: монографія. Київ: Видавничий дім «Асканія», 2009. 424 с.
2. Спосіб отримання ректифікованого спирту: пат. 126533 Україна: B01D 3/14 (2006.01), C12F 3/10 (2006.01), C12P 7/00. Заявка а 202005971; заявл. 18.09.2020; опубл. 26.10.2022. Бюл. № 43/2022. 12 с.

**UDC630**

**ДОВГОСТРОКОВІ ЮРИДИЧНО ЗОБОВ'ЯЗУЮЧІ ЗВ'ЯЗКИ  
ЛІСГОСПІВ З МІСЦЕВИМИ КОРИСТУВАЧАМИ ЯК  
ПЕРСПЕКТИВНІ ЧИННИКИ РОЗВИТКУ ЛІСУ В УКРАЇНІ**

Беляєв Г.В., Беляєва І.П., Жуков К.Л., Стецюк В.Г.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

***АНОТАЦІЯ.** Робота присвячена визначенню умов і напрямів синергійної взаємодії державних лісорослинницьких підприємств з територіально наближеним господарчим оточенням та місцевою територіальною громадою.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЛІСІВНИЦТВО, ЕНЕРГЕТИКА, БІОДОБРИВА, ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА, ТЕРИТОРІАЛЬНА ГРОМАДА.

**LONG-TERM LEGALLY BINDING RELATIONS OF FOREST FARMS  
WITH LOCAL USERS AS PROMISING FACTORS OF FOREST  
DEVELOPMENT IN UKRAINE**

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

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

***ABSTRACT.** The paper is devoted to determining the conditions and directions of synergistic interaction of state forestry enterprises with the territorially close economic environment and the local territorial community.*

**KEYWORDS:** FORESTRY, ENERGY, BIOFERTILIZERS, HEAT ENERGY, LOCAL COMMUNITY.

**Мета роботи.** Визначення інтересів ряду галузей суспільного господарства стосовно використання побічних товарних продуктів та відходів лісорослинницької діяльності.

**Результати.** На сьогодні майже відсутня стабільна взаємодія лісогосподарських підприємств з місцевими користувачами наближеними до них територіально. Одночасно з'явилися два негативних явища: хронічне бюджетне недофінансування; занепад побічних виробництв (вітамінне борошно тощо) через істотне здорожчання енергоносіїв.

Проблеми на вирішення яких спрямовані пропозиції:

1. Щодо інтересів розвитку лісорослинницької діяльності – зменшення чи повне подолання хронічного недофінансування, від якого на протязі багатьох років потерпає ця важлива галузь.

2. Щодо інтересів інших галузей суспільного господарства:

- енергетика конче зацікавлена в постачанні на постійній основі дешевого деревного палива, використання якого досить толерантне по відношенню до локальної екології і сприятиме зниженню негативного впливу на глобальну екологію;

- мешканці сільської місцевості, володарі дач і садоводи вкрай зацікавлені у зменшенні витрат на опалення, навіть, якщо їхні господарства газифіковані;

- об'єкти бюджетної сфери у сільській місцевості (школи, лікарні, санаторії, готелі, будинки відпочинку, турбази, інтернати, будинки культури, пансіонати для літніх людей, дошкільні заклади тощо) потребують зниження витрат на опалення; те саме стосується аналогічних об'єктів, розташованих на околицях урбанізованих територій, що дозволяє доставляти до них деревне паливо.

Для реалізації способу забезпечення деревинним паливом об'єктів комунальної та промислової теплоенергетики у найближчих до підприємств лісового господарства (ПЛГ) населених пунктах необхідною передумовою є утворення партнерства між ПЛГ і споживачами тепла – відповідальними об'єктами теплопостачання: органами комунальної теплоенергетики або



промисловими підприємствами. Основою такого партнерства є юридично зобов'язуючі договори, термін дії яких не менший строку експлуатації встановленого теплогенеруючого обладнання [1,2].

**Висновок.**Пропонується системний комплекс заходів, спрямованих на синергійне стале співробітництво лісогосподарських підприємств з енергетикою, соціальною сферою, виробництвом біодобрив, тощо, на основі взаємодії наукових установ з органами місцевого самоврядування. При цьому враховується значне підвищення попиту газифікованих індивідуальних домогосподарств на паливні дрова в зв'язку зі сталою тенденцією підвищення ціни на природний газ [3].

#### **Перелік посилань:**

1. Кремньов В.О, Беляєв Г.В., Беляєва І.П., Стецюк В.Г., Жуков К.Л. Пропозиції щодо створення сталої системи територіального енергетичного використання місцевих відновлюваних ресурсоцінних відходів / Промышленная теплотехника, –2017.–Т. 39, № 7. С. 89-90.

2. Кремньов В.О., Тимощенко А.В., Беляєв Г.В., Беляєва І.П., Жуков К.Л., Корбут Н.С., Стецюк В.Г. Системна інтенсифікація тепло- і біотехнологічних процесів при утилізації ресурсоцінних відходів біологічного походження на території об'єднаних територіальних громад/ Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій 2022: колективна монографія. Полтава – Львів: НУПП імені Юрія Кондратюка, НУ «Львівська політехніка» — Дніпро: Середняк Т. К., 2022, С. 326-339. ISBN 978-617-8111-24-3. <https://nupp.edu.ua/page/opis-kolektivnoi-monografii.html>.

3. Кремньов В.О., Тимощенко А.В., Беляєв Г.В., Беляєва І.П., Жуков К.Л., Корбут Н.С., Стецюк В.Г. Сучасне лісівництво України і можливості його синергійної взаємодії з енергетикою: Екологія. Довкілля.

**Збірник тез доповідей XXXIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"**

---

Енергозбереження. 2023 : колективна монографія / під ред. О.В. Степової.  
Полтава: НУПП імені Юрія Кондратюка. 2023. С. 80 –  
91.<https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2022/3mnpk/monogr.pdf> ISBN  
[978-617-7915-94-1](https://nupp.edu.ua/uploads/files/0/events/conf/2022/3mnpk/monogr.pdf).

УДК 514; 532.5.013

## ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА СОЛОМИ ПШЕНИЧНОЇ В ЯКОСТІ СУБСТРАТУ ДЛЯ АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖЕННЯ

канд. техн. наук Сидоренко В.В., Данько І. О.

Інститут технічної теплофізики НАН України

**Анотація:** В результаті роботи визначено вплив знакозмінних імпульсів тиску та концентрації луку на вихід лігніну з соломи пшеничної при її підготовці до анаеробного зброджування

**Abstract:** As a result of the work, the influence of alternating pressure pulses and alkali concentration on the yield of lignin from wheat straw during its preparation for anaerobic fermentation was determined

**Ключові слова:** попередня підготовка, делігніфікація, знакозмінні імпульси тиску, субстрат для зброджування, отримання біогазу

**Keywords:** pretreatment, delignification, altering pulses of pressure, substrate for fermentation, biogas production

Виходячи зі зростання глобального попиту на енергію, обмеженістю викопних джерел енергії та зростанням емісії парникових газів внаслідок використання палив на їх основі, виникає необхідність ширшого використання відновлюваних джерел енергії, зокрема, біомаси [1].

В енергетиці одним зі шляхів використання біомаси є отримання біогазу шляхом метанового бродіння [2]. Основним субстратом для виробництва біогазу в Україні є тваринний гній, послід, буряковий жом та кукурудзяний силос [3]. Лігноцелюозна сировина також розглядається в якості субстрату для метанового забродження [4]. Компоненти

лігноцелюлозної сировини, проте, утворюють складну і компактну структуру, яка важко розкладається анаеробними мікроорганізмами.

Фактори, що впливають на ферментативний гідроліз целюлози, включають вміст лігніну, вміст геміцелюлоз, вміст ацетильних груп, кристалічність целюлози, ступінь полімеризації, питому площу поверхні, об'єм пор і розмір частинок [5]. Для усунення бар'єрів, що викликають стійкість до деградації, і для підвищення ферментативної здатності до розкладання целюлози, змінюючи хімічний склад і фізичну структуру сировини, необхідно застосовувати методи попередньої обробки.

**Метою** роботи визначення виходу лігніну з соломи пшеничної протягом попередньої гідродинамічної обробки знакозмінними імпульсами тиску та автоклавуванні при зміні концентрації лугу

Вибрані методи попередньої обробки проводилися при 90–100 °С, оскільки в багатьох випадках на біогазових установках залишається багато невикористаної теплової енергії. Отже, таке джерело тепла (у вигляді охолоджувальної води когенераційної установки, яка досягає температури приблизно до 90 °С) реально доступне на біогазових установках [6].

### **Матеріали і методи**

В якості сировини в роботі використовувалась солома пшенична. Спочатку пшеничну солому попередньо подрібнювали на соломорізці, а потім в дезінтеграторі. Водну суспензію пшеничної соломи, отриману шляхом змішування з лужним розчином, обробляли окремо в автоклаві та в установці з роторно-пульсаційним апаратом.

Визначення кислотонерозчинного та кислоторозчинного лігніну проводили згідно зі стандартом "Визначення структурних карбогідратів та лігніну в біомасі" Національної лабораторії відновлювальних джерел енергії Міністерства енергетики США після вилучення водо- та спирторозчинних речовин в біомасі.

## Результати

В результаті роботи отримано залежності вмісту лігніну в зразках після попередньої підготовки від концентрації луку в діапазоні від 0,5 до 4 %мас.

Інші умови залишались незмінними, а саме - температура процесу становила 90 як для автоклавування так і для обробки. Тривалість процесу становила 60 хв. Визначено, що підвищення концентрації луку у визначеному діапазоні призводить до збільшення виходу лігніну, що узгоджується з роботами інших авторів (Табл. 1).

Таблиця 1. Залежність вмісту лігніну в зразках після попередньої підготовки від концентрації луку для автоклавування та обробки (швидкість обертання ротора 47,75 об/с) протягом однієї години за температури 90 °С

| Вид попередньої підготовки | Концентрація луку, % мас. |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                            | Вихідна сировина          | 0,5  | 1,0  | 1,5  | 2    | 3    | 4    |
| Автоклав                   |                           | 8,72 | 6,53 | 5,51 | 5,13 | 4,75 | 4,19 |
| Обробка                    | 17,1                      | 7,35 | 5,18 | 4,58 | 4,09 | 3,52 | 3,16 |

**Висновок:** Визначено, що додавання комплексу фізичних ефектів обробки, а саме знакозмінних імпульсів тиску, високої турбулентності, високих зсувних напружень в міжциліндровому зазорі та локальних стрибків температури разом з підвищенням концентрації луку прискорює вивільнення лігніну з соломи пшеничної порівняно з автоклавуванням.

## Перелік посилань:

1. Сидоренко В.В. Застосування термо-механо-хімічної обробки для делігніфікації соломи пшеничної. *Проблеми теплофізики та*

- теплоенергетики* : Тези XIII Міжнар. онлайн-конф. (7-8 листопада 2023 р.). - Київ : Симоненко О. І., 2023. 138 с. (С. 75–76).  
<http://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2023/11/zbirka-tez-2023-dlja-sajtu.pdf>
2. Omer, A. M. (2016). An overview of biomass and biogas for energy generation: Recent development and perspectives. *Journal of Bioscience and Biotechnology Discovery*, 1(3), 42–58.  
<https://doi.org/10.31248/jbbd2016.010>
  3. Виробництво енергії з біомаси в Україні: технології, розвиток, перспективи / Ін-т технічної теплофізики НАН України; за ред. Г. Гелетухи. — Київ: Академперіодика, 2022. — 373 с.  
<https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.464.373>
  4. Manyi-Loh, C.E.; Lues, R. Anaerobic Digestion of Lignocellulosic Biomass: Substrate Characteristics (Challenge) and Innovation. *Fermentation* 2023, 9, 755. <https://doi.org/10.3390/fermentation9080755>
  5. Zhu L., O'Dwyer J.P., Chang V.S., Granda C.B., Holtzapple M.T. (2008): Structural features affecting biomass enzymatic digestibility. *Bioresource Technology*, 99: 3817–3828. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.07.033>
  6. Jankovičová B, Hutňan M, Nagy Czölderová M, Hencelová K, Imreová Z. (2022). Comparison of acid and alkaline pre-treatment of lignocellulosic materials for biogas production. *Plant Soil Environment*. 68(4):195-204.  
<https://doi.org/10.17221/421/2021-PSE>

**UDC 661.1**

**MODERNIZATION OF THE PADDED RECTIFICATION COLUMN OF  
THE METHANOL-ETHANOL MIXTURE SEPARATION  
INSTALLATION**

student Karina Nefyodova V., Ph.D., associate professor Andrii Stepaniuk, Ph.D.,  
associate professor Ihor Andreev

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

**Abstract:** The description is given the structure and principle of operation of the rectification column, its advantages and disadvantages. A description of the modernization of the packed rectification column for the separation of the methanol-ethanol mixture in order to improve the quality and efficiency of its work is given.

**Keywords:** MODERNIZATION, RECTIFICATION COLUMN, CAP PLATE.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ НАСАДКОВОЇ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ  
УСТАНОВКИ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ МЕТАНОЛ-ЕТАНОЛ**

студентка Нефьодова К.В., к.т.н., доцент Степанюк А.Р.,  
к.т.н., доцент Андреев І.А.

**Національний технічний університет України**

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

**Анотація:** Викладено опис будови та принципу роботи ректифікаційної колони, її переваги і недоліки. Наведено опис модернізації насадкової ректифікаційної колони для розділення суміші метанол-етанол з метою підвищення якості та ефективності її роботи.

**Ключові слова:** МОДЕРНІЗАЦІЯ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, КОВПАЧКОВА ТАРИЛКА.

The final product of the methanol-ethanol separation plant is high-quality methanol that meets the requirements of modern standards and market needs [1, 2].

The industrial synthesis of methyl alcohol includes three main stages [1, 2]:

1. Obtaining a mixture of carbon monoxide and hydrogen (synthesis gas);
2. Production of crude methyl alcohol;
3. Isolation and purification of methyl alcohol.

Today, natural gases with a high methane content are used in large quantities to obtain synthesis gas.

The process takes place in three stages [2].

The first stage involves the reaction of hydrogen vapor with carbon dioxide (CO and CO<sub>2</sub>) in the presence of a catalyst, usually consisting of zinc oxide or chromium oxide on an aluminum base. The reaction takes place under high pressure and temperature conditions. The result is syngas, which consists of carbon monoxide (CO) and hydrogen (H<sub>2</sub>).

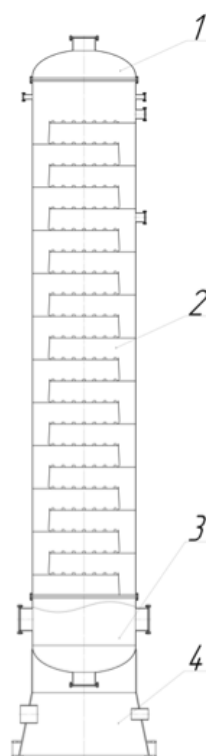
In the second stage, synthesis gas is mixed with a catalyst (usually zinc oxide or a catalyst based on copper-zinc) and undergoes catalytic condensation to form methanol. The obtained crude methyl alcohol contains impurities and impurities.

The last stage includes the distillation of methyl alcohol to separate it from impurities and impurities. The process may also include the use of additional purification methods, such as absorption, filtration or chemical treatment, to obtain a high-quality final product - pure methyl alcohol, ready for use.

In the rectification column, two liquid mixtures are separated. The initial mixture is fed into the middle part of the column on a plate, where it mixes with the phlegm coming from above. The phlegm drains to the bottom of the column,



and the mixture moves down, coming into contact with the steam produced during the boiling of the residues (Figure 1). The apparatus contains a support 4, which is rigidly fixed on the foundation, with a welded bottom 3. The body 1 and the cover 2 are connected by means of a flange connection. The process of mass exchange takes place on the surfaces of the plates, which are placed inside the body of the device. Multi-cap plates are installed in the housing at a certain distance from each other 4 overflow type, the distance between the plates is determined depending on the technological parameters of the work and the diameter of the column.



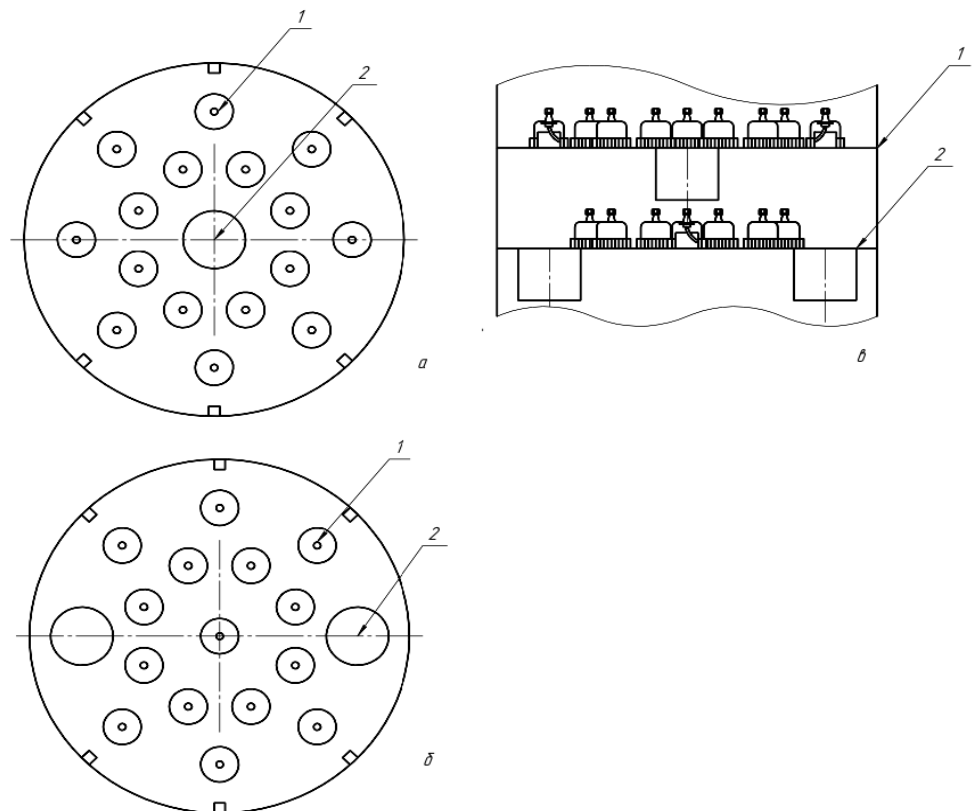
1 – cover; 2 – body; 3 – bottom; 4 - support

Figure 1 – Scheme of the rectification column

The main advantages of mass exchange columns with cap plates are relatively high efficiency in a wide range of loads relative to the gas phase (with a ratio of maximum load to minimum up to 3), the possibility of working with contaminated liquids, relatively low hydraulic resistance of the column.

Cap plates can suffer from fouling or salt deposits, which can reduce column efficiency and increase maintenance costs. Cleaning or replacing end plates can be a complex and time-consuming process that requires high maintenance costs.

The plate is a round disk, on which steam nozzles are fixed in a checkerboard pattern, closed from above with capsule or tunnel caps. In the modernized column, it is suggested to place an overflow hole in the middle of odd-numbered plates, for even-numbered plates, overflow holes should be placed on the periphery of the plates (Figure 2).



1 - cap, 2 - hole,

1 - odd cap plate, 2 - even cap plate

Figure 2 – Scheme of the modernized column

- a) top view of an odd cap plate, b) top view of a paired cap plate,  
c) view from the side of the column

Creating a hole in the center of the caps can help reduce the unevenness of the mixture concentration across the gas plate and promote better gas distribution across the plate.

### **References**

1. K.V. Nefiodova, Stepaniuk A.R. Modernization of the rectification column for the separation of methanol and ethanol. Kyiv, December 5-7, 2023: collection of abstracts - K.: NTUU "KPI", 2023.
2. Ukelson. Technology of basic organic synthesis. - M., Khimiya, 1968. - 605 p.

УДК 550.36

## **ВИКОРИСТАННЯ ГНУЧКИХ ГОФРОВАНИХ НЕРЖАВІЮЧИХ ТРУБ В ЯКОСТІ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ТЕРМОСИФОННИХ ЗОНДІВ**

д-р техн. наук, с.н.с. Чалаєв Д.М., д-р техн. наук, проф. Ободович О.М.,  
канд. техн. наук, с.н.с. Переяславцева О.О., канд. техн. наук, с.н.с. Резакова  
Т.А., канд. техн. наук. Степанова Л.Є.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

***Анотація:** В роботі представлено результати досліджень з використання гнучких гофрованих нержавіючих труб з гвинтовою накаткою гофр в якості термосифонних зондів. При проведенні експерименту, в якості робочих тіл використовувались різні хладоагенти та визначено, що найкращим за своїми теплофізичними характеристиками є двоокис вуглецю.*

***Abstract:** The paper presents the results of research on the use of flexible corrugated stainless steel pipes with helical knurling of the corrugations as thermosiphon probes. During the experiment, different refrigerants were used as working bodies and it was determined that carbon dioxide is the best in terms of its thermophysical characteristics.*

***Ключові слова:** ТЕРМОСИФОННИЙ ЗОНД, ГНУЧКІ ГОФРОВАНІ ТРУБИ, ТЕПЛООБМІННИК, ХЛАДОАГЕНТ.*

***Keywords:** THERMOSIPHON PROBE, FLEXIBLE CORRUGATED PIPES, HEAT EXCHANGER, REFRIGERANT.*

**Мета роботи.** Дослідження ефективності використання гнучких гофрованих нержавіючих труб в якості геотермальних термосифонних зондів для вилучення низькопотенційної теплоти ґрунту.

**Результати.** Розширення масштабів використання геотермальних теплових насосів в житловому будівництві збільшує потенційний ризик забруднення підземних вод у разі витоку теплоносія. Альтернативою традиційним ґрунтовим теплообмінникам є технологія видобування низькопотенційної теплоти приповерхневих шарів Землі з використанням геотермальних зондів на основі термосифонних теплових труб. При застосуванні цієї технології немає потреби організувати примусову циркуляцію проміжного теплоносія, тому що перенос теплоти відбувається шляхом випаровування та конденсації робочого тіла в тепловій трубі.

В роботі досліджена ефективність використання в якості термосифонних зондів - гнучких гофрованих нержавіючих труб з гвинтовою накаткою гофр, що промислово виготовляються. Випробовування експериментального зразка термосифонної теплової труби показали, що завдяки стіканню конденсату по гвинтовій канавці відбувається практично повне змочування внутрішньої стінки. Це забезпечує рівномірне розподілення робочого агента по довжині труби і ефективний перенос тепла, що підтверджується рівномірністю температурного поля за всією довжиною зони випаровування теплової труби. В якості робочих тіл в термосифонах великої довжини необхідно використовувати холодоагенти з високим тиском насичення і великою густиною пари. За теплофізичними властивостями одним з найбільш придатних робочих тіл є двоокис вуглецю (R-744). У порівнянні з іншими холодоагентами R-744 має значно більші тиск насичення і величину об'ємної холодопродуктивності.

**Висновки.** Вилучення низькопотенційної теплоти приповерхневих шарів Землі за допомогою термосифонних зондів на базі гнучких гофрованих нержавіючих труб дозволяє підвищити показник сезонної ефективності (Seasonal Performance Factor) геотермального теплового насоса на 15-20%.

UDC 66.048.3

## IMPROVEMENT OF THE PARTITIONS OF THE HEAT EXCHANGER OF ETHANOL PRODUCTION INSTALLATIONS

student Matviy UFIMTSEV.V., Ph.D., Assoc. Andriy STEPANIUK,  
doctor of engineering, S.N.S. Georgiy IVANYTSKYI

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

***Abstract.** An option to modernize the heat exchanger by installing segmental partitions of a new configuration is proposed. The design of the partitions in the assembly is close to a spiral, which reduces the volume of stagnant zones and intensifies the process of heat transfer in the device. Depending on the purpose, the partitions may have a different angle of inclination, which will affect the length of the path taken by the coolant in the pipe space and the hydraulic resistance.*

***Keywords:** ETHANOL, SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER, SEGMENTAL PARTITION, SPIRAL TRAJECTORY.*

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕГОРОДОК ТЕПЛООБМІННИКА УСТАНОВКИ ВИРОБНИТВА ЕТАНОЛУ

студент Уфимцев М.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.,  
д.т.н., с.н.с. Іваницький Г.К.

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

***Анотація.** Запропоновано варіант модернізації теплообмінного апарата встановленням сегментних перегородок нової конфігурації. Конструкція перегородок в зборі наближена до спіралі, що зменшує об'єм застійних зон та інтенсифікує процес теплопередачі у апараті. Залежно від призначення перегородки можуть мати різний кут нахилу, що впливатиме на довжину шляху який проходить теплоносій у трубному просторі та гідравлічний опір.*

*Ключові слова: ЕТАНОЛ, КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК, СЕГМЕНТНА ПЕРЕГОРОДКА, СПІРАЛЬНА ТРАЄКТОРІЯ.*

Today, scientists, academics, politicians, and environmental non-governmental organizations pay considerable attention to global warming or climate change due to greenhouse gas (GHG) emissions. Global emissions of greenhouse gases are the result of human activity, in particular, the burning of fuels for the needs of transport, industry, agriculture and electricity generation. CO<sub>2</sub> is also known as the most important anthropogenic greenhouse gas causing global warming or climate change related to human activities. Atmospheric concentrations of GHGs such as methane (CH<sub>4</sub>), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), chlorofluorocarbons and nitrous oxide are projected to increase worldwide due to excessive industrialization, which increases the greenhouse effect.

Ethanol is an environmentally friendly fuel that has an important advantage over conventional gasoline as a transportation fuel due to its non-toxicity properties, high oxygen content accumulation that helps improve combustion with reduced exhaust emissions, and high octane number that provides high resistance to engine knocking. Thus, the technology of creating fuel ethanol is necessary to reduce the problems of environmental pollution.

Ethanol is produced from agricultural raw materials such as corn (US) and sugar cane (Brazil), while the European Union produces ethanol from wheat and sugar beets. The use of agricultural raw materials, especially corn, in the production of ethanol is criticized because of its importance as a food product. If agricultural raw materials are used as feedstock for ethanol production, this will lead to food shortages and rising food prices. In addition, corn kernels will create environmental pollution problems such as soil erosion, loss of biodiversity, and nitrogen oxide pollution. The main limiting factor in commercial ethanol production is the unfavorable energy balance and the area required for plantations. Taking into account these considerations, countries continue to improve existing technological schemes, modernize existing production and equipment, and look for new technologies and processes that would allow reducing the cost of ethanol production without causing a negative impact on the environment [1].

The production of ethylene is impossible without heat exchange, and it is the costs associated with heat exchange that occupy a significant part of the energy

consumption of installations of this purpose. That is why it was decided to modernize the heat exchanger in order to reduce the hydraulic resistance and metal capacity of the device.

Different types of segmental partitions are known, the most common among them are [2]:

1. Solid partitions without cutouts
2. Transverse partitions with a segmental cutout (Figure 1)
3. Transverse partitions with sector cutouts
4. Transverse partitions with slotted cutouts

During transverse flow, the flow meets greater resistance and, accordingly, becomes turbulent. As a result of turbulence, the coefficient of heat transfer from the flow to the outer walls of the pipes increases. From the point of view of heat transfer, they try to direct the flow at an angle of  $90^\circ$  to the pipes, however, at high speeds, such a flow angle can increase the vibration of the heat exchanger pipes or be the cause of it.

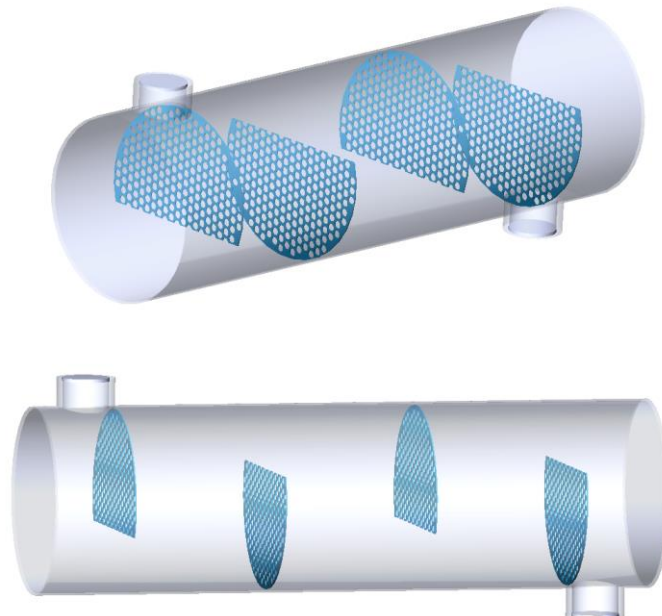


Figure 1 – Standard implementation of segmental partitions

The idea of modernization is to use the proposed partitions to direct the flow of the heat carrier in the intertube space along a trajectory that is as close as possible to the spiral (Figure 2). This will reduce the number of stagnant zones and



additionally turbulate the flow, which will increase the heat transfer coefficient and reduce, compared to classic partitions, hydraulic resistance. Thus, to ensure the same heat flow between heat carriers, it will be necessary to use a smaller heat exchanger with lower hydraulic resistance, which will have a positive effect on the price and energy consumption of the finished products.

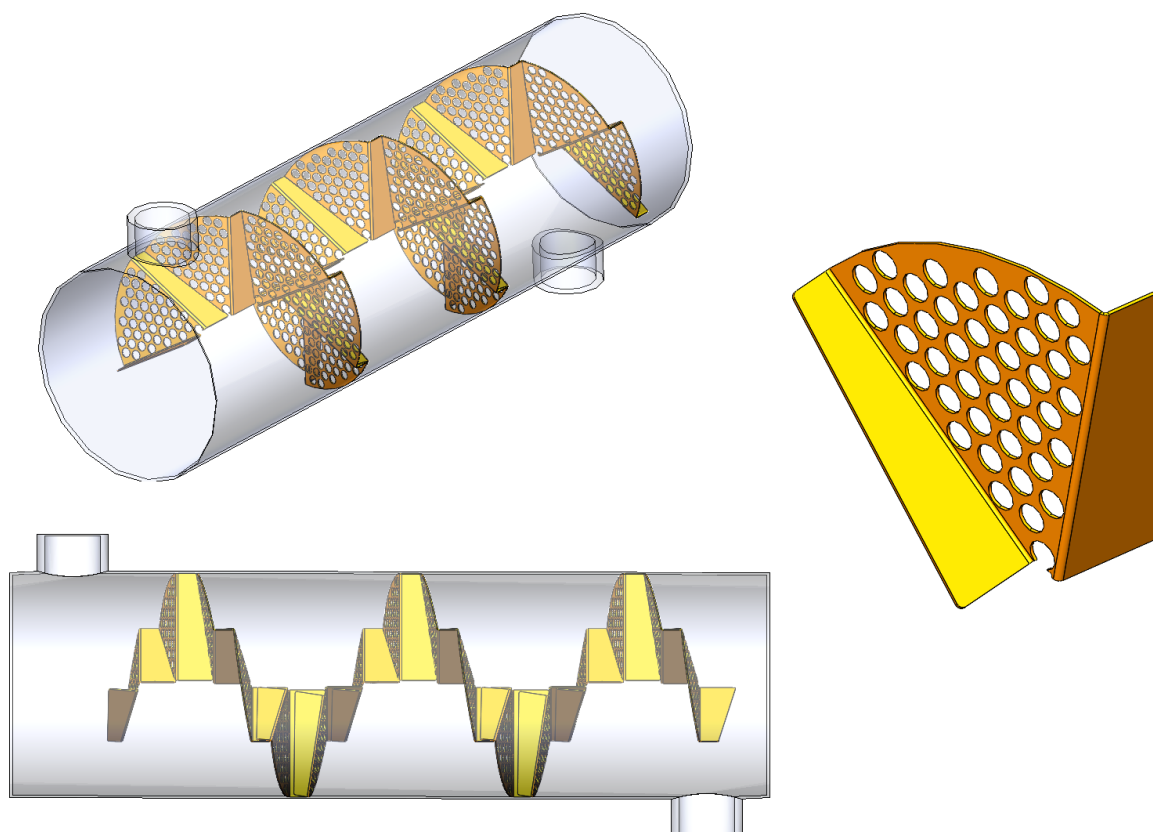


Figure 2 – The proposed construction of segmental partitions

#### References:

1. Latif, MN; Wan Isaac, WNR; Samsuri, A.; Hasan, SZ; Manan, WN; Yaakob, Z. Recent Advances in the Technologies and Catalytic Processes of Ethanol Production. Catalysts 2023, 13, 1093. <https://doi.org/10.3390/catal13071093>
2. Design and calculation of shell and tube heat exchangers [Electronic resource]: training. manual for students specialty 133 "Industrial mechanical engineering" / Ihor Andreev; KPI named after Igor Sikorsky. – Electronic

text data (1 file: 5.1 MB). – Kyiv: KPI named after Igor Sikorskyi, 2022. – 140 p.

3. Innovative heat exchange equipment [Text]: monograph / I. O. Mikulonok. Kyiv: KPI named after Igor Sikorskyi, 2023. – 140 с.: ill. - Bibliography: p. 130–137.

## ПЕРЕМІШУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ З ГНУЧКИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ БІОРЕАКТОРА

студент Даніхно Р.М. доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Анотація:** Дана робота розглядає хімічний апарат з перемішувачем для попередньої обробці рослинного матеріалу розведеною кислотою. Представлено реактор з перемішувальним пристроєм, що має гнучкий лінійний привод.

**Ключові слова:** ПЕРЕМІШУВАЧ, ГНУЧКИЙ ПРИВОД, МІШАЛКА, БІОРЕАКТОР.

**Annotation:** This work considers a chemical apparatus with a mixing system for preliminary treatment of plant material with dilute acid. A bioreactor with a stirring device having a flexible drive line and a flexible bag of polymeric film is presented.

**Key words:** MIXING SYSTEM, FLEXIBLE DRIVE LINE, IMPELLER, BIOREACTOR.

Перемішування рідких середовищ, пастоподібних та твердих сипких матеріалів-один із найпоширеніших процесів хімічної технології.

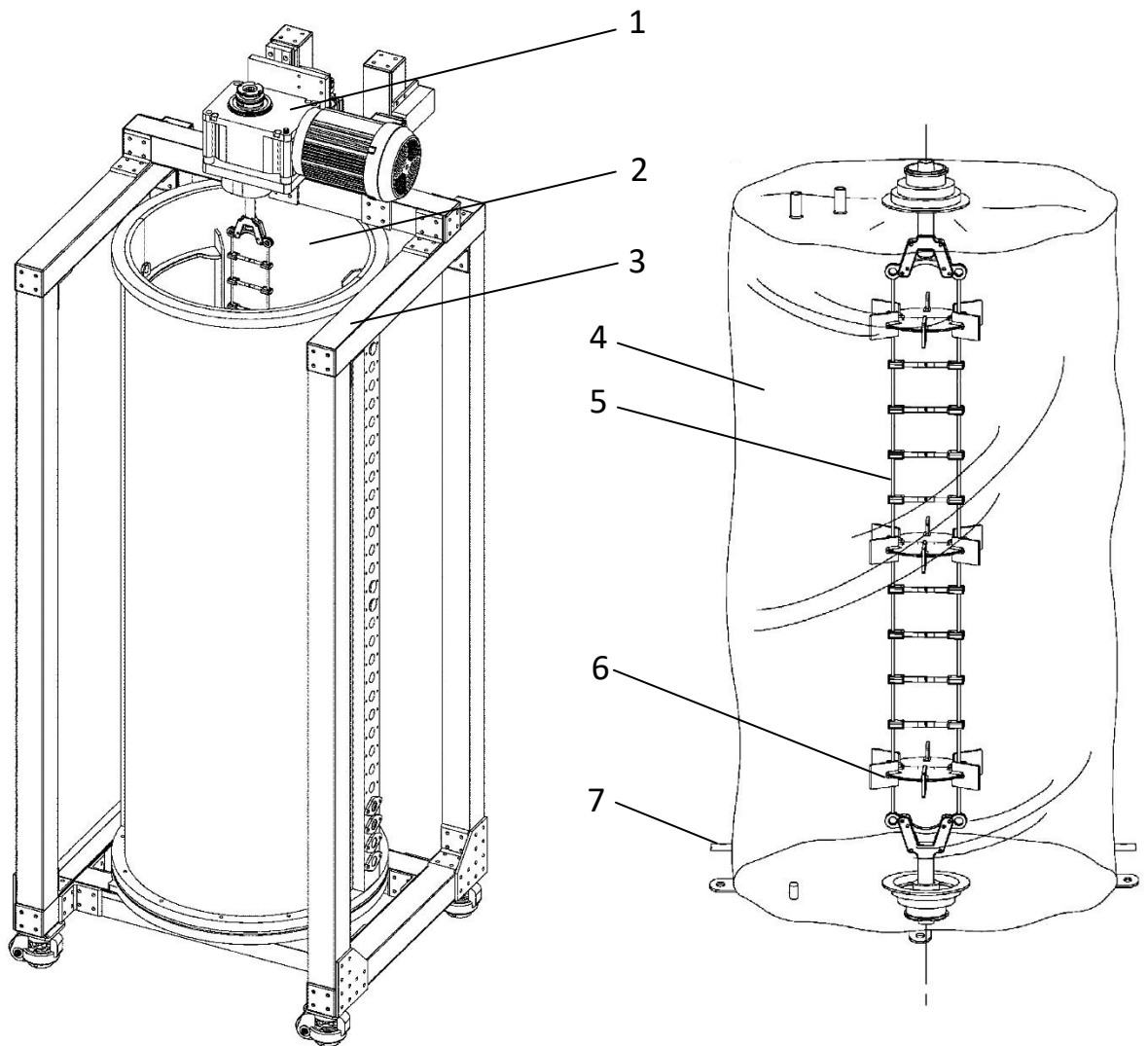
Під перемішуванням рідких середовищ розуміють процес багаторазового відносного перемішування макроскопічних елементів об'єму рідкого середовища під дією імпульсу, що передається середовищі механічною мішалкою, струменем газу або рідини [1].

Перемішування рідинних серед застосовують для вирішення наступних основних завдань: 1) інтенсифікації процесів тепло- і масопереносу, в тому числі і при наявності хімічної реакції; 2) рівномірний розподіл твердих частинок в обсязі рідини (при приготуванні суспензій), а також рівномірний розподіл і дроблення до заданої дисперсності рідини в рідині (при приготуванні емульсії) або газу в рідині [2].

Перемішувальний пристрій встановлений у сучасному біореакторі від Life Technologies Corp (див. рис. 1) має гнучку лінією привода, на якій розташовують мішалки у потрібних для процесу місцях та кількості. Гнучка конструкція привода дозволяє легко знімати та встановлювати привід високих реакторів навіть у приміщеннях з низькими стелями, що неможливо при використанні жорстких приводних валів. Також дана конструкція дозволяє встановлювати декілька мішалок на різних рівнях див. рис.2., що може забезпечити більш якісне перемішування [4].

Розташування мішалки може бути ще важливішим, якщо розглядати кілька робочих коліс. Два робочих колеса можуть знадобитися в ситуаціях, коли рівень рідини перевищує діаметр резервуара, але це також вигідно, коли рівень рідини дорівнює діаметру резервуара та потрібна більша вертикальна рівномірність. Нижнє робоче колесо виконує більшу частину роботи, піднімаючи частинки з дна, тоді як верхнє робоче колесо допомагає більш рівномірно розподіляти частинки у верхній частині бака [3].

Наведена конструкція перемішувального пристрою дозволяє використовувати його у досить широкому діапазоні потреб, змінюючи кількість або конфігурацію перемішувачів. Завдяки простоті конструкції гнучкий привод досить просто обслуговувати та проводити заміну.

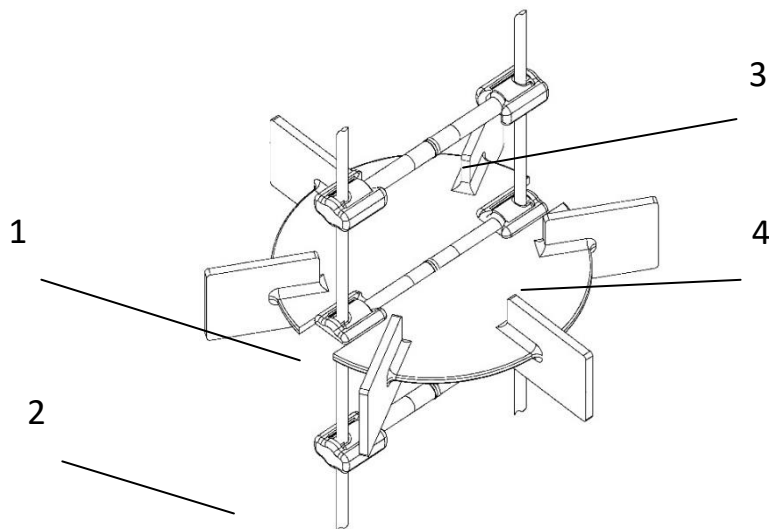


а)

б)

1 – Двигун з редуктором; 2 – корпус; 3 - рама; 4 - гнучкий мішок; 5 – лінія приводу; 6 – лопастна турбінна мішалка; 7 порт виводу.

Рисунок 1. Схема реактора з перемішувачем а) Загальний вид, б) гнучка лінія привода перемішувача та мішок.



1 – тарілка; 2 – плоска лопатка; 3 – перемичка; 4 – лінія приводу.

Рисунок 2. Схема мішалки на лінії привода.

Остаточно вибір належної конструкції будь-якого промислового перемішувача для певної операції значною мірою залежить від конкретної системи.

#### Перелік посилань:

1. Coker. A Kayode «Modeling of chemical kinetics and reactor design», 2nd ed. 1136 с, 2001р.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд 2-е. В 2х кн.: Часть 1. Технологические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия, 1995. -400 с.
3. Don W.Green, Marylee Z. Southard, «Perry's chemical engineers' handbook», 9th ed. 2274 с., 2019р.

4. Патент: «Methods for Fluid Mixing Systems with Laterally Displaced Flexible Drive Lines» № US20200248125A1, США, Life Technologies Corp, Nephi D. Jones ; Christopher D. Brau, від 21.04.2020р., Публікація 06.08.2020р.

url: <https://patents.google.com/patent/US20200248125A1>

УДК 550.36

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

д-р техн. наук, с.н.с. Чалаєв Д.М., д-р техн. наук, проф. Ободович О.М.,  
канд. техн. наук., с.н.с. Переяславцева О.О., канд. техн. наук., с.н.с. Резакова  
Т.А., пров.інж. Проценко Є.М.

### Інститут технічної теплофізики НАН України

**Анотація:** *Визначено загальний і технічно можливий потенціал геотермальної енергії України та перспективні напрямки для розвитку і впровадження геотермальної енергетики. Запропоновано ряд технологій для застосування в Україні.*

**Abstract:** *The general and technically feasible potential of geothermal energy of Ukraine and promising directions for the development and implementation of geothermal energy are determined. A number of technologies are proposed for use in Ukraine.*

**Ключові слова:** *геотермальна енергетика, енергетичний потенціал, геотермальний флюїд, свердловина.*

**Keywords:** *geothermal energy, energy potential, geothermal fluid, well.*

В Україні є великі запаси гарячих термальних вод, які практично не використовуються для потреб теплоенергетики. Аналіз літературних даних та попередніх розробок, що були виконані в інститутах ІТТФ та ІВЕ НАН України дозволили відкоригувати загальний і технічно можливий потенціал геотермальної енергії України і визначити найбільш перспективні напрямки для розвитку і впровадження геотермальної енергетики. Відповідно до експертних оцінок, теоретично можливий енергетичний потенціал геотермальної енергії в Україні становить понад 40 ГВт за потужністю, а



економічно доцільний потенціал – близько 10 ГВт. Головним напрямком застосування геотермальної енергії в Україні є мала енергетика, в рамках якої можливо створення локальних геотермальних енергетичних комплексів для виробництва електричної і теплової енергії, видобутку корисних мінеральних сполук.

Запропоновано ряд сучасних технологій, які можливо застосовувати в Україні, а саме:

- впровадження технологій геотермальних циркуляційних систем (ГЦС) з закачуванням відпрацьованого (охолодженого) геотермального флюїду в водоносний пласт;

- впровадження технологій двоконтурних систем геотермального енергопостачання з використанням корозійностійких теплообмінників та предізольованих трубопроводів з високоміцних композиційних матеріалів;

- впровадження технологій ГЦС з використанням внутрішньосвердловинних коаксіальних теплообмінників типу "труба в трубі";

- освоєння технологій будівництва високодебітних свердловин з горизонтальними або похилоспрямованими стволами в водоносному пласті;

- перевід значної кількості окремих недіючих свердловин нафтових та газових родовищ на видобуток геотермальної енергії за допомогою глибинних коаксіальних теплообмінників типу "труба в трубі" і створенням циркуляційного контуру з проміжним теплоносієм;

- впровадження сучасних бінарних ГеоЕС середньо та малої потужності на базі серійних енергомодулів, наприклад "Obcom Powerbox", Швеція або "Ormat", Ізраїль та організації виробництва такого обладнання в Україні;

- впровадження теплонасосних технологій для підвищення температурного потенціалу теплоносія на базі парокompресійних теплових насосів або абсорбційних термотрасформаторів;

- розробка та впровадження комплексних технологій утилізації геотермальної енергії і видобування корисних гідромінеральних ресурсів.

Надра України містять великі запаси геотермальної енергії, розподілені практично по всій її території. Перспективними регіонами для розвитку геотермальної енергетики в Україні є Закарпаття, Прикарпаття, Сумська, Чернігівська, Херсонська, Донецька, Луганська та Полтавська області.

Значним резервом видобутку геотермальної енергії є законсервовані свердловини на території газових родовищ, яких на території України налічується декілька тисяч. Вироблені нафтові і газові родовища навіть після їх повного закриття по видобуванню вуглеводнів залишаються важливим енергетичним ресурсом, в першу чергу регіонів їх розташування, а при розробленні державної політики і відповідних заходів на державному рівні, і ресурсом усього паливно-енергетичного комплексу України.

**UDC 621.**

**MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER OF THE ACETIC  
ACID PRODUCTION INSTALLATION**

student M.O. Kekukh, Ph.D., associate professor A.R. Stepanyuk,  
Ph.D., associate professor Novokhat O.A.

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

**Abstract:** A brief description and advantages and disadvantages of the heat exchanger are given. The method of modernization of the heat exchanger of the acetic acid production unit is described.

**Keywords:** MODERNIZATION, HEAT EXCHANGER, HOLES IN PARTITIONS.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА УСТАНОВКИ  
ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ**

студент Кекух М.О., к.т.н., доцент Степанюк А.Р.,  
к.т.н., доцент Новохат О.А.

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

**Анотація:** Наведено коротку характеристику та переваги і недоліки теплообмінника. Описано спосіб модернізації теплообмінника установки виробництва оцтової кислоти.

**Ключові слова:** МОДЕРНІЗАЦІЯ, ТЕПЛООБМІННИК, ОТВОРИ В ПЕРЕГОРОДКАХ.

Acetic acid ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) is a monobasic carboxylic acid. Under normal conditions, it is a colorless liquid with a pungent odor, it is used as a basic product of industrial organic synthesis and has various applications, in particular: for cooking, in household and industry [1].

The technological scheme consists of several blocks: a catalytic conversion block and a cleaning block [1].

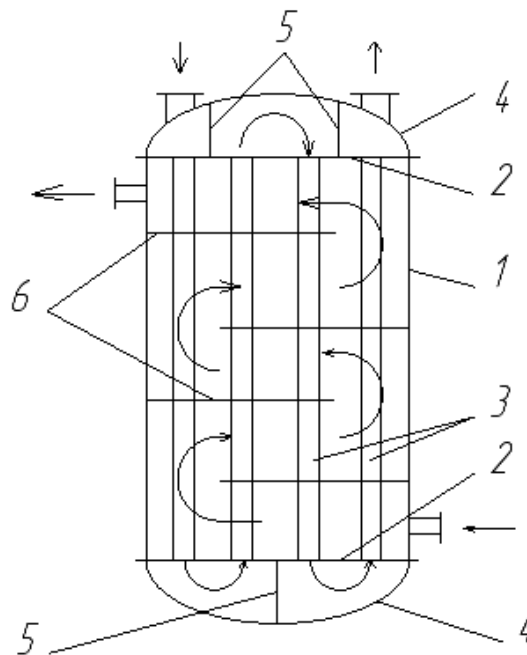
The purpose of the work is to modernize the shell-and-tube heat exchanger. Shell and tube heat exchangers can be single-pass and multi-pass. The scheme of the shell-and-tube multi-pass heat exchanger is shown in Figure 1.

Consider multi-pass heat exchangers. The shell-and-tube multi-pass heat exchanger is used for heating liquids and condensates, and is also rationally used in the liquid-liquid and gas-gas heat exchange system, with large heat loads [2].

The shell-and-tube heat exchanger consists of a bundle of pipes fixed in pipe grids and limited by a shell, covers, etc. Tube and intertube spaces, in which hot and cold coolants move, are separated from each other by a heat exchange surface, and each of these spaces can be divided by partitions into several passages [1].

Multi-pass heat exchangers are used to increase the heat transfer coefficient. At the same time, they increase the number of strokes both in the pipe and in the inter-pipe space. When the number of strokes increases, the intensity of heat exchange increases, but at the same time the hydraulic resistance increases, so usually the number of strokes does not exceed 5-6 [2].

With the help of transverse partitions 5 installed in the covers of the heat exchanger, the pipes are divided into sections, or passages along which the liquid flowing in the tube space of the heat exchanger moves sequentially. Usually, the division into courses is carried out in such a way that all sections have the same number of pipes [2].



1 – body; 2 – pipe grates; 3 – pipes; 4 – covers; 5 – partitions in the covers; 6 – partitions in the intertubular space

Figure 1 – Scheme of a shell-and-tube multi-pass heat exchanger

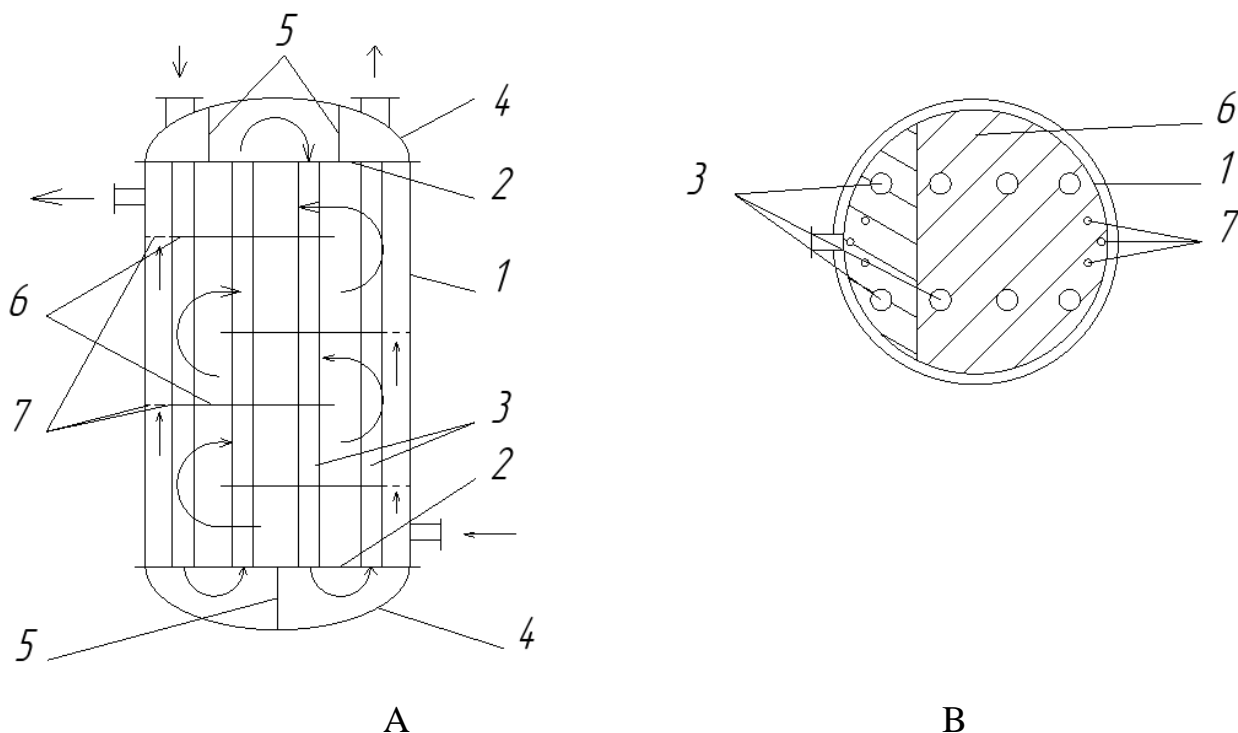
Segmental partitions 6 serve to increase the speed and lengthen the path of fluid movement in the pipe space. In horizontal heat exchangers, these partitions simultaneously serve as intermediate supports for a bundle of pipes. Multi-pass heat exchangers work on the principle of mixed flow. The placement of transverse membranes in the intertube space leads to an increase in the intensity of heat exchange due to an increase in the speed of the coolant in the intertube space [2].

**Advantages.** Greater speed of heat exchange in comparison with single-pass shell and tube heat exchangers.

**Disadvantages.** Low driving force of heat transfer, stagnation zones appear near the partitions in the intertube space.

The modernization of the shell-and-tube heat exchanger consists in the fact that it is proposed to increase the thermal conductivity coefficient in the intertube

space and reduce the size of the dead zones by making additional holes in the partitions in the intertube space, as shown in Figure 2.



1 – body; 2 – pipe gratings; 3 – pipes; 4 – covers; 5 – partitions in the covers; 6 – partitions in the intertube space; 7 – openings of partitions in the intertubular space.

Figure 2 – Scheme of a modernized shell-and-tube multi-pass heat exchanger: A – main view; B - cross-sectional view.

### References:

1. Kekukh M.O., Stepaniuk A.R., Novokhat O.A. Modernization of the heat exchanger of the acetic acid installation. Materials of the XXXIII All-Ukrainian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "Equipment of chemical production and construction materials enterprises" (December 15, 2023, Kyiv) / Compiled by Y.M. Kornienko. - K.: "KPI named after Igor Sikorsky", 2023. - P. 72-76.

2. <https://studfile.net/preview/8956798/page:5/from> 11.05.2024

УДК 66.021:628

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ НАСИЧЕННЯ КИСНЕМ  
ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РОТОРНО-  
ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТІВ**

д-р техн. наук, проф. Ободович О.М.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент Булій Ю.В.<sup>2</sup>,  
канд. техн. наук., с.н.с. Переяславцева О.О.<sup>1</sup>,  
канд. техн. наук. Степанова Л.С.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Національний університет харчових технологій

***Анотація:** Експериментальними дослідженнями доведено ефективність використання роторно-пульсаційного апарату в процесі насичення киснем водних розчинів. Представлено порівняльні характеристики умов аерації деяких пристроїв та РПА. Доведено, що питомі витрати енергії на одиницю розчиненого кисню є на порядок нижче у порівнянні з пневматичною та механічною аерацією.*

***Abstract:** Experimental studies have proven the effectiveness of using a rotary-pulsation apparatus in the process of oxygen saturation of aqueous solutions. Comparative characteristics of the aeration conditions of some devices and RPA are presented. It has been proven that the specific energy consumption per unit of dissolved oxygen is an order of magnitude lower compared to pneumatic and mechanical aeration.*

***Ключові слова:** роторно-пульсаційний апарат, аерація, окислювальна здатність, диспергатор-змішувач.*

**Keywords:** *rotor-pulsation apparatus, aeration, oxidizing capacity, dispersant-mixer.*

Принцип енергоощадності обладнання полягає в максимальному використанні енергії, що підводиться, для отримання кінцевого продукту.

Роторно-пульсаційні апарати (РПА) відносяться до пристроїв, що знайшли широке застосування для отримання тонкодисперсних емульсій, суспензій та для гомогенізації рідких сумішей. Вони також використовуються в мікробіологічній, харчовій та молочної промисловості, де виробничі процеси включають в себе високошвидкісні хімічні реакції.

Інтенсифікація фізико-хімічних процесів в РПА призводить в результаті до значного зменшення енергії, що споживається, зменшення габаритів обладнання, поєднання декількох технологічних процесів в одному апараті.

Деякі технології, що використовують РПА в рамках реалізації методу дискретно-імпульсного введення енергії розглянуті в [1].

Метою роботи є оцінка ефективності використання роторно-пульсаційного апарата в процесі аерації водних розчинів.

Експериментальна установка складається з посудини загальним об'ємом 50 л, диспергатора-змішувача, ежекторного вузла, трубопроводу рециркуляції, повітропроводу, електродвигуна, вал якого приєднаний до валу диспергатора-змішувача через передаточний та підшипниковий вузли.

Сальниковий вузол забезпечує герметичність диспергатора-змішувача. Для управління частотою обертання ротору та контролю витраченої енергії передбачено блок управління та контролю (БУК), що складається з частотного перетворювача, амперметра та лічильнику електроенергії.



Визначення ефективності аерації базується на використанні хімічного окиснення киснем повітря, що подається в установку, сульфіту натрію, що є складовою водного модельного розчину.

В результаті досліджень було отримано значення параметрів, що характеризують ефективність аерації, а саме окислювальної здатності аерації для різних режимів роботи диспергатора-змішувача.

Порівняльна характеристика умов аерації, сульфітного числа та енергетичних витрат деяких аераційних пристроїв за узагальненим критерієм аерації наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика умов аерації, сульфітного числа та енергетичних витрат деяких аераційних пристроїв

| Тип аератора  | Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год | $k_L$ , год <sup>-1</sup> | Окиснювальна здатність, кг O <sub>2</sub> /м <sup>3</sup> ·год | Ефективність аерації, кг O <sub>2</sub> /(кВт·год) |
|---|--------------------------------------|---------------------------|--|--|
| Rehau<br>довжина 75 см;<br>висота шару води 45 см [2] | 3,9                                  | 19,33                     | 2,01   | 3,77   |
| Перфорована мішалка №К 8, T <sub>L</sub> =32,3 °С [3] | н/д                                  | 2153,0                    | 10,50  | 0,24   |
| Роторно-пульсаційний апарат (n= 47,75 об/с)           | 0,54                                 | 1909,0                    | 5,0  | 50,0   |

### **Висновок:**

В роботі експериментальним шляхом доведено високу ефективність використання роторно-пульсаційних апаратів в процесі насичення киснем водних розчинів. Наявність статора дозволяє збільшити швидкість масопереоносу більш ніж на 50%. При порівнянні ефективності аерації з деякими установками було визначено, що питомі витрати енергії на одиницю розчиненого кисню, є на порядок нижчими за зразки пневматичної та механічної аерації.

### **Перелік посилань:**

1. Микро- и наноуровневые процессы в технологиях ДИВЭ: Тематический сборник статей/ под общей ред. А.А. Долинского; Институт технической теплофизики НАН Украины. – К. Академперіодика, 2015. – 464 с.
2. Серпокрылов Н. С. Снижение энергопотребления систем аэрации сточных вод / Н. С. Серпокрылов, А. С. Смоляниченко.// Вестник ТГАСУ. – 2010. – №3. – С. 192–199.
3. Хабибрахманов Р.Б. Исследование массообменных характеристик аппаратов с перфорированными мешалками сульфитным методом / Р. Б. Хабибрахманов, С. Г. Мухачев. // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. –Т.17, №2. – С.140-143.

UDC 661.7

**MODERNIZATION OF THE RECTIFICATION COLUMN OF THE  
ACETIC ACID PRODUCTION INSTALLATION**

student Andrii Stasiuk, Ph.D., Assoc. Andriy Stepaniuk,  
Ph.D., Assoc. Oleg Novokhat

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

**ABSTRACT.** Given properties of acetic acid, a description of the principle of action and construction rectification columns, the advantages and disadvantages of the device's operation are formulated, a proposal for the modernization of the device is given.

**KEYWORDS:** ACETIC ACID, COLUMN, RECTIFICATION, MODERNIZATION.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ УСТАНОВКИ  
ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ**

студентка А. Ю. Стасюк, к.т.н., доц. А.Р. Степанюк,  
к.т.н., доц. О.А. Новохат

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

**АНОТАЦІЯ.** Наведено властивості оцтової кислоти, виконано опис принципу дії та конструкції ректифікаційні колони, сформульовано переваги і недоліки роботи апарату, наведено пропозицію щодо модернізації апарату.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ОЦТОВА КИСЛОТА, КОЛОНА, РЕКТИФІКАЦІЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

Acetic acid is a colorless liquid with a pungent odor that mixes well with water and other organic solvents. It is stable when heated up to 400°C and is used in the chemical, textile and food industries. Its salts, acetates, are used in the production of pigments, plastics, as well as in medical and other industrial processes. It is used in the synthesis of various compounds, including medicinal preparations, and can be obtained from various raw materials, such as methyl alcohol and acetaldehyde [1. 2].

The production of acetic acid consists in the catalytic oxidation of acetaldehyde. In the reaction column, acetaldehyde with a catalyst solution (usually manganese acetate) and oxygen are converted into peracetic acid. Then peracetic acid is hydrated to acetic acid [1. 2].

The technological scheme includes:

1. Heater of the initial mixture for heating the reaction mixture to the desired temperature.
2. Reaction column where the main chemical reaction of acetaldehyde oxidation takes place.
3. A refrigerator for cooling the gas-vapor mixture and condensation of acetic acid and water vapors.
4. High-pressure separator for separating the formed liquid and gas under high pressure.
5. Circulating compressor for pumping gases and liquids in the necessary directions.
6. Low-pressure separator for further separation of gases and liquids under low pressure.
7. Column for washing waste gases for cleaning the gas phase from unused reagents.
8. Collector for collecting and storing separated liquids.

9. A column for the removal of volatile substances to separate light components from heavier ones.

10. Distillation cube for collection and further processing of distilled components.

11. Acid drying column to remove moisture from final products.

12. Dephlegmator for condensation and return of part of the water vapor to the reaction column.

13. Column for separation of pure acetic acid for final separation and collection of pure product.

14. Column for separation of heavy residue to remove heavy components or secondary products.

The purpose of this work is to modernize the rectification column for the production of acetic acid by oxidizing acetaldehyde.

Rectification is widely used in the chemical industry to separate liquid mixtures and obtain highly pure substances. The principle of operation of a cap distillation column is that a mixture of liquid and vapor containing organic substances passes through a column with caps that serve as contact devices. The liquid moving from one plate to another interacts with hot steam, which causes the evaporation of a low-boiling component - in this case, water. On the other hand, the steam stream coming from the lower plate collides with the liquid, and part of the high-boiling component - acetic acid - condenses, passing into the liquid.

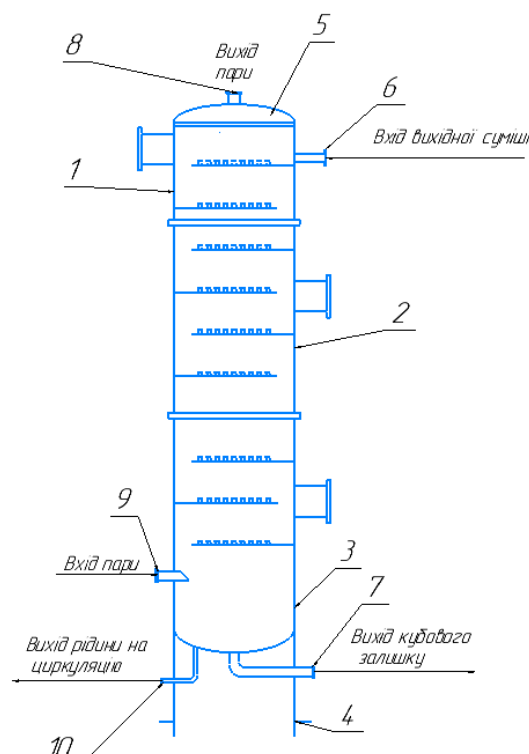
In the rectification process, the heavy components condense and return as a liquid down the column, while the lighter components rise as vapors. This contributes to the separation of the components of the mixture depending on their boiling point [3].

The scheme of the rectification columns is shown in Figure 1.

In the column there are plates on which the liquid and vapor interact. The upper section of the column plays the role of a strengthening part, where

condensation of a part of the vapors and liquid moving from the lower sections takes place. The main section provides fractional distillation, where the low-boiling component (water) evaporates and the high-boiling component (acetic acid) condenses. The bottom section helps in exhausting vapors and liquids. The column is supported by a support section, and the cover closes the top of the column. The raw material inlet and product outlet fittings control the supply and discharge of liquid. The steam outlet allows hot steam to be removed, and the product inlet and outlet from the boiler regulate the additional portion of liquid into the column and the removal of residual liquid, respectively.

The advantages of rectification columns include [4]:



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

Figure 1 – Scheme of the rectification column

- High separation efficiency: Capped distillation columns are known for their high efficiency in separating liquid mixtures, which allows obtaining products of high purity.
- Flexible parameters: By being able to control various parameters such as temperature and pressure, distillation columns can be configured to process different types of mixtures and produce different products.
- Low product losses: Cap distillation columns allow for reduced product losses due to efficient separation of mixture components.
- Scalability: Refrigeration columns can be easily scaled relative to production size, allowing them to be used in both laboratory and large-scale industrial settings.
- Reducing the harmful impact on the environment: By recovering and reusing some components of the mixture, cap distillation columns can help reduce the negative impact on the environment, in particular by reducing emissions and waste.

Disadvantages:

- Difficulty in regulation: For optimal efficiency of a distillation column, the temperature and pressure in different parts of the column must be carefully controlled, which can require a lot of effort and resources.
- Energy consumption: Rectification columns can require significant amounts of energy to maintain optimal temperature and pressure conditions.

The proposed modernization of the design of the rectification column consists of:

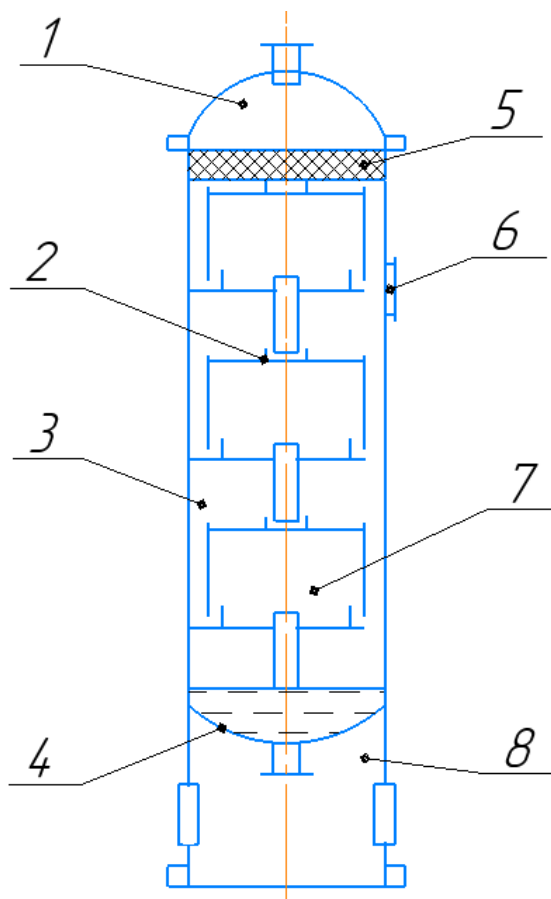
Using special designs of plates:

A plate with a hole in the middle through which the liquid will flow down. This design allows for uniform distribution of the liquid on the plate and contributes to its smooth pouring down the column. The hole in the middle of the

plate allows you to control the flow rate of the liquid, which helps to avoid overflow and ensures a stable level of liquid on each plate.

A plate with a slotted hole on the outside. The slotted hole ensures efficient distribution of liquid and uniform concentration of components.

This approach to the modernization of the rectification column will improve the quality and efficiency of the rectification process. Uniform distribution of liquid and steam on the plates together with control over the flow of steam and liquid will provide optimal conditions for the separation of the components of the mixture, which will lead to an increase in product quality.



1 – cover; 2 – distribution device; 3 – column; 4 – cube (bottom);

5 – droplet catcher; 6 – plate; 7 – nozzle; 8 – support

Figure 2 – Scheme of the modernized rectification column



Thus, the proposed modernization of the rectification column will allow intensifying the separation process. The new elements allow for uniform distribution of liquid and steam, increasing the accuracy of process control and ensuring better separation of the components of the mixture, which is reflected in increased production quality and reduced costs.

### **References**

1. Yukelson I.I. Technology of basic organic synthesis. - M., "Khimiya", 1968. - 605 pages.
2. Stasyuk A.Yu., Stepaniuk A.R., Novokhat O.A. Modernization of the rectification column of the water - acetic acid production plant // XXII All-Ukrainian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, (Kyiv, December 5-7, 2023): collection of theses add. -K.: NTUU "KPI", 2023. – Section 1. 3-4 p.
3. Kornienko Y.M. Processes and equipment of chemical technology: Textbook / Y.M. Kornienko K.: NTUU "KPI", 2011.- Part 2.-416 p.
4. Kiran D. Patil, Pankaj Choudhary, Tanvi Bhatia. (2009). Distillation Operations: Methods, Operational and Design Issues. Plastindia International University, University of Technology Sydney - 6p

УДК 66.021:628

**ІННОВАЦІЙНЕ ТЕПЛОМАСООБМІННЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОГЛИНАННЯ КИСНЮ У ВОДІ**

д-р техн. наук, проф. Ободович О.М.<sup>1</sup>, канд. техн. наук, Шейко Т.В.<sup>2</sup>,

канд. техн. наук., с.н.с. Переяславцева О.О.<sup>1</sup>,

канд. техн. наук. Степанова Л.Є.<sup>1</sup>, гол.констр. Хоменко В.О.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Інститут продовольчих ресурсів НААН України

***Анотація:** В роботі представлено експериментальну установку з механічним та струменевим способом аерації. Аераційна установка включає роторно-пульсаційний апарат (РПА) та два водо-повітряних ежектора: на вході та на виході РПА. Визначено гідравлічні та енергетичні характеристики установки за кожної з двох схем*

***Abstract:** The work presents an experimental installation with a mechanical and jet method of aeration. The aeration installation includes a rotary pulsation apparatus (RPA) and two water-air ejectors: at the entrance and at the exit of the RPA. Hydraulic and energy characteristics of the installation for each of the two schemes.*

***Ключові слова:** аерація, ежекторні вузли, роторно-пульсаційний апарат.*

***Keywords:** aeration, ejector units, rotary-pulsation apparatus.*

**Мета роботи:** дослідження процесу поглинання кисню у воді сульфідним методом в експериментальній установці з роторно-пульсуючим

апаратом з різним розташуванням ежекторних вузлів і визначення ефективності аерації.

**Результати.** Експериментальна аераційна установка є комбінованою з механічним та струменевим способом аерації, та включає аератор-окислювач, який є роторно-пульсаційним апаратом та водо-повітряні ежектори, один на вході роторно-пульсаційного апарата, інший – на виході. Схема установки дозволяє проводити аерацію з кожним ежектором окремо. Було визначено гідравлічні та енергетичні характеристики роботи установки за кожної з двох схем. Ефективність аерації за обома схемами визначалась методом хімічного окислення сульфїту натрію, що був складовою водного модельного розчину киснем з повітря, що подає установку. Всі експерименти виконувались за наступних початкових умов: об'єм рідини 10 л, концентрація сульфїту натрію 10 мг/л, температура 15° С. Проби відбирались через кожні 5 хв. впродовж 20 хв. Експерименти були проведені для швидкостей обертання роторного вузла роторно-пульсаційного апарата – 38,2, 43,0 та 47,75 об/с. В ході експериментів каталізатор не використовувався. На основі отриманих даних побудовано графіки залежності концентрації сульфїту натрію від часу експерименту. Отримана крива за методом найменших квадратів апроксимується в пряму. Швидкість масопереносу кисню (сульфїтне число) визначається, як тангенс кута нахилу цієї прямої до вісі абсцис.

### **Висновки.**

Встановлення ежектора на вході РПА при аерації водних розчинів показало більш високу швидкість масопереносу кисню, за менших енергетичних витратах на аерацію та перемішування водо-повітряної суміші.

**UDC 661.1**

**MODERNIZATION OF THE STEAM GENERATOR OF THE ACETIC  
ACID PRODUCTION INSTALLATION**

student Kyryl Savchenko, Ph.D., associate professor Andrii Stepaniuk,  
Ph.D., associate professor Oleg Novokhat

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

**Abstract:** The characteristics and scope of use are given acetic acid. The technological scheme of production is described acetic acid. The advantages and disadvantages of the steam generator are given

**Keywords:**

MODERNIZATION, STEAM GENERATOR, ACETIC ACID,  
EVAPORATION, PRODUCTIVITY.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА  
ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ**

студент Савченко К.І., к.т.н., доцент Степанюк А. Р.,  
к.т.н., доцент Новохат О.А.,

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

**Анотація:** Наведено характеристику та область використання оцтової кислоти. Описано технологічну схему виробництва оцтової кислоти. Наведено переваги і недоліки парогенератора

**Ключові слова:** МОДЕРНІЗАЦІЯ, ПАРОГЕНЕРАТОР, ОЦТОВА КИСЛОТА, ВИПАРОВУВАННЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ.

Acetic acid, systematically called ethanoic acid, is an acidic, colorless liquid and organic compound with the chemical formula  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (also written as  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ , or  $\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ ). Acetic acid is the main component of vinegar besides water, as acetic acid makes up at least 4% of the volume of vinegar. It has been used as a component of vinegar throughout history since at least the third century BC. [1].

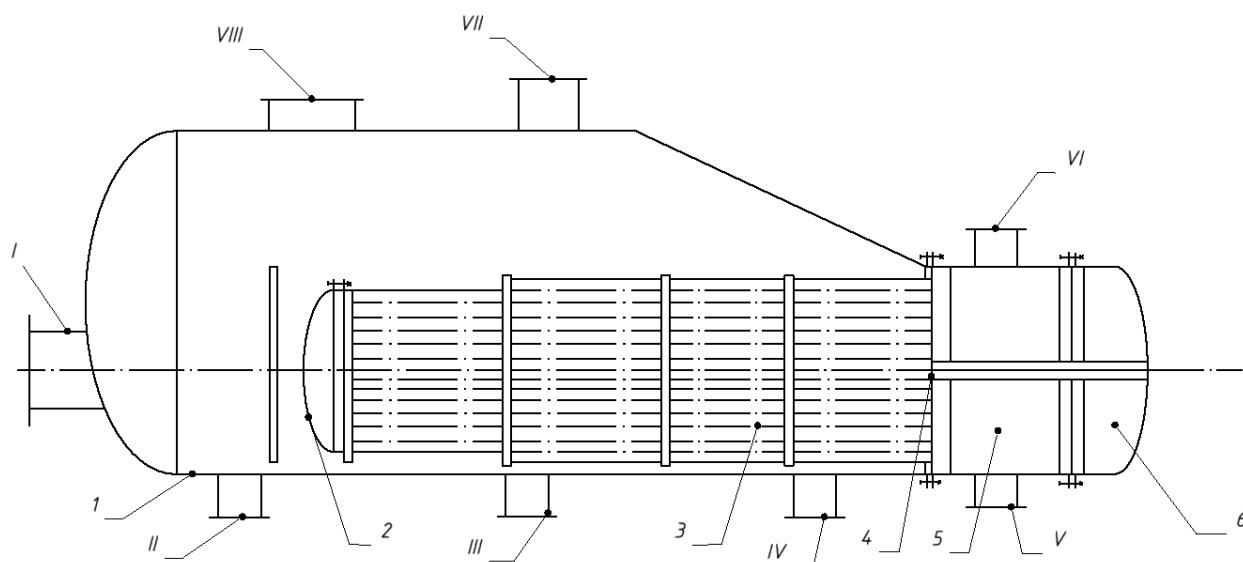
Acetic acid is the second simplest carboxylic acid (after formic acid). It is an important chemical reagent and industrial chemical compound in various industries, mainly used in the production of cellulose acetate for photographic film, polyvinyl acetate for wood glue, and synthetic fibers and fabrics. In the household, diluted acetic acid is often used in solvents to remove lime deposits. In the food industry, acetic acid is controlled by the food additive code E260 as an acidity regulator and as a spice ingredient. In biochemistry, the acetyl group, derived from acetic acid, is fundamental to all forms of life. When it is associated with coenzyme A, it is central to the metabolism of carbohydrates and fats [1].

Global demand for acetic acid is about 6.5 million metric tons per year produced from methanol. Its production and subsequent industrial use pose a threat to workers' health, including accidental skin damage and chronic respiratory diseases from inhalation [1].

The common symbol for acetic acid is  $\text{AcOH}$  (or  $\text{HOAc}$ ), where  $\text{Ac}$  is a pseudo-element symbol representing the acetyl group  $\text{CH}_3\text{-C(=O)-}$ ; the conjugate base, acetate ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ), is thus represented as  $\text{AcO}^-$ . To better reflect its structure, acetic acid is often written as  $\text{CH}_3\text{-C(O)OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{-C(=O)OH}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , and  $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ . In the context of acid–base reactions, the abbreviation  $\text{HAc}$  is sometimes used where  $\text{Ac}$  in this case is the symbol for acetate (not acetyl). Acetate is an ion formed as a result of the loss of  $\text{H}^+$  from acetic acid. The name "acetate" can also refer to a salt containing this anion or to an ester of acetic acid [1].

The scheme for the production of acetic acid by oxidation of acetaldehyde is given in the work [1, 2].

The purpose of the work is to modernize the steam generator. Steam generators with tube bundles of U-shaped tubes or with a floating head have a vapor space above the boiling liquid in the casing (Figure 1). In these devices, which are always located horizontally, the hot coolant (which can be gas, liquid or steam) moves along the pipes. Steam generators can be with a conical bottom. Permissible pressures in the pipes are 1.6–4.0 MPa, in the casing – 1.0–2.5 MPa at operating pressures from –30 to 450°C.



1 – body; 2 – tube cover; 3 – tubule; 4 – fixed pipe grid; 5 – distribution chamber; 6 – cover of the distribution chamber; I – a hatch for installing a pipe bundle; II - output of product residues; III – drainage; IV – input of fresh product; V – output of gas or liquid (heat agent); VI – input of steam or liquid (heat agent); VII – output of product vapors; VIII - hatch

Figure 1 – Scheme of the steam generator

**Advantages:**

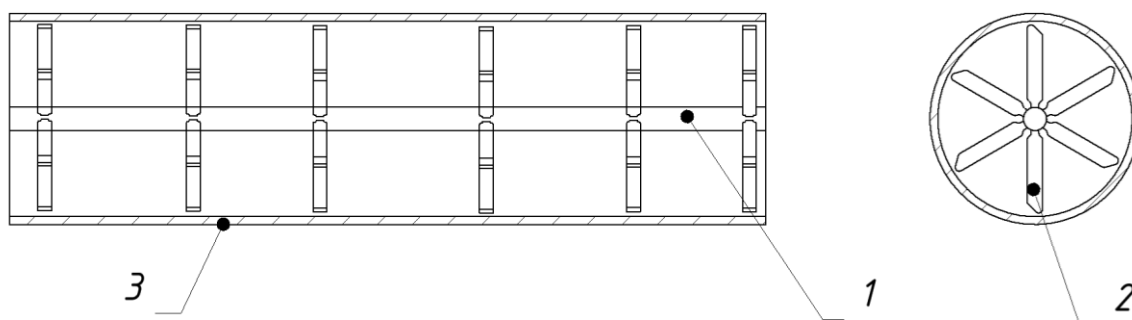
- Relatively high energy efficiency.
- The possibility of continuous work.

- Low cost of production and operation.

**Disadvantages:**

- Favorable conditions for corrosion

**Modernization.** It is suggested to place a pin with movable blades around it in the middle of the pipe, this will allow the flow in the wall layer to be turbulent and thus reduce the thermal resistance of the wall layer, due to this, the efficiency of the steam generator will increase (Figure 2).



1 – pin; 2 – blade; 3 – pipe;

Figure 2 – Scheme of modernization

**References:**

1. Modernization of the steam generator of the acetic acid production installation. Kyryl Savchenko, Andrii Stepan // Collection of abstracts of reports of the XXXIII All-Ukrainian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists "Equipment of chemical production of building materials enterprises" December 15, 2023, Kyiv) / Compiled by Y.M. Kornienko. - K.: "KPI named after Igor Sikorsky", 2023. - 158 c.
2. Yukelson I.Y., Technology of basic organic synthesis.; M.: Khimiya, 1968. - 848 p., illustrations.

УДК 661.525.3

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНОГО АПАРАТУ В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА  
КАРБАМІДУ**

студент Іваненко Д.В. к.т.н., доц. Гулієнко С. В.

**Національний технічний університет України**

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

**Анотація:** Розглянуто конструкцію та принцип дії випарного апарата. Також наведено переваги та недоліки даної конструкції

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КАРБАМІД, ДОБРИВА, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ВИПАРНИЙ АПАРАТ

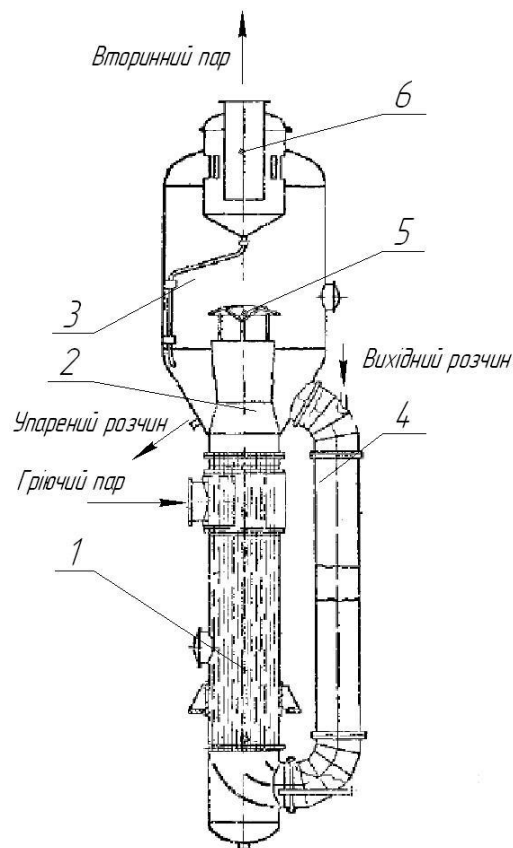
Карбамід - це концентроване амідне добриво(сечовина), що містить до 46% азоту. Також карбамід застосовують як азотисту добавку для корму худоби. Виробляється карбамід у вигляді світло-білих гранул або кристалів. Добриво розчинне у воді, біологічно кисле, так як під дією ґрунтових мікроорганізмів піддається різним мікробіологічним процесам, де кінцевим продуктом є солі азотної кислоти. Крім того відбувається інтенсивне зростання продуктивності в хімічній промисловості, зокрема у виробництві карбаміду. В промислових масштабах карбамід найчастіше отримують синтетично з аміаку і двоокису вуглецю. Найважливішими елементами на лінії виробництва карбаміду є випарний апарат. Який забезпечує ретельне випарювання розчину карбаміду, для підвищення концентрації розчиненої речовини. Використовуються випарні апарати для виробництва добрив, мінеральних солей та інших органічних продуктів органічних продуктів, щоб концентрувати водні розчини. Тип апарату вибирають за конкретними



властивостями розчину і його області використання. Тому підбір та модернізація апарату є одним з ключових факторів у схемі виробництва карбаміду.

### Конструкція

Апарат складається з грючої камери 1, труби закипання 2. Сепаратор 3 та нижня частина грючої камери 1 сполучені необігрівуючою циркуляційною трубою 4. Над трубою закипання знаходиться відбійник 5. У верхній частині апарату знаходиться краплеуловлювач 6 (рисунок 1).



1– грюча камера; 2– труба закипання; 3– сепаратор; 4– необогрівуюча циркуляційна труба; 5– відбійник; 6– краплевловлювач.

Рисунок 1. – Випарний апарат з виносною циркуляційною трубою:

### Принцип дії

В апараті з виносною зоною кипіння випарюваний розчин потрапляє знизу в гріючу камеру 1 і, піднімається по трубах (довжиною 4-7м) вгору, в наслідок гідростатичного тиску не закипає в них. Після виходу із кип'ятільних труб розчин потрапляє в трубу закипання 2, яка розширюється до верху, встановлену над гріючою камерою в нижній частині сепаратора 3. В наслідок пониження тиску в цій трубі розчин закипає, пароутворення відбувається за межами поверхні нагріву.

Циркулюючий розчин опускається по зовнішній необоротній трубі 4. Упарений розчин відводиться із кишени в нижній частині сепаратора 3, Вторинна пара, пройшовши відбійник 5 і краплевловлювач 6, виводиться зверху апарату. Вихідний розчин потрапляє або в нижню частину апарату (під трубну решітку гріючої камери), або зверху в циркуляційну трубу 4.

Переваги: внаслідок великої поверхні випарювання, котра створюється в об'ємі киплячого розчину, і часткового само випаровування капель, віднесених вторинною парою; враховуючи значний перепад температур (90-30<sup>0</sup>С) між гріючою парою і розчином і малою втратою напору в зоні кипіння швидкість циркуляції в цих апаратах досягає 1,2-2 м/с, що веде за собою збільшення продуктивності і інтенсифікації теплообміну (коефіцієнти теплообмін досягаються 3000 Вт/м<sup>2</sup> град); забруднення поверхні теплообміну при випарюванні розчинів, що кристалізуються, можна значно зменшити шляхом збільшення поверхні циркуляції розчину і винесенням зони його кипіння за межі гріючої камери.

Недоліки: періодична зупинка апаратів для очистки, що зв'язано із зниженням їх продуктивності і збільшенням вартості експлуатації.

#### **Перелік посилань:**

1. Perry's Chemical Engineers' Handbook. New York: McGraw-Hill, 1997.

УДК 66.047

## ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВОК

канд. техн. наук, с.н.с. Переяславцева О.О., пров.інж Проценко Є.М.

Інститут технічної теплофізики НАН України

***Анотація:** В роботі висвітлено доцільність утилізації теплоти теплоносія, що виходить із сушильної камери розпилювальної установки. Запропоновано схеми двостадійної сепарації відпрацьованого повітря, що дозволяє в подальшому використовувати його в рекуперативних теплообмінниках або для змішування з первинним теплоносієм.*

***Abstract:** The paper highlights the expediency of utilizing the heat of the heat carrier leaving the drying chamber of the spray installation. Schemes of two-stage separation of waste air are proposed, which allows for its further use in recuperative heat exchangers or for mixing with the primary heat carrier (air).*

***Ключові слова:** розпилювальні сушарки, утилізація теплоти, сепарація*

***Keywords:** spray drying units, heat utilization, separation*

Сучасні вимоги до роботи сушильних установок - це істотне зниження тепловитрат на одиницю продукції, що висушується. Особливо це стосується роботи розпилювальних сушильних установок (PCY), в яких використання теплоносія, що виходить із сушильної камери, передбачає і утилізацію теплоти, і дрібнодисперсної фракції, яка залишається в теплоносії після використання циклонної сепарації. Так, температура повітря, що викидається в атмосферу, при сушінні на PCY різних харчових продуктів, медичних препаратів та ін може становити 70...90°C. У хімічній промисловості

температура повітря, що відходить, ще вище – 120...150°C. Протягом останніх років йдуть інтенсивні пошуки різних шляхів вирішення цих завдань. З погляду використання теплоти нагрітого повітря (від 15-20°C до ~ 180°C) ККД використання сушарки становить  $\approx 0,50$ . На сьогоднішній день таке неефективне використання енергії не може вважатися задовільним.

Схеми використання теплоти, що виходить з камери повітря, являють собою досить металомістке обладнання, що вимагає значних капіталовкладень і трудовитрат при експлуатації (системи «мокрого очищення» або скрубери, різні системи рекуперації на основі теплообмінників, системи з використанням теплових труб і термосифонів).

В ІТТФ НАН України існують розробки, в яких пропонується здійснювати сепараційний поділ повітря та полідисперсних частинок, що знаходяться в ньому, двостадійним методом, що підвищує його ефективність:

- циклон та мультициклон;
- циклон та застосування акустичної коагуляції;
- циклон та циклон-осаджувач;
- циклон та апарат із закрученими потоками.

Апробація таких схем дозволяє отримати достатньо низький вміст дрібнодисперсних фракцій у повітрі. В подальшому це повітря можна використовувати як в рекуперативних ТО, так і для змішування з первинним теплоносієм в розрахованих співвідношеннях, відповідних конкретної установки і конкретної технології.

Для технологій, в яких доцільно використання «мокрого» очищення парогазового потоку, в ІТТФ існують розробки, що являють собою як окремі установки (модулі) розпилювального або ерліфтного типу, так і комплекти з декількох модулів.

UDC66.045

## **TYPES OF SHELL-TUBE HEAT EXCHANGERS**

student Nadiya Tsyupa, Ph.D., Assoc. Andrii Stepaniuk

**National Technical University of Ukraine**

**"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

**ABSTRACT:** The classification and basic designs of shell-and-tube heat exchangers are considered: design, operation and application in various industries.

**KEYWORDS:** SHELL-TUBE HEAT EXCHANGER, HEAT EXCHANGER, CONSTRUCTION OF HEAT EXCHANGER, FIELDS OF APPLICATION.

## **ВИДИ КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ**

студентка Надія Валеріївна Цюпа, к.т.н., доц. А.Р. Степанюк,

**Національний технічний університет України**

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

**РЕФЕРАТ:** Розглянуто класифікацію і основні конструкції кожухотрубних теплообмінників: дизайн, роботу та застосування в різних галузях промисловості.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК, ТЕПЛООБМІН, КОНСТРУКЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА, ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ.

A shell-and-tube heat exchanger is a type of heat device where heat exchange takes place between two different media that do not mix, due to their

separation by the walls of the passage channels. The name of this device comes from its special design, where an inner tube or bundle of tubes, through which one coolant is pumped, is located inside a larger outer tube, known as a casing, through which another coolant is pumped. The internal space of the heat exchange tubes is known as the internal tube space, while the space inside the shell is called the intertube space of the shell and tube heat exchanger. Heat exchange between the two environments occurs through the walls of the inner tubes or tubes of the inner bundle. A large pipe-casing simultaneously performs the function of the outer casing of such a heat exchanger. In a popular single-pass shell-and-tube heat exchanger design, the inner tube space is formed by a bundle of tubes located between two tube grids. These grills have a diameter that corresponds to the diameter of the casing and fit tightly to it. The internal pipe space is closed by two end caps to which the inlet and outlet pipes are connected. The heat carrier is supplied through the internal pipe space through the inlet pipe, is distributed among individual tubes in the bundle, passes through them and exits through the outlet pipe located on the second cover. The inter-tube space for the second heat carrier is formed due to the arrangement of the side walls of the casing and the back walls of the tube grids. Usually, the nozzles for the inlet and outlet of the second coolant are located on the body of the device [1].

### **Purpose of the shell-and-tube heat exchanger**

The purpose of the shell-and-tube heat exchanger is to ensure efficient heat exchange between these two environments. It is used to cool or heat liquids, gases or steam in industrial processes, power plants, heating and air conditioning systems, as well as in the food and pharmaceutical industries [2].

Shell and tube heat exchangers are widely used due to their efficiency, reliability and ability to work under high temperature and pressure loads. They allow efficient use of thermal energy in industrial processes and ensure optimal temperature and product quality in various industries [3].

An example of a typical shell-and-tube heat exchanger is shown in Figure 1 [4].

1. Outer Shell: This is the outer shell of the heat exchanger that surrounds the inner pipes or tubes. One of the coolants flows in this outer jacket, which can be hot or cold.

2. Inner tubes or tubes (Inner Tubes): These are the internal elements of the heat exchanger, through which another coolant is pumped. They are located inside the outer casing and provide contact between two heat carriers for heat exchange.

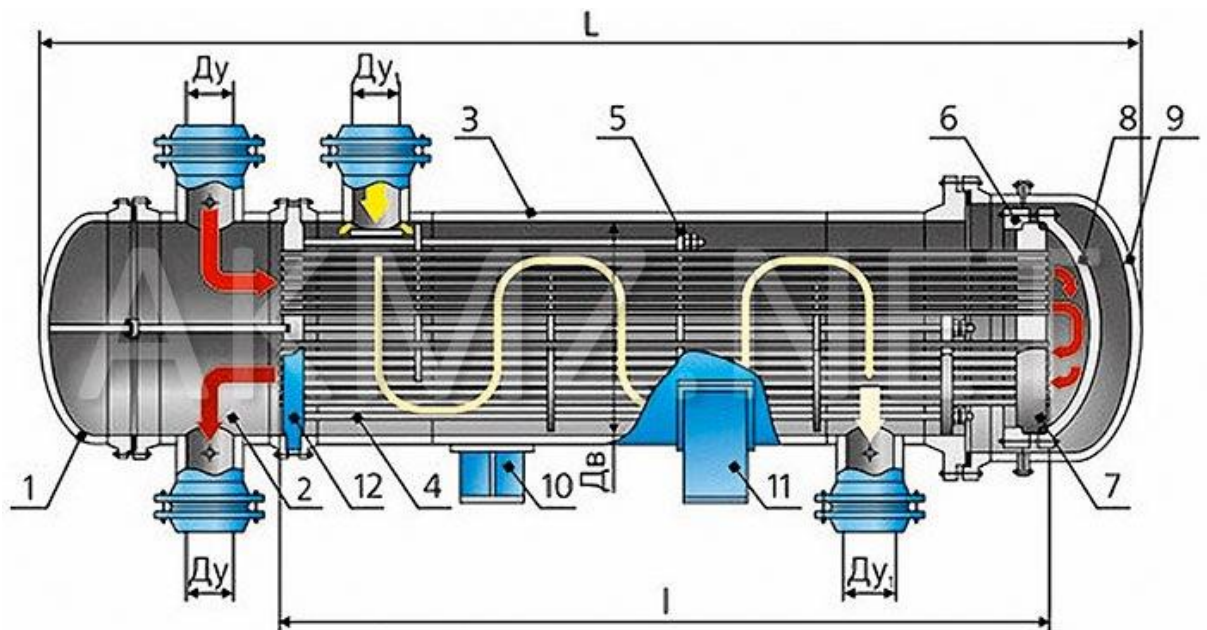
3. Hot and Cold Fluid Inlets and Outlets: These are the points where coolants are introduced and removed from the heat exchanger. The coolant, which is pumped through the internal pipes, is introduced through one of the nozzles, and then discharged through the other nozzle.

4. Double Tube: Each inner tube or tube actually consists of two layers: an inner tube through which one coolant is pumped, and an outer shell through which another coolant is pumped. This allows for optimal heat exchange between the two environments.

5. Gasket: This is a sealing element that is located between the inner pipes and the outer casing to prevent coolant leakage.

6. Support Plate: This is an element that supports the inner tubes or tubes in the inner space of the outer casing.





1 1 – Cover, 2 – Chamber, 3 – Body, 4 – Tube bundle, 5 – Partition, 6 – Flange, 7, 12 – Tube plate, 8 – Cover, 9 – Cover, 10, 11 – Support.

Figure 1 – Diagram of a shell-and-tube heat exchanger

Types of shell and tube heat exchangers [5].

Single-circuit and double-circuit systems:

- Single-circuit systems - in such systems, the coolant passes through one system of pipes or channels and returns without using additional circuits. This is used, for example, to cool or heat a liquid in a process where simple heat exchange equipment without complex configurations is required.

- Double-circuit systems - the coolant passes through two different systems of tubes or channels. One system is used to transfer heat, and the other to cool or heat a liquid or gas. This allows more efficient use of heat and more flexible temperature control.

- Combined heat exchangers – they combine the advantages of both direct-flow and counter-flow systems, providing more flexible heat exchange in various operating conditions.

Division into categories by the shape of heat exchange elements:



- Direct-flow (flow-through) heat exchangers - coolants flow through tubes parallel to each other, ensuring efficient heat exchange.
- Countercurrent heat exchangers flow in opposite directions, providing greater heat exchange efficiency by reducing the temperature gradient.
- In cross-flow heat exchangers, the flows intersect at an angle to each other, which allows you to achieve maximum heat exchange efficiency by maximizing the contact between them.

Fields of application of the shell-and-tube heat exchanger [6]:

1. Chemical industry: In this industry, shell and tube heat exchangers are used for a wide range of processes. For example, they can be used to cool reaction mixtures, heat reagents to the required temperature, condense gaseous products, evaporate solutions, or produce steam. They allow you to control the temperature and provide optimal conditions for chemical processes, ensuring the efficient operation of the equipment and the safety of production.

2. Oil and gas industry: Here shell and tube heat exchangers are used for cooling oil, gas and other petroleum products, steam condensation, cooling ammonia and other chemicals. They play an important role in extracting heat from various processes and in maintaining the temperature conditions necessary for the optimal efficiency of oil and gas industry equipment.

3. Energy: In the energy sector, shell and tube heat exchangers are used for cooling working environments in thermal power plants, steam condensation and turbine cooling. They help in efficient use of thermal energy and ensure reliable operation of energy equipment.

4. Automotive industry: In this industry, shell and tube heat exchangers are used to cool motor oils, transmission fluids and cooling fluids in car engines. They help manage fluid temperature and keep engines running optimally.

5. Food industry: Here, shell and tube heat exchangers are used for pasteurization of milk, juices, ketchup and other beverages, sterilization and

cooling of food products. They guarantee the safety and quality of products in the food industry.

6. **Pharmaceutical industry:** In pharmaceuticals, shell and tube heat exchangers are used for heating, cooling and sterilization of various solutions, emulsions and suspensions. They play a key role in the production of medicinal products, where the accuracy of the temperature regime and the preservation of product quality are critically important.

7. **Food additive manufacturing:** Shell and tube heat exchangers are used in food additive manufacturing to cool and freeze liquid or gel products. They allow you to quickly cool the product to the required temperature, while maintaining its quality and safety.

8. **Plastics manufacturing:** In this industry, shell and tube heat exchangers are used to cool the plastic mass before it is formed into products. They help quickly remove the heat generated during the melting and molding process of the plastic.

9. **Technological processes of steel production:** Shell and tube heat exchangers are used to cool liquids used in technological processes of steel production, such as slip cooling, cooling of coking gases and other products.

10. **Refrigeration industry:** In the production of refrigeration systems and refrigeration plants, shell and tube heat exchangers are used to cool liquid refrigerants before they are introduced into the refrigeration system.

### **References:**

1. <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/e041bda3-d6e3-4d94-97ec-48f5935e951f/content> from 05/03/2024p.
2. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/b230c9bb-9704-4704-8a2c-045cd84e0e36/content> from 05/03/2024p.

3. <https://ziko.com.ua/kozhukhotrubni-teploobminnyky-shcho-tse-ta-iak-vony-pratsiuiut/>from 03.05.2024
4. <https://teplo-polis.com.ua/service/kozhuhotrubnyj-teploobmennik/>from 03.05.2024
5. <https://termocom.com.ua/ua/komplektuyuchi/kozhukhotrubni-teploobminnyky> from 05/03/2024р.
6. <http://160592857366.free.fr/joe/ebooks/Mechanical%20Engineering%20Books%20Collection/HEAT%20TRANSFER/Principles%20of%20Heat%20Transfer.pdf>from 03.05.2024

УДК 697.947: 697.948:614.712:614.718

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДУЛЯ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКУ ОЗОНУ В СИСТЕМАХ ПЛАЗМОХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ

к.т.н., с.н.с. Грабова Т.Л., Базеев Р.Є., Посунько Д.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України

***АНОТАЦІЯ.** Авторами розроблено спосіб плазмохімічного очищення повітря з використанням комбінованого методу каталітично-термічного розкладання надлишкового озону, при якому повітря в зоні коронного розряду обробляють підвищеною дозою озону, а перед подачею в адсорбційно-каталітичний модуль нагрівають до температури початку термічного розкладання озону. Для підвищення енергетичної ефективності процесу запропоновано технологічну схему рекуперації теплоти.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АДСОРБЦІЙНО-КАТАЛІТИЧНИЙ МОДУЛЬ, ПОВІТРЯ, ОЗОН, НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ ОЗОНУ, ОЗОНУВАННЯ.*

## INCREASING THE EFFICIENCY OF THE EXCESS OZONE NEUTRALIZATION MODULE IN PLASMOCHEMICAL AIR CLEANING SYSTEMS

Ph.D. Hrabova T.L., Bazeev R.E., Posunko D.V.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

***ABSTRACT.** The authors have developed a method of plasma-catalytic air purification using the combined catalytic-thermal decomposition of excess ozone, in which the air in the corona discharge zone is treated with an increased dose of ozone, and before being fed to the catalytic filter, it is heated to the temperature at which the thermal decomposition of ozone begins. To increase the energy*

*efficiency of the process, a technological scheme of physical and thermodynamic heat recovery is proposed.*

**KEYWORDS:** OZONE, DECOMPOSITION, PLASMA, HEAT PUMP, AIR CLEANING, CATALYTIC FILTER, PLASMA CHEMISTRY.

Розроблено і створено устаткування для очищення аеродинамічних потоків методом впливу низькотемпературної плазми атмосферного тиску. Висока ефективність очищення досягається шляхом створення підвищеної концентрації озону в іонізаційній камері, що сприяє збільшенню кількості активних радикалів у повітрі та інтенсифікує деструкцію молекулярних забруднювачів, інактивацію патогенних мікроорганізмів тощо. Обмеження застосування технології генерації низькотемпературної плазми в системах припливно-витяжної вентиляції будівель полягає в тому, що вміст озону в приміщенні, до якого надходить повітря після очищення, необхідно підтримувати на безпечному для людини рівні [1]: гранична середньодобова концентрація за регламентами України встановлена не більше 0,03 мг/м<sup>3</sup> [2].

**Метою роботи** було підвищення ефективності знезаражування повітря в системах плазмово-каталітичного очищення шляхом збільшення концентрації озону в повітрі, що обробляється всередині іонізаційної камери, і створення умов для повного розкладання надлишку озону з очищеного повітря.

Було розроблено технологічну схему та модулі установки плазмохімічного очищення повітря [3] в системах припливно-витяжної вентиляції будівель з енергоефективним модулем комбінованого (каталітично-термічного) методу деструкції надлишку озону (Рис. 1). В рамках роботи гетерогенний каталіз деструкції озону здійснювали в адсорбційно-каталітичному модулі **б** на поверхні оксидних цементовмісних гранулах каталізатора. Термічна складова процесу деструкції реалізована

шляхом поєднання теплової рекуперації за допомогою теплообмінника «повітря-повітря» 4 та термодинамічної рекуперації за допомогою теплового насоса 5, 7.

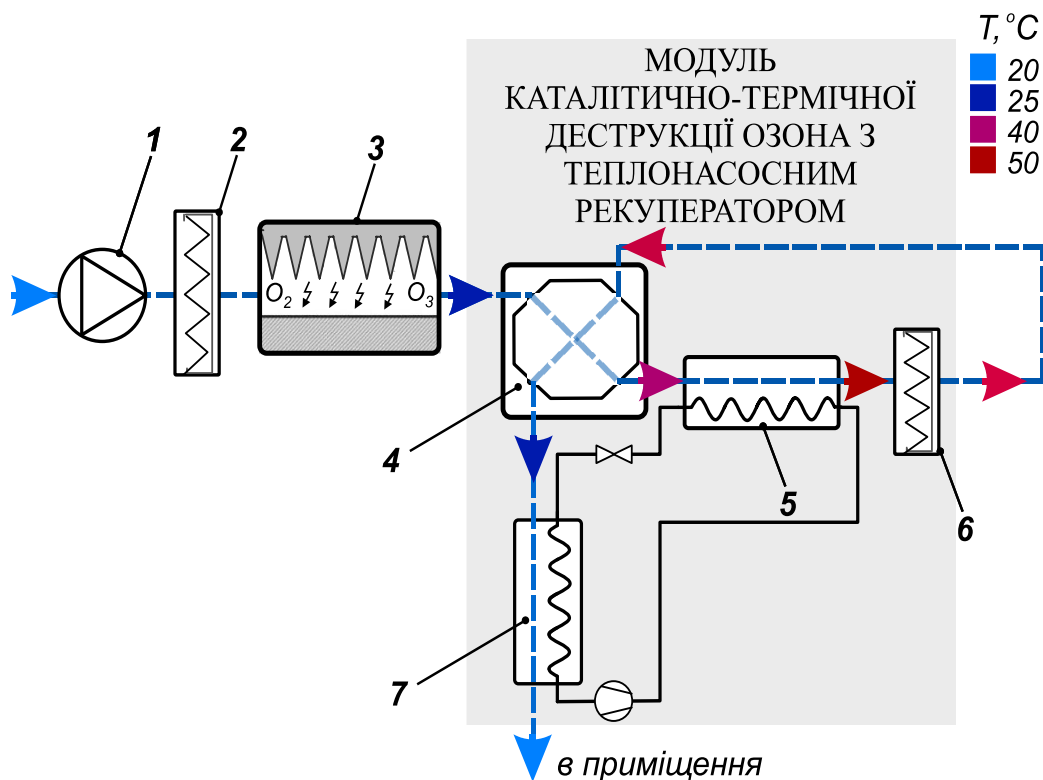


Рис. 1. Блок-схема енергоефективної технології очищення і знезараження повітря: 1 – вентилятор нагнітальний; 2 – фільтр грубого очищення; 3 – іонізатор плазмовий; 4 – рекуперативний теплообмінник; 5 – випарник теплового насоса; 6 – адсорбційно-каталітичний модуль; 7 – конденсатор теплового насоса.

В діапазоні температур озоново-повітряної суміші  $45-75^\circ\text{C}$  запропонована схема дозволила зменшити енергоспоживання у порівнянні з методом прямого нагрівання у 7-10 рази. Ефективність теплової рекуперації становила 65-75 %, а співвідношення витраченої та отриманої енергії теплового насоса (COP) – 2,5-3,8. Середні питомі витрати енергії на нагрів повітря становила  $25 \text{ кДж/м}^3$ . Результати експериментальних досліджень показали, що при швидкостях повітря в повітропроводі від 1 до 5 м/с при

каталітичному розкладанні озону конверсія складає від 61% до 73%, а комбінований метод дозволяє підвищити конверсію до 75%-81 %.

**Перелік посилань:**

1. Турос О.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П. Оцінка збитків здоров'ю населення від короткочасного впливу високих концентрацій озону. «Довкілля та здоров'я». 2020. № 3. С. 19-20. <https://doi.org/10.32402/dovki2020.03.019>
2. Міністерство охорони здоров'я України. [Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць](#). Наказ № 52 від 14.01.2020. Ідентифікатор: [z0156-20](#)
3. Dzhamalutdin Chalaev, Tatiana Hrabova, Vitalii Sydorenko, Pavlo Honcharov, Rostyslav Bazieiev. Increasing the efficiency of ozone technology in air purification hvac systems. Acta Periodica Technologica. 2023. Vol. 54. 105-114. <https://doi.org/10.2298/APT2354105C>

UDC 622.22

## CHAMBER FURNACES

student Svitoslav Hnidenko, Ph.D., assoc. Andrii Stepaniuk

**National Technical University of Ukraine**

**"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

**ABSTRACT.** The use of chamber furnaces in industry is described and characterized.

**KEYWORDS:** FURNACES, PURPOSE OF FURNACES, CHAMBER FURNACES.

## КАМЕРНІ ПЕЧІ

студент С. В. Гніденко, к.т.н., доц. А.Р. Степанюк

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ.** Описано і охарактеризовано використання камерних печей у промисловості.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПЕЧІ, ПРИЗНАЧЕННЯ ПЕЧЕЙ, КАМЕРНІ ПЕЧІ.

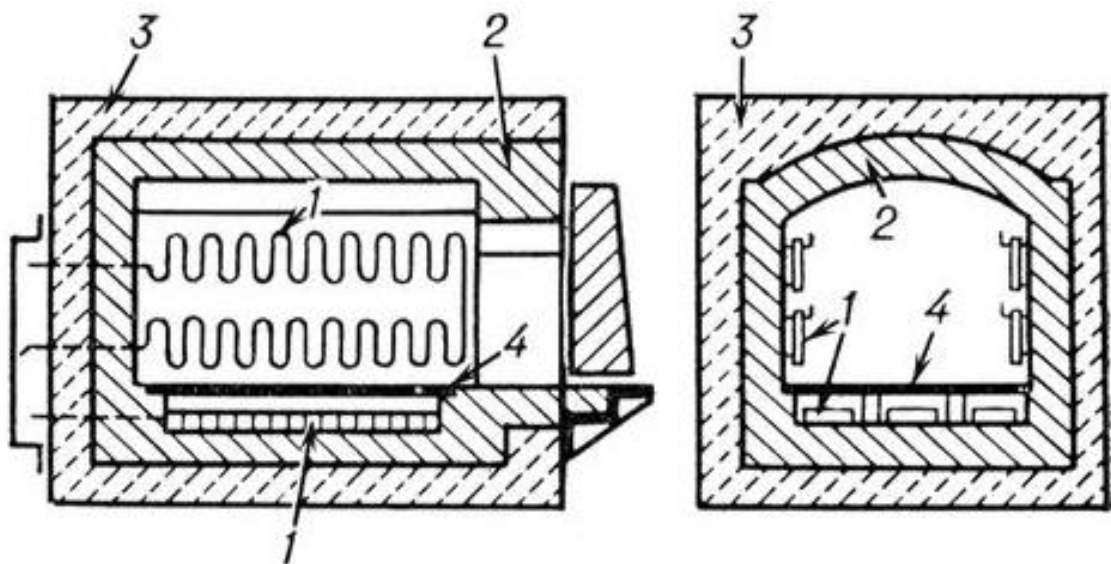
The purpose of the furnaces is to ensure the technological process, which is carried out during the thermal action (induction of heat) on the processed materials. In a simplified way, the following definition can be given: a furnace is a technological equipment protected from the surrounding space (thermal device), in which heat is obtained from one or another type of energy and heat is transferred to a material subject to heat treatment for one or another technological purpose.



Or another definition: an industrial furnace is a thermo-technological device designed to carry out chemical and physical-chemical transformations of materials through their heat treatment at optimal temperatures.

In the industry, including the chemical industry, there is a wide variety of furnace designs. In all cases, furnaces consist of a working space (hearth), in which technological and heat treatment of materials and auxiliary equipment actually takes place [1].

Among the most common are chamber furnaces. Chamber furnaces are diverse in construction, have different designs of doors and roll-out floors for convenient loading of the cage (workpiece) into the furnace. Differences in design are determined by the purpose of the furnace and its nature of use. It is used both for manual opening of doors and with the help of an electric drive. The control panel is equipped with a microprocessor thermostat and contactless power keys, and if necessary, a recorder. The scheme of the chamber furnace is shown in Figure 1.



1 – heating elements; 2 – fire-resistant part of the masonry; 3 – thermal insulation; 4 - heat-resistant base plate.

Figure 1 – Diagram of a chamber furnace

Chamber furnaces come with movable and fixed trays. Products are loaded into the furnace with a fixed floor manually or using simple mechanisms. These ovens are usually small in size. Furnaces of large sizes are made with movable floors, which facilitates loading and unloading of materials. Movable floors of medium furnaces are made on wheels that roll on rails. The floors of large, heavy furnaces are rolled out on rollers. Special mechanisms with an electric drive are used to move the pods. [1]

#### **Purpose of chamber furnaces:**

- annealing - to remove internal stress and increase impact strength;
- quenching with an increased cooling rate - increases the strength, wear resistance and hardness of the metal. The quality of temper depends on the heating rate, temperature, holding time and cooling rate;
- normalization;
- vacation;
- firing of materials and products (ceramics, porcelain);
- incineration (ashing);

Chamber furnaces are used mainly in machine-building plants for heating ingots or blanks for forging and pressing or for heat treatment. Thus, chamber furnaces are heating and thermal [2].

#### **Classification of chamber furnaces.**

Chamber furnaces are distinguished: vertical, hood, pit, with a retractable or fixed floor, etc.

Chamber furnaces are heated with gas or liquid fuel. Thermal chamber furnaces operating with a controlled atmosphere are heated by electric resistance heaters or radiant tubes. Often, electric heating is appropriate to ensure the

accuracy of the heat treatment regime and when heating without an atmosphere of a controlled composition.

In heat treatment of metals using controlled atmospheres, muffle furnaces with a moving floor are used. Muffle is called a hermetic chamber made of refractory brick (or heat-resistant steel), which protects heated products from contact with fuel combustion products [3].

Chamber furnaces are divided into several types depending on the heating source:

**Electric chamber furnaces:**

- Resistance furnaces: Use electrical heating elements such as wires or coils to generate heat.
- Induction furnaces: Generate heat due to induction heating that occurs in the material being processed.
- Arc furnaces: Use an electric arc to heat metals.

**Gas chamber furnaces:**

- Flame furnaces: Use gas as a heat source, which burns in a chamber and heats the treated medium.
- Indirectly heated chamber furnaces: The gas is heated from outside the chamber and then the heat is transferred into the chamber by convection or radiation.

In addition, furnaces can be classified according to their design:

- Top loading chamber furnace: Parts are loaded through the top of the chamber.
- Bottom loading chamber furnace: Parts are loaded through the bottom of the chamber.

– Side loading chamber furnace: Parts are loaded through the side of the chamber [4].

### **Types of heaters for chamber furnaces**

Heating elements can be open or closed:

Closed heaters are located inside the muffle, where they are heated to the required temperature. Heaters are specially installed under the protection of the muffle so that harmful substances released during high-temperature processing of the cage do not cause corrosion. Also, the presence of a muffle, the main working space of a muffle furnace, protects the heaters from being hit or touched. A (the workpiece) that is heated will be heated without scale.

Open heaters heat up the oven faster and evenly distribute the temperature throughout the working chamber. They are easily replaced with new ones when they fail. If it is necessary to remove harmful substances from the chamber and obtain high temperature uniformity in the furnace, fans are installed.

Heaters are made of high-resistance materials:

- wired;
- tubular carbides - silicon

Heaters can be located on all sides of the camera. The number of heaters depends on the size of the furnace [2]. Photos of non-working and working heating elements are shown in Figure 2.

### **Advantages and disadvantages of chamber furnaces**

#### **Advantages:**

- Precise temperature control: The ability to ensure even temperature distribution inside the chamber allows for consistent results and a high level of quality.

- Flexibility in processing materials: Chamber furnaces are suitable for processing a wide range of materials, which makes them versatile in application.
- The possibility of processing large volumes: Due to the large dimensions of the chambers, the furnaces allow processing large batches of parts at the same time.

**Disadvantages:**

- Energy consumption: Chamber ovens have a higher energy consumption compared to other types of ovens due to the need to heat the entire chamber volume.
- Long heating cycle: Depending on the material and the required temperature, the heating cycle can be quite long [4].



Figure 2 – Heating elements of the chamber furnace

**Conclusion:** So, chamber furnaces are universal equipment and one of many other types of furnaces that are used for heating and processing a wide range of materials in various industries.

**References**

1. <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/30487096-4148-41d2-9530-35dff318953c/content> from 20.02.24

2. <http://bortek.ua/ua/promyshlennyye-ehlektropechi/kamernyye-pechi/>  
from 26.02.24
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0\\_%D0%BF%D1%96%D1%87](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D1%96%D1%87) from 26.02.24
4. <https://reporter.zp.ua/kamerna-pich-l-uk.html> from 26.02.24

UDC 504.4.054:665.7(045)

## CHEMICAL COMPOSITION OF OIL AND OIL REFINING TECHNOLOGY

student Gurkivska T.V., associate professor, Ph.D. Stepaniuk A.R.,  
assistant, Ihor Vartanyan, assistant Denis Ryabikh

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

**Abstract:** *Let's investigate chemical composition of oil and processes related to its processing to obtain chemical products. Let's consider the importance of oil as the main source of energy and the main methods of refining oil products.*

**KEYWORDS:** OIL, CHEMICAL COMPOSITION, PROCESSING TECHNOLOGIES, CHEMICAL INDUSTRY, OIL PROCESSING PRODUCTS, ENERGY RESOURCES, PROPERTIES OF OIL PRODUCTS.

## ХІМІЧНИЙ СКЛАД НАФТИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ

студентка Гурківська Т.В., доц., к.т.н. Степанюк А.Р.  
асистент Вартањян І. В., асистент Рябих Д.М.

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

**Анотація:** *Дослідимо хімічний склад нафти та процесів, пов'язаних із її переробкою для отримання хімічних продуктів. Розглянемо значення нафти як основного джерела енергії та основні методи переробки нафтопродуктів.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *НАФТА, ХІМІЧНИЙ СКЛАД, ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ, ХІМІЧНА ПРОМИСЛОВІСТЬ, ПРОДУКТИ ПЕРЕРОБКИ НАФТИ, ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ, ВЛАСТИВОСТІ НАФТОПРОДУКТІВ*

The oil industry is one of the most powerful sectors of the world economy as the main source of energy. Oil is one of the world's most important commodities and accounts for about 3% of global GDP. Despite ongoing efforts to reduce oil consumption and find alternative green energy sources, oil still plays an important role in the world economy. Oil refining and use activities affect virtually every aspect of our civilization and the lives of every individual. The production, transportation and use of oil has an important impact on the country's economy, security aspects, shapes world politics and international relations.

Oil, as a combustible mineral, is a complex mixture of hydrocarbons of various classes with a small amount of organic oxygen, sulfur and nitrogen compounds, which can change under the influence of external factors. Its textural properties vary from liquid and oily to thick and resinous [1]. Oil has unique chemical properties: it can dissolve in organic solvents, but under normal conditions it does not dissolve in water. These properties make it possible to form stable emulsions with water. It is important to note that, despite this complexity, it is technically impossible to completely separate oil into individual components. However, this is not necessary for the technical characteristics of petroleum raw materials or for their industrial use.

One of the key characteristics of oil, which has earned it a global reputation as a highly efficient energy carrier, is its ability to release a significant amount of heat during combustion. In particular, oil and its derivatives have the highest heat of combustion among all types of fuels. Due to the diversity of its chemical composition, oil exhibits a wide range of physical properties. One of these properties is the boiling process, which is observed at a certain temperature,



turning it into a gaseous state. This transition occurs for different components of oil at different temperatures, determining its behavior in different conditions [2].

The technological process of oil processing and the characteristics of the obtained products are closely related to the chemical composition and structure of hydrocarbons in oil. The variety of these components is found in different oil deposits, which leads to differences in the technological properties and operational characteristics of petroleum products [3]. Analysis of the chemical composition of oils and their fractions is a complex task that remains within the scope of scientific research, which has not yet been fully resolved.

The chemical composition of oil is characterized by two aspects: elemental and group.

The elemental composition of oil is characterized by the presence and quantity of chemicals expressed in % by mass. Analysis of oils from different deposits showed that changes in the elemental composition are insignificant [3].

The main elements of oil and oil products are (Figure 1):

- carbon (C) – 83-87%;
- hydrogen (H) – 11-14%;
- sulfur ( S ) – 0.01-5.8%;
- oxygen (O<sub>2</sub>) – 0.1-1.3%;
- nitrogen ( N ) - 0.03-1.7% and traces of metals.

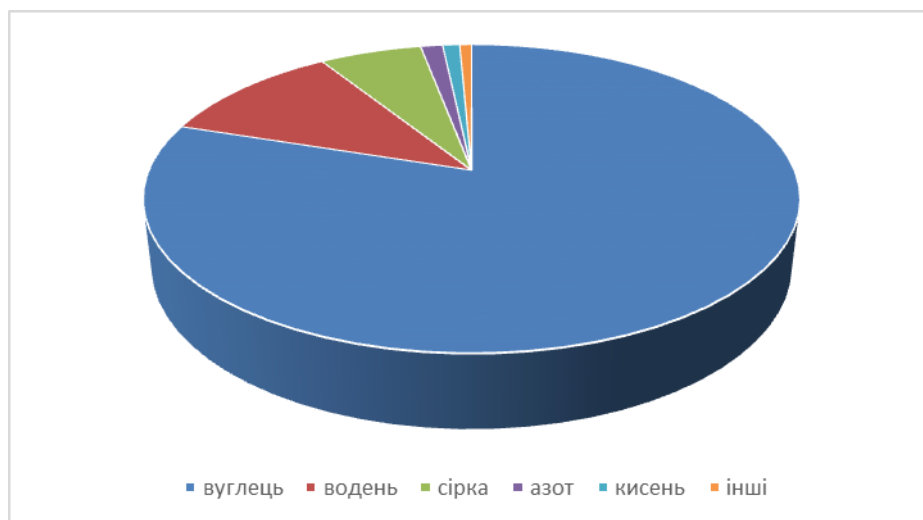


Figure 1 – Elemental composition of oil

The chemical composition of oil is the content of hydrocarbons of certain chemical groups, which are characterized by the ratio and structure of compounds of carbon and hydrogen atoms.

The main part of the group composition of oil consists of hydrocarbons, that is, compounds of carbon and hydrogen, which are divided into three groups [3]:

- alkanes ( $C_nH_{2n+2}$ );
- naphthenes ( $C_nH_{2n}$ );
- aromatic hydrocarbons ( $C_nH_{2n-6}$ ).

The ratio between these classes of compounds in oils can be different, with the most widely represented hydrocarbons of a hybrid structure. Alkenes and alkadienes are usually absent from oils, although in very exceptional cases they can be detected.

Oil refining is a complex multi-stage technological process, as a result of which a wide range of commercial products are obtained, differing in structure, physical and chemical properties, composition and areas of use [4].

There are two main categories of methods for refining oil:

- physical;

- chemical

Physical methods (primary oil refining) are based on obtaining individual hydrocarbons or their mixtures from oil or oil products, using the difference in physical characteristics, such as boiling point, crystallization, solubility, etc. One of the most common methods of this group is direct distillation, which is based on the difference in the boiling points of individual oil fractions.

Oil products obtained as a result of distillation during primary oil processing [5]:

- liquefied gas;
- gasoline (automotive and aviation);
- jet fuel;
- gas fraction (methane, ethane, propane, butane, etc.);
- gas oil or diesel fuel (diesel);
- oil fuel.

The first five types of petroleum products are fuel. And fuel oil is processed to obtain:

- paraffin;
- bitumen;
- liquid boiler fuel;
- oils

When mineral substances are mixed with bitumen, asphalt (asphalt concrete) is formed, which is used as a road surface. A variety of lubricants are produced from petroleum, such as grease, electrical insulating oil, hydraulic oil, plastic grease, coolant grease, fluid, and petroleum jelly. Oils obtained from petroleum are used to prepare ointments and creams.

Chemical methods (secondary oil processing) are based on deep chemical destructive transformations to which hydrocarbons in oil or oil products undergo under the influence of temperature, pressure and catalysts. One of the most used

among these methods is various types of cracking. It can be carried out as a purely thermal process without the use of catalysts (thermal cracking) or in the presence of catalysts (catalytic cracking).

During thermal cracking, there is a break in the length of the carbon chains with the formation of paraffins and olefins or hydrogen splitting with the formation of unsaturated hydrocarbons. During cracking, heavy hydrocarbons are broken down into less complex molecules, resulting in increased production of gasoline from petroleum compared to direct distillation [6].

Oil products obtained as a result of thermal cracking during the secondary processing of oil:

- gas (ethylene, propylene, butadiene);
- gasoline and other light hydrocarbons (methane, ethane, propane, butane);
- heavy hydrocarbons (diesel and fuel oil fractions, raw materials for the production of petroleum jelly and plasticizers).

Catalytic processes differ from thermal processes in that steam of petroleum raw materials is passed over the catalyst, which accelerates and directs the course of reactions towards the formation of the necessary products under milder conditions.

During catalytic cracking, not only the breaking of carbon chains is observed, but also other processes, such as: hydrogenation, cyclization, aromatization and isomerization[6].

Oil products obtained as a result of catalytic cracking during the secondary processing of oil:

- high-octane gasoline;
- alkanes (ethylene, propylene, isobutane and isobutylene);
- aromatic hydrocarbons (benzene, toluene, xylene);
- heavy hydrocarbons (oils, greases, bitumen).

Therefore, oil plays a decisive role in the world economy, connecting various industries and infrastructure. Its importance is especially evident in the field of processing technology, where oil serves as a raw material for the production of fuel, plastics, and chemicals that are of great importance for the development of modern technologies and industry.

**References:**

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%B0> 29.12.2023
2. <https://ea.donntu.edu.ua/bitstream/123456789/12155/3/3%20%D0%B3%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B0.pdf> 29.12.2023
3. <https://joiner.org.ua/palyvno-mastylni-materialy/osnovni-vidomosti-pro-khimichnij-sklad-nafti-i-naftoproduktiv.html> 29.12.2023
4. <https://studfile.net/preview/5726498/page:2/> 29.12.2023
5. <https://econadin.com/produkty-pererobky-nafty/> 29.12.2023
6. <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/Fundamentals-of-chemical-technologyLecture6.pdf> 29.12.2023

**UDC 665.6; 665.664**

**DESIGN JUSTIFICATION OF A HEAT EXCHANGER FOR COOLING  
INDUSTRIAL OIL**

Ph.D. Husarova O.<sup>1,2</sup>, Ph.D. Dakhnenko V.<sup>2</sup>, student Nazarenko Y.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Technical University of Ukraine «I. Sikorsky Kyiv Polytechnic  
Institute»

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

**ANNOTATION:** *The paper considers different types of heat exchangers. Based on the literature review, the choice of an apparatus for cooling regenerated refined oil is substantiated. It is proposed to modernize a multi-pass heat exchanger for cooling transformer oil in order to intensify heat transfer.*

**KEY WORDS:** USED INDUSTRIAL OIL, REGENERATION, PURIFICATION, HEAT EXCHANGER, MODERNIZATION.

**ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ  
ОХОЛОДЖЕННЯ ПРОМИСЛОВОЇ ОЛИВИ**

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

к. т. н., с. н. с. Дахненко В.Л.<sup>2</sup>, студент Назаренко Ю.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

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

**АНОТАЦІЯ:** У роботі розглянуто різні типи теплообмінних апаратів. На підставі літературного огляду обґрунтовано вибір апарату для охолодження регенованої очищеної оливи. Запропоновано модернізувати багатогодовий теплообмінник для охолодження трансформаторної оливи з метою інтенсифікації теплообміну.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ВІДПРАЦЬОВАНА ПРОМИСЛОВА ОЛИВА, РЕГЕНЕРАЦІЯ, ОХОЛОДЖЕННЯ, ТЕПЛООБМІННИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

Used oil recycling is an extremely important environmental measure, as the accumulation and emission of harmful oxidation products can cause serious harm to the environment and human health. The service life of engine oil in internal combustion engines is limited, and regular oil change and recycling is essential to conserve resources and prevent environmental pollution [1-4].

The process of thermal oxidation regeneration of used oils explores the possibility of their recovery, in particular, by oxidation. This process helps to separate asphalt-resinous substances and reduce the content of oxidation products in the oil, which leads to an improvement in its performance properties [4]. The plant is a universal type of oil regeneration equipment [1-4].

This thesis deals with the design of a heat exchanger apparatus. The purpose of the work is to justify the choice of the heat exchanger design and its improvement. The apparatus is designed to cool purified transformer oil in an industrial oil purification unit. In the technological scheme [5], the apparatus is located behind the F1 filter.

Shell-and-tube heat exchangers are among the most widely used surface heat exchangers. In shell-and-tube heat exchangers, one of the media moves inside the tube, and the other moves in the intertube space. Shell-and-tube heat exchangers can be single- and multi-pass [6].

Single- and multi-pass heat exchangers can be vertical or horizontal. Vertical heat exchangers are easier to operate and take up less production space. Horizontal heat exchangers are usually made with multiple passes and operate at higher media velocities in order to minimize the stratification of liquids due to their temperature and density differences, as well as to prevent the formation of stagnant zones.

In multi-pass heat exchangers, due to the smaller total cross-sectional area of the pipes arranged in one section compared to the cross-sectional area of the entire pipe bundle, the fluid velocity in the tube space of a multi-pass heat exchanger increases (compared to a single pass heat exchanger) by an amount equal to the number of passes. For example, in a four-pass heat exchanger, the velocity in the pipes is four times higher than in a single-pass heat exchanger.

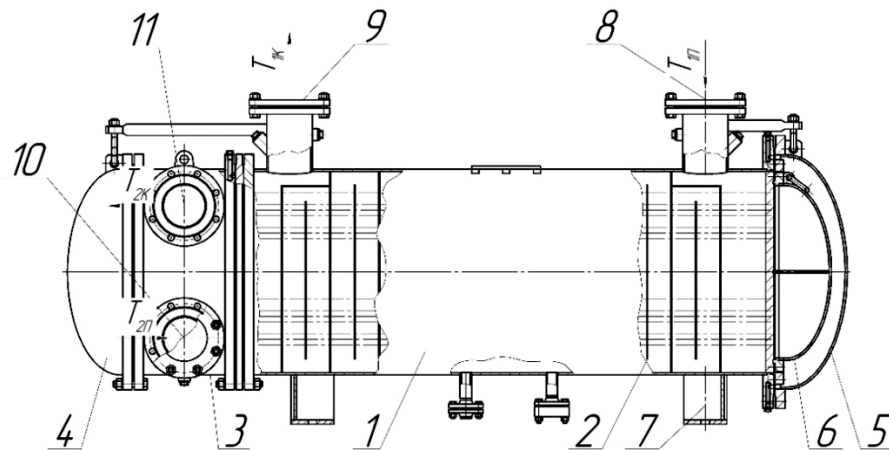
Segmental baffles are used to increase the speed and path of the medium in the intertube space. In horizontal heat exchangers, these baffles also serve as intermediate supports for the tube bundle.

If the average temperature difference between the tubes and the shell in a rigid heat exchanger becomes significant ( $\geq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $323\text{ K}$ )), the tubes and shell elongate unequally. This causes significant stresses in the pipe grids, possible violation of the tightness of the connection between the pipes and the grids, and damage to the integrity of the welds. Therefore, when the shell temperature difference is greater than or equal to 50, or when the length of the tubes is considerable, shell-and-tube heat exchangers of non-rigid construction are used, which allow some movement of the tubes relative to the shell of the apparatus [6].

We need to ensure a large movement of the pipes and the shell. Therefore, we will use a floating head heat exchanger. The lower tube grid is movable, which allows the entire tube bundle to move freely independently of the apparatus body. This prevents dangerous temperature deformation of the pipes and a violation of the density of their connection to the pipe grids [6, 7].



Thus, we choose a shell-and-tube horizontal four-way heat exchanger with a floating head for cooling transformer oil MO-53-4 in accordance with TU 3612-023-00220302-00. The scheme of the device is shown in Figure 1.



- 1 - body; 2 - tube; 3 - distribution chamber; 4 - front cover; 5 - rear cover;  
6 – floating head; 7 - support; 8 - oil inlet; 9 - oil outlet fitting;  
10 - coolant inlet fitting; 11 - coolant outlet fitting

Figure 1 - Schematic of the heat exchanger

The main elements in such devices are heat exchange tubes 3. The hot coolant (flue gases) moves through the tube space, and the cooling coolant (water) moves in the intertube space.

A patent search was conducted and the modernization of heat exchangers was considered. For example, the patent CN117570742A relates to a heat exchange condenser, where an improved design of the heat exchanger is proposed by using spiral plates to create a turbulent flow [8].

Based on the patent analysis, we propose to modernize the heat exchanger. The modernization is based on the intensification of the heat transfer process through the pipe wall.

After the pipes are installed in the tube, additional inserts of a complex profile are installed in them, which have resistance surfaces in accordance with the inner surface of the pipes. The additional inserts can be made of copper or

aluminum and are fixed by spacer contact with the pipe and fixed at the end points of the pipe. The cross-sectional profile of the pipe and the shape of the inserts are shown in Figure 2.

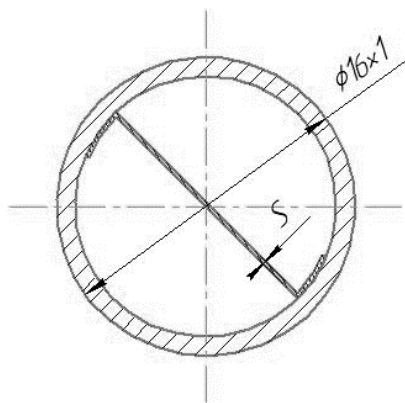


Figure 2 - Additional inserts in heat exchange tubes

The additional inserts increase the heat exchange surface area, create additional turbulence in the pipe flow, thereby improving oil cooling by up to 15% by increasing the overall heat transfer coefficient.

#### References:

1. [Prospects for improving the legislation in the field of waste management in the oil and gas complex of Ukraine / P.G. Drygulych, A.V. Pukish, M.P. Shpek // Oil and Gas Industry - 2012 - No. 3 - P. 55-58.](#)
2. [Shashkin P.I., Bray I.V. Regeneration of used oils. Edition. second. - Chemistry, 1970. - 304 p., ill.](#)
3. [Automation of production processes: a manual for practical work / Compiled by V.V. Tyckov, R.V. Trembovetska, K.V. Bazilo - Cherkasy: Cherkasy State Technical University, 2016 - 137 p.](#)
4. [Chervinskyi T.I., Hryshyn O.B., Korchak B.O. Regeneration of used oils by thermal oxidation method // Naftogaz of Ukraine. - 2016. - pp. 32 - 34. oai:elar.nung.edu.ua:123456789/3858](#)

5. Husarova O., Dakhnenko V., Nazarenko Y.G. Modernization of the heat exchanger of the industrial oil purification unit // Collection of abstracts of the XXXIII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Equipment of Chemical Production and Building Materials Enterprises", December 15, 2023, Kyiv, Ukraine.

6. [Kornienko Y.M. Processes and equipment of chemical technology 2: textbook / Y.M. Kornienko, Y.Y. Lukach, I.O. Mikulonok, V.L. Rakytskyi, H.L. Riabtsev - Kyiv: NTUU "KPI", 2011 - Part 1 - 172 p.](#)

7. [Equipment of chemical production: Lecture notes \[Electronic resource\]: a textbook for students majoring in 151 Automation and computer-integrated technologies, educational program "Technical and software automation" / Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute; compiled by: Shved M.P., Stepaniuk A.R., Gusarova O.V., Shved D.M. - Electronic text data \(1 file: 3.71 MB\) - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2023. 181 p.](#)

8. [Patent CN117570742A IPC F28B1/02; F28D9/04; F28F3/10; F28F9/007; Date of publication: 2024-02-20. Electronic resource. Access mode: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/089864373/publication/CN117570742A?q=CN117570742A>.](#)

УДК 621.57

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АДСОРБЦІЙНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

к.т.н. Шаврин Ю.В., к.т.н. Шматок О.І., Данько І.О., Чалаєв М.Д.

Інститут технічної теплофізики НАН України

*АНОТАЦІЯ.* Розглянуто ефективність використання солей лужних металів як сорбентів, сорбційна дія яких базується на ефекті оборотних термохімічних реакцій. Проведено випробування експериментального зразка адсорбційного теплового насоса з використанням сорбційної пари «CaCl<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O».

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АДСОРБЦІЙНИЙ ТЕПЛОВИЙ НАСОС, ТЕРМОТРАНСФОРМАТОР, АДСОРБЦІЯ, ДЕСОРБЦІЯ, ОБОРОТНІ ТЕРМОХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ, НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ.

## WAYS TO IMPROVE THE ENERGY EFFICIENCY OF ADSORPTION HEAT PUMPS

Ph.D. Shavrin Yu.V., Ph.D. Shmatok O.I., Danko I.O., Chalaiev M.D.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

*ABSTRACT.* The effectiveness of using alkali metal salts as sorbents, the sorption effect of which is based on the effect of reversible thermochemical reactions, is considered. Testing of an experimental sample of an adsorption heat pump using the sorption vapor "CaCl<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O" are conducted.

**KEYWORDS:** *ADSORPTION HEAT PUMP, THERMOTRANSFORMER, ADSORPTION, DESORPTION, REVERSIBLE THERMOCHEMICAL REACTIONS, LOW-POTENTIAL ENERGY SOURCES.*

Автономне енергопостачання невеликих, окремо стоячих будівель і споруд, а також індивідуальних житлових будинків здійснюється, як правило, шляхом спалювання органічного палива в котлах невеликої потужності й супроводжується значним забрудненням навколишнього середовища. Підключення їх до систем центрального тепlopостачання вимагає великих капітальних витрат, а застосування прямого електричного нагріву не є ефективним у зв'язку із значною вартістю, оскільки сама електрична енергія виробляється з теплової з к.к.д., що не перевищує 40%. Використання нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії для тепlopостачання безпосередньо, без спеціальних перетворюючих пристроїв, також утруднено через їхній невисокий температурний потенціал, а застосування відомих рішень з компресійними тепловими насосами не завжди ефективно через значне споживання електроенергії. В той же час графік споживання електроенергії протягом доби нерівномірний, і в нічний час має місце її надлишок, у зв'язку з чим Міністерством енергетики України запроваджений пільговий тариф на споживання електроенергії в нічний час. У цих умовах перспективним є використання адсорбційних теплонасосних установок (термотрансформаторів), які здатні перетворювати низькопотенційну теплоту навколишнього середовища в теплоту підвищеного потенціалу без одночасного споживання енергії, що дозволяє рознести в часі процеси споживання енергії і виробництва теплоти. На основі адсорбційних термотрансформаторів може бути створене теплонасосне устаткування для автономного тепlopостачання житлових і комунальних

об'єктів, що забезпечує використання сонячної енергії і теплоти оточуючого середовища як низькотемпературного джерела енергії з коефіцієнтом перетворення теплоти  $\mu$  близько 1,5-1,7. Адсорбційні агрегати мають теплоакумулюючі властивості і після «зарядки» можуть тривалий час знаходитися в стані готовності для вироблення теплоти, і при включенні працюють без споживання енергії. Вказані достоїнства, а також простота виготовлення та експлуатації адсорбційних агрегатів роблять їх цілком конкурентоспроможними з компресійними тепловими насосами, не дивлячись на те, що тепловий коефіцієнт адсорбційного циклу нижчий.

За типом сил, що спричиняють адсорбцію, робочі речовини адсорбційних теплових насосів можна розбити на дві основні групи:

а) адсорбенти на основі ефекту фізичної адсорбції (синтетичні і природні цеоліти, активоване вугілля, силікагелі);

б) адсорбенти на основі ефекту хемосорбції (солі лужних і лужноземельних металів).

Сорбційна місткість адсорбентів першої групи невелика – 5-10 % від ваги сорбенту. Але, завдяки стабільності властивостей і довговічності гранул, ці робочі речовини одержали найбільше практичне застосування.

Значно більш високу вологомісткість мають адсорбенти на основі ефекту хемосорбції, які працюють з використанням оборотних термохімічних реакцій і утворюють з парою холодоагенту хімічні сполуки типу кристалогідратів. В даному випадку енергія запасується в хімічних компонентах, здатних в потрібний час вступити в екзотермічну реакцію. Проте практичне застосування цих матеріалів в чистому вигляді має технічні труднощі, пов'язані з проблемою збереження стабільності адсорбенту. При багатократних циклах сорбції-десорбції можливе руйнування гранульованої структури адсорбційного шару внаслідок розчинення солі при локальному перенасиченні.

В Інституті технічної теплофізики НАН України розроблений експериментальний зразок адсорбційного теплового насосу на базі сорбційної пари «CaCl<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O». Сорбент містить активну поглинаючу речовину CaCl<sub>2</sub> та інертний носій, який створює жорсткий пористий каркас, і, не перешкоджаючи процесу сорбції пари H<sub>2</sub>O, утримує сіль в гранулі та зберігає структуру сорбційного шару навіть при значному перенасиченні та розрідженні кристаликів солі. Разом з підвищенням експлуатаційної надійності, це дозволяє розширити діапазон робочих концентрацій сольових сорбентів за рахунок забезпечення їхньої працездатності як в зоні твердого, так і рідкого сольового розчину. Таким чином, сорбент даного типу охоплює робочий діапазон концентрацій як твердо-, так і рідкотільних сорбційних термотрансформаторів.

Експериментальні дослідження адсорбційного теплового насосу показали, що енергоємність композитного сорбенту складає 700-800 кДж/кг, що в 3-4 разів більше в порівнянні з теплоакumuлюючими матеріалами з фазовим переходом. З урахуванням теплоти конденсації, яка виділяється під час регенерації сорбенту і може бути корисно використана, ця величина досягає 1400 кДж/кг.

Таким чином, застосування в якості робочих тіл адсорбційних теплових насосів солей лужних металів, сорбційна дія яких ґрунтується на ефекті оборотних термохімічних реакцій, дозволить суттєво підвищити енергетичні показники адсорбційних агрегатів.

УДК 665.642.26

**MODERNIZATION OF THE STEAM GENERATOR OF THE PHENOL  
PRODUCTION FACILITY**

student Yenich H., assistant H. S. Podyman

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

**ABSTRACT:** *An analysis of the problems of new designs of the steam generator was carried out with a patent study, which describes the methods of modernization of the steam generator, and indicates the peculiarities of their designs, identifying the advantages and disadvantages of these models.*

**KEY WORDS:** MODERNIZATION, PHENOL, STEAM

**GENERATORМОДЕРНІЗАЦІЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА УСТАНОВКИ  
ВИРОБНИЦТВА ФЕНОЛУ**

студент Єніч Г., асист. Подиман Г. С.

**Національний технічний університет України**

**“ Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”**

**Анотація:** *Проведено аналіз проблематики нових конструкцій парогенератора з проведеним патентним дослідженням, де описуються методи модернізації парогенератора, та вказівка особливості їх конструкцій з визначенням переваг та недоліків цих моделей.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МОДЕРНІЗАЦІЯ, ФЕНОЛ, ПАРОГЕНЕРАТОР



The described steam generator [1] consists of a shell, a support plate, front and rear tubular plates, and a heat exchange pipe. The special feature of the design (Figure 1) is that thanks to thermal insulation gaskets, the design has better thermal resistance, thermal stresses are reduced thanks to the installed ceramic tubes, and tightness is due to the presence of sealing rings.

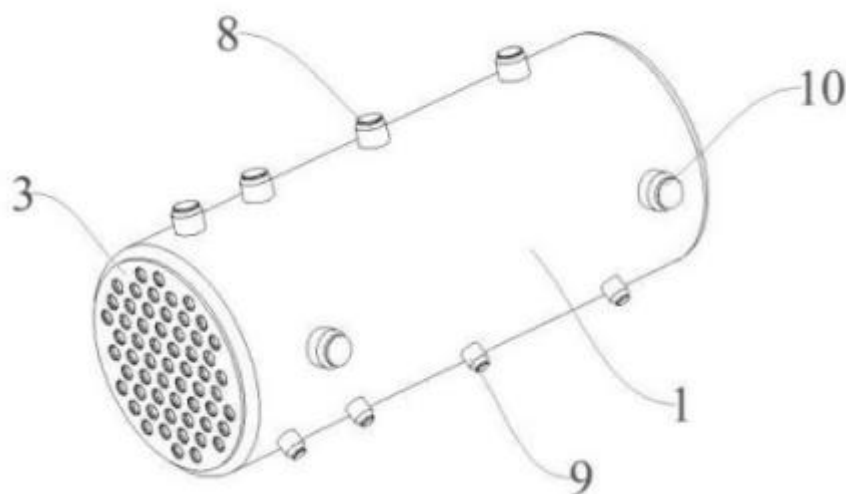


Figure 1 – Steam generator design

The advantages include:

1. Reduction of deformation of the heat exchange pipe, which in turn improves the operation of the equipment
2. Reduction of maintenance costs

Disadvantages can be:

1. The ceramic pipe may be damaged and will require replacement if suboptimal operating parameters are used.

2. Added elements complicate the design, which can increase the overall size of the device.

Another patent [2] describes a kettle-type evaporator design (Figure 2) that is designed to more efficiently heat and distribute the working fluid. The main components include the cylinder, the heat source cover, the bottom, the baffle, the inlet and outlet of the working fluid, the heat source nozzles, the heating assemblies, the distribution plate, the deflectors, the mounting nozzles, the pipe panel, and the ventilation deflector. The design integrates the heating and evaporation zone, uses two heating nodes, and has special components to control the flow of liquid and vapor.

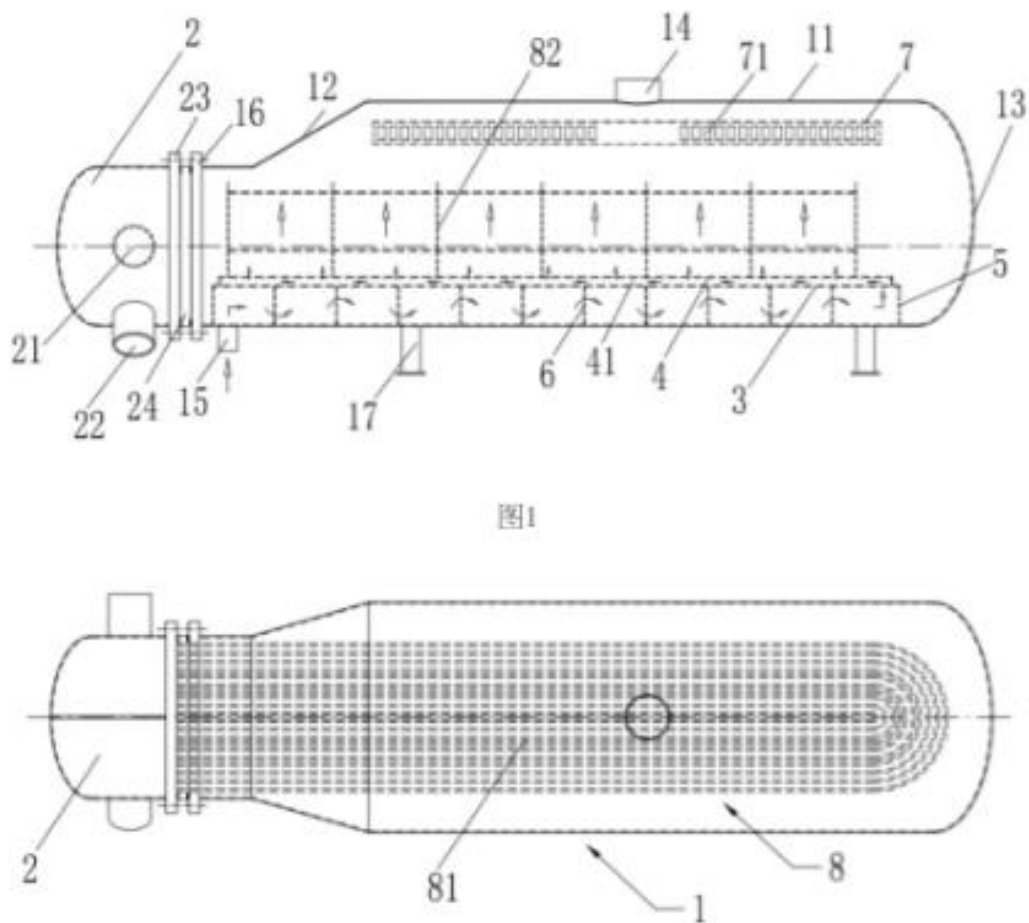


Figure 2 – Kettle-type evaporator

The advantages of the design can be:

1. Due to the combination of heating zones, the design becomes more compact
2. The introduction of two heating nodes increases the efficiency of heating
3. The ventilation deflector better removes steam from the liquid

Disadvantages can be:

1. Cleaning and, in general, the operation process will become more complicated
2. There is a possibility of a higher pressure loss due to the path taken by the flow inside the kettle

Patent [3] describes an evaporator (Figure 3) that offers more efficient heat transfer than traditional evaporators. The design includes a housing that has a cavity and connects to the container, as well as an inlet and outlet for the refrigerant. The evaporator has two groups of heat exchange tubes that are located along its length, as well as side guides that direct the flow of refrigerant from the first group of tubes to the second.

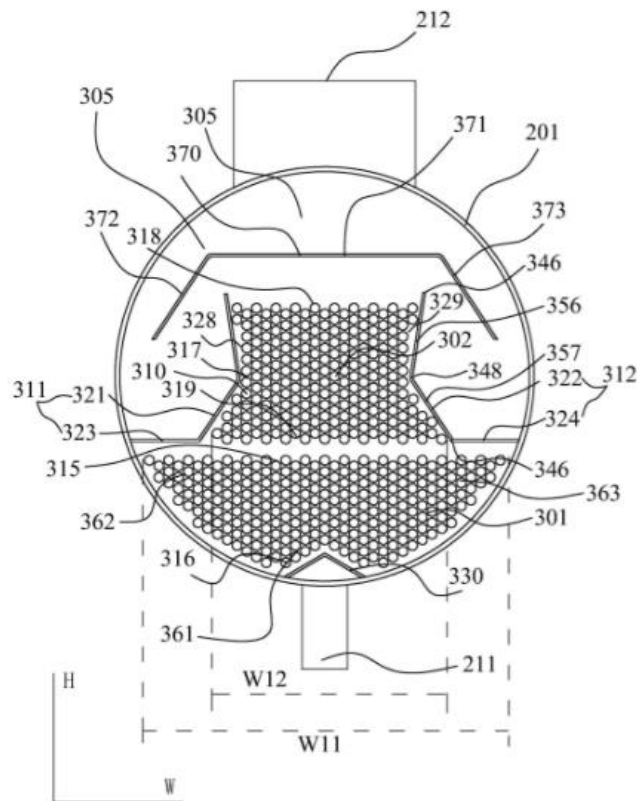


Figure 3 – Evaporator

The advantages of the invention are:

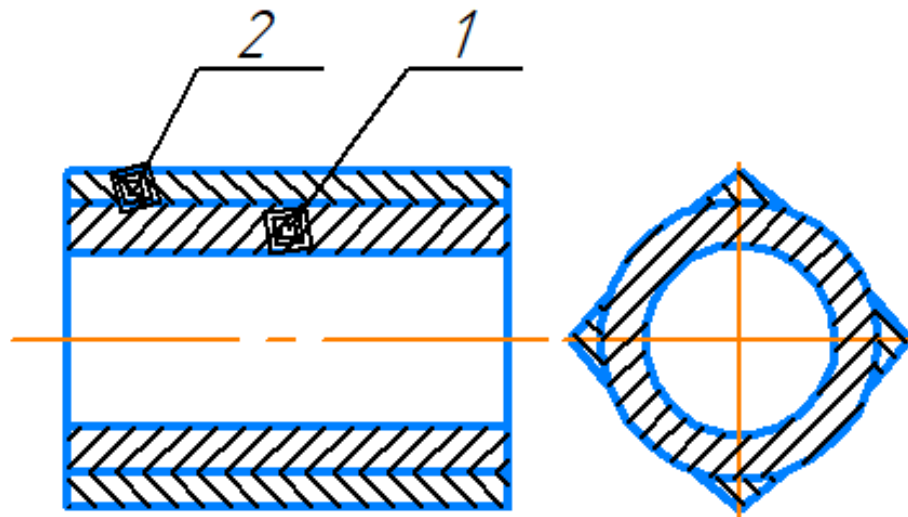
1. Effective heat exchange due to the special structure of the side pipes
2. The amount of refrigerant required for heat exchange decreases

The following disadvantages can be identified:

1. The shape of the side pipes is quite complex and requires more time to manufacture
2. Due to the narrowing of the side guides, the resistance to the refrigerant flow may increase

The main direction of modernization of the proposed structures is to increase the efficiency of heat exchange. After analyzing the data of the design, it is proposed to change the outer surface of the pipe (Figure 4), where the heat

exchange between the heater and the refrigerant takes place, to intensify the heat exchange. The improvement of heat exchange occurs due to the complication of the structure of the pipes with pipe growths, which increase the contact area of the heater and the refrigerant.



1 – pipe; 2 – pipe growths

Figure 4 – Scheme of the modernized pipe of the steam generator

**Conclusion.** The proposed construction of heating pipes allows for intensifying the heat exchange in the steam generator.

#### References:

1. Patent № CN117628939A Shell evaporator URL <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/090036278/publication/CN117628939A?q=pn%3DCN117628939A> за 19.04.2024
2. Patent № CN117298621A Kettle type evaporator URL <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/089255736/publication/CN117298621A?q=pn%3DCN117298621A> за 19.04.2024

|    |        |   |              |            |     |
|----|--------|---|--------------|------------|-----|
| 3. | Patent | № | CN117366917A | Evaporator | URL |
|----|--------|---|--------------|------------|-----|

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/089388963/publication/CN117366917A?q=pn%3DCN117366917A> за 19.04.2024

UDC621.783.2:519.876.5

## CHAMBER FURNACES, CLASSIFICATION AND USE

Student Hlib Stepura, associate professor, Ph.D. Agdrii Stepaniuk

**National Technical University of Ukraine**

**"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

ABSTRACT: A description of the design of the chamber furnace, its principle of operation and features of heat generation in the furnace is provided.

KEYWORDS: CHAMBER, FURNACE. CONSTRUCTION, CLASSIFICATION.

## КАМЕРНІ ПЕЧІ, КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ

студент Степура Г.А, доц., к.т.н. Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України**

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

АНОТАЦІЯ: Наведено опис конструкції камерної печі, її принцип дії та особливості генерування тепла в печі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КАМЕРНА, ПЧ. КОНСТУКЦІЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ

Any production that works with metals has powerful equipment in its arsenal. Without it, work is simply impossible. Heat treatment of metal is one of the processes that directly affects the quality of manufactured products. Among the most common furnaces for metal processing are chamber furnaces [1].

**Chamber oven** (English *chamber furnace*) – industrial fiery orelectric oven, its working space has the shape of a chamber with approximately the same length,

width and height, in which the product remains stationary relative to the furnace during the entire heating period. In all points of the working space of such a furnace temperature is practically the same. If there are several products in the chamber furnace at the same time, and they are loaded and unloaded one at a time, then the temperature of the furnace is constant. In complex processing modes, when products need to be heated (or cooled) at a certain speed, the temperature of the furnace is changed [2]. This is usually a preparatory stage for subsequent processes such as stamping, forging, pressing, bending and others.

In addition to metallurgy, they are actively used in ceramics, jewelry, chemistry, food industry, medicine, mining industry, etc [1].

The body and door of the furnace are made of steel profiles, which are additionally covered with sheet metal. Sheet metal, in turn, is covered with insulation. Doors are made of steel profile. The entire structure is covered with a primer, and those segments that are subject to heating are covered with heat-resistant paint. A heat-resistant alloy is used for parts that are exposed to very high temperatures (Figures 1 and 2) [4,5].



Figure 1 – Chamber muffle furnace



Drawing 2 – Chamber muffle furnace view from the middle



The chamber oven can be heated using two systems: gas and electric. The electric heating system has heaters in the form of a spiral, which are located on the door, side and rear walls and under the oven. The gas heating system involves the installation of high-speed impulse, recuperative or flat-flare gas burners[1].

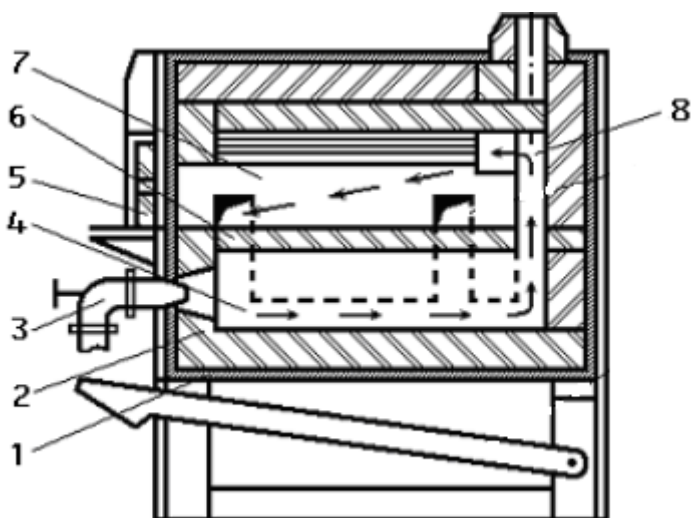
Chamber furnaces are distinguished: vertical, hood, pit, with a retractable or fixed floor, etc [2].

Chamber furnaces are heated with gas or liquid fuel. Thermal chamber furnaces operating with a controlled atmosphere are heated by electric resistance heaters or radiant tubes. Electric heating is often appropriate to ensure the accuracy of the heat treatment regime and when heating without an atmosphere of the controlled composition [2].

**Muffle** is called a sealed chamber made of refractory brick (or heat-resistant steel), which protects the heated products from contact with the products of fuel combustion [2].

Heating objects are loaded into chamber electric furnaces manually, with a crane or with the help of loading mechanisms installed in front of the furnace door[2].

The diagram of a chamber furnace operating on fuel oil is shown on drawing in 3. The chamber furnace consists of a rectangular chamber with a fireclay lining 2, which is inserted into a body 1 made of sheet steel. Fuel combustion takes place in the combustion chamber 4. The fuel is supplied by the nozzle 3. Hot gases flow through the channel 8 into the working space 7 and heat the parts, which are placed on the pallet 6. The parts are loaded into the furnace through the window, which is closed by the shutter 5 [3].



- 1 – Housing, 2 – Chamber furnace, 3 – Nozzle, 4 – Combustion chamber, 5 – Window (damper), 6 – Tray, 7 – Working space, 8 – Channel.

Figure 3 – Schemethermal chamber furnace operating on fuel oil

## References

- 1.<https://kabak.ub.ua/analytic/25538-osoblivosti-roboti-kamernoyi-nagrivalnoyi-pechi.html>
- 2.[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0\\_%D0%BF%D1%96%D1%87](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D1%96%D1%87)
- 3.<https://studfile.net/preview/5643849/page:3/>
- 4.<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Mufile-furnace.jpg>
- 5.<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Ausbrennofen.jpg>

UDC 66.048.3

**MODERNIZATION OF THE DEPHLEGMATOR OF THE ACETIC ACID  
PRODUCTION INSTALLATION**

student Anton Trunin, Ph.D., Assoc. Andriy Stepanyuk,  
Ph.D., Assoc Ihor Andreev

**National Technical University of Ukraine**

**"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

**ABSTRACT.** Given the purpose of acetic acid, the technical process of producing acetic acid is described, the dephlegmator is described, and the modernization of the dephlegmator is proposed.

**KEYWORDS:** MODERNIZATION, DEPHLEGMATOR, ACETIC ACID.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ДЕФЛЕГМАТОРА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА  
ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ**

студент Трунін А.О., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.,  
к.т.н., доц. Андреев І.А.

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ.** Наведено призначення оцтової кислоти, описано технічний процес вироблення оцтової кислоти, виконано опис дефлегматора, та запропоновано модернізацію дефлегматора.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МОДЕРНІЗАЦІЯ, ДЕФЛЕГМАТОР, ОЦТОВА КИСЛОТА.

Acetic acid is one of the basic products of industrial organic synthesis. More than 65% of the world production of acetic acid goes to the production of polymers, cellulose derivatives and vinyl acetate [1].

The installation for the production of acetic acid consists of mixers from which solutions of catalyst and acetaldehyde are fed into the circulating acid flow, entering the oxidation column with a splash trap through which the steam-gas mixture is discharged. Next, this mixture enters the condenser, is cooled by brine, and from it enters the separator, which washes the uncondensed gases with water and releases them into the atmosphere, and the condensate, consisting of acetic acid and acetaldehyde, returns to the oxidation column. Acetic acid is in a liquid state, leaves the column and is divided into two streams. The smaller one (circulating acid) is sent to mixers for the preparation of catalyst and acetaldehyde solutions, and the larger one enters the rectification column, from the lower part of which the catalyst solution is discharged in the form of a cubic residue, which enters for regeneration, and from the upper part acetic acid enters the dephlegmator, where condenses due to the cold coolant. The liquid formed in the dephlegmator after complete condensation of steam is divided into two parts. One part of the condensate in the form of phlegm is fed back to the rectification column, and the other is the finished product [1].

The purpose of the work is to modernize the dephlegmator for the condensation of acetic acid.

A dephlegmator is a device used to condense a steam stream. The main purpose of the device is to achieve a higher concentration of the low-boiling fraction [1]. The scheme of the dephlegmator is shown in Figure 1.

The dephlegmator consists of a body 1 and pipe grids 2 welded to it. A bundle of pipes 3 is fixed in the pipe grids. Covers 4 are attached to the pipe grids (on gaskets and bolts).

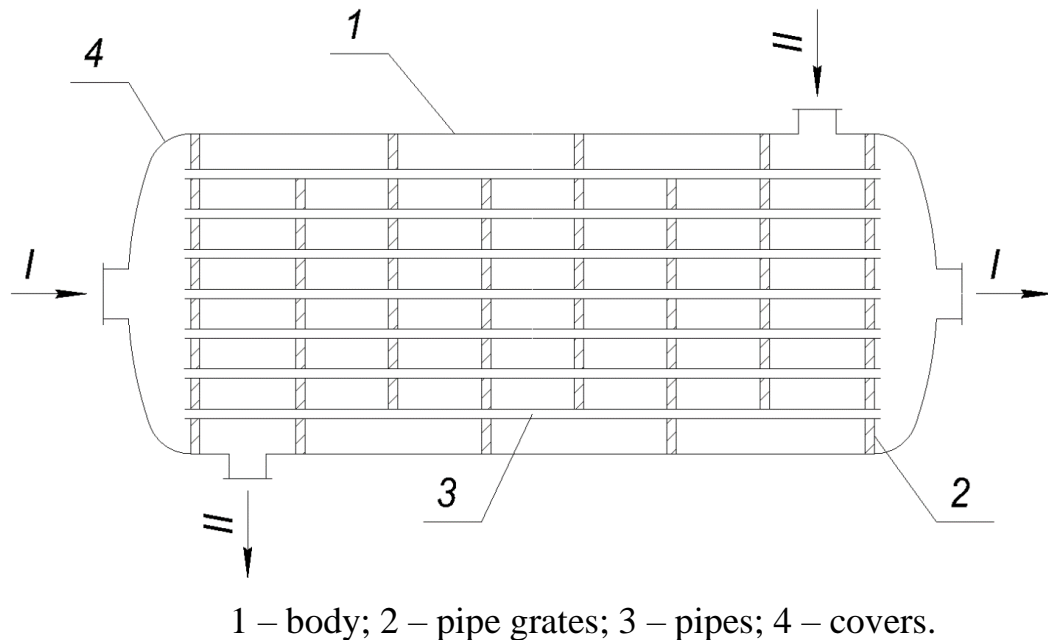


Figure 1 – Diagram of a dephlegmator

In the dephlegmator, one of the substances I moves inside the pipes (in the pipe space), and the other II - in the inter-pipe space. Substances are usually directed countercurrently to each other. At the same time, the substance that is heated is directed from the bottom up, and the substance that gives off heat - in the opposite direction. This direction of movement of each substance coincides with the direction in which this substance tends to move under the influence of a change in its density during heating or cooling. In addition, with the indicated directions of movement, a more uniform distribution of speeds and identical conditions of heat exchange in terms of the cross-sectional area of the device are achieved [2].

Advantages:

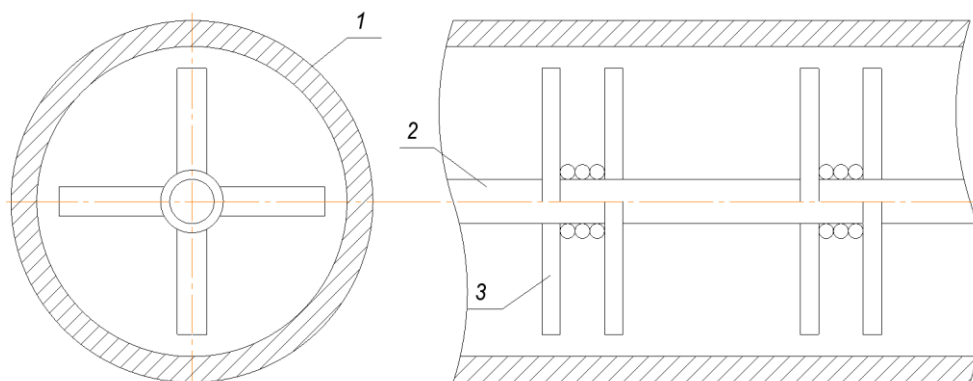
- 1) Compactness.
- 2) Ease of construction and operation.

Disadvantages:

1) The coefficient of heat transfer in the inter-tube space is two times smaller than in the tube space.

To eliminate the disadvantage of a large difference in heat transfer coefficients between spaces, it is necessary to turbulate the flow in the pipe space, which will lead to an increase in the value of the Reynolds criterion, for this, the liquid in the pipe space must be actively mixed.

The proposed modernization consists in installing rods on which a metal wire is fixed in the tubes, and the ends of the wire are flattened and turned at an angle to the flow. As the fluid moves through the tube and encounters obstacles in the form of wire rods, it causes changes in the velocity and direction of the flow, creating turbulent eddies (Figure 2).



1 – pipe; 2 – rod; 3 - turbulizers.

Figure 2 – Scheme of modernization of the pipe space of the dephlegmator.

This modernization is aimed at making the liquid flowing through the tubes turbulent. As a result, this will lead to the creation of turbulence in the pipe space. This helps to increase the value of the Reynolds criterion, which in turn leads to an improvement in heat exchange between media.

References:

1. Student AO Trunin, Ph.D., Assoc. Stepaniuk AR Modernization of the dephlegmator of the rectification installation for the production of acetic acid // Collection of abstracts of reports of the XXXIII All-Ukrainian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists "Equipment of chemical production of building materials enterprises " December 15, 2023, Kyiv) / Compiled by YM Kornienko. - K.: "KPI named after Igor Sikorsky", 2023. - 158

2. Methodical instructions for calculation work from the credit module "Processes and equipment of chemical technologies-2. Thermal processes" for students of the field of training 133 - Industrial mechanical engineering: [Electronic resource] / M.P. Shved, D.M. Shved, Stepaniuk A.R.; Kyiv: KPI named after Igor Sikorskyi, 2017. – 46 p.

UDC 661.7

## MODERNIZATION OF THE RECTIFICATION COLUMN FOR METHANOL PRODUCTION

student Yuliya Chuhlib, Ph.D., Assoc. Andriy Stepaniuk, Ph.D.,  
Assoc. Oleg Novokhat

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

**ABSTRACT.** Given the purpose of methanol, the description of the principle of action and construction of rectification columns, the advantages and disadvantages of the device's operation are formulated, a proposal for the modernization of the device is given.

**KEYWORDS:** METHANOL, COLUMN, RECTIFICATION, MODERNIZATION.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ВИРОБНИЦТВА МЕТАНОЛУ

студентка Ю. С. Чухліб, к.т.н., доц. А.Р. Степанюк, к.т.н., доц. О.Новохат

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

**АНОТАЦІЯ.** Наведено призначення метанолу, виконано опис принципу дії та конструкції ректифікаційної колони, сформульовано переваги і недоліки роботи апарату, наведено пропозицію щодо модернізації апарату.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МЕТАНОЛ, КОЛОНА, РЕКТИФІКАЦІЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

The simplest among monoatomic alcohols, methyl alcohol (formula  $\text{CH}_3\text{OH}$ ) is a liquid, transparent, colorless substance with a very characteristic, for



any representative of this group of substances, sharp smell, which is also called "alcohol smell". Methyl alcohol is used in a number of industrial production sectors, for example, it is a raw material for the synthesis of formaldehyde, formalin, acetic acid, several types of ethers and a number of other chemical compounds, it is a high-quality and effective solvent for a large group of chemicals, it is used in the gas production industry to neutralize hydrates that settle on the gas pumping equipment. Methyl alcohol is used as an additive to fuel for internal combustion engines, in its pure form methanol, due to its high octane number, can be used as a fuel for special types of engines, for example, engines of racing vehicles, as a denaturing agent for ethanol in perfumery, which is mandatory a key component of production, as a basis for the preparation of solvents for paint and varnish materials [1].

Liquefied synthesis gas is cleaned in an oil filter and a carbon filter, after which it is mixed with circulating gas and enters the synthesis column. The mixture is supplied through the annular gap between the catalyst box and the column body to the intertube space of the heat exchanger located in the lower part of the column. After the fifth layer of the catalyst, the contact gas is sent to the heat exchanger, where it is cooled, and in the second heat exchanger it is also cooled and the synthesis products are condensed. The methanol-water mixture is separated in the rectification column and sent to the collector and then to the rectification column [1].

Rectification column is a device used for rectification (purification, removal of impurities) of liquid or gas in chemical, oil and gas and other industrial processes. Plate-type rectification columns have become the most widely used. Plate rectification columns - column devices with contact devices in the form of plates.

Plates serve for the development of the contact surface of phases during the directed movement of phases and for the multiple movement of liquid and gas

(steam), and at the same time, the liquid moves in the apparatus from top to bottom, and gas (steam) moves from bottom to top [2].

The advantages include the following: will provide high intensity of mass exchange, ease of manufacture and installation, as well as low hydraulic resistance, compactness. Disadvantages: significant hydraulic resistance, complexity of manufacturing and installation, high costs should be determined.

The scheme of the plate-type rectification column is shown in Figure 1.

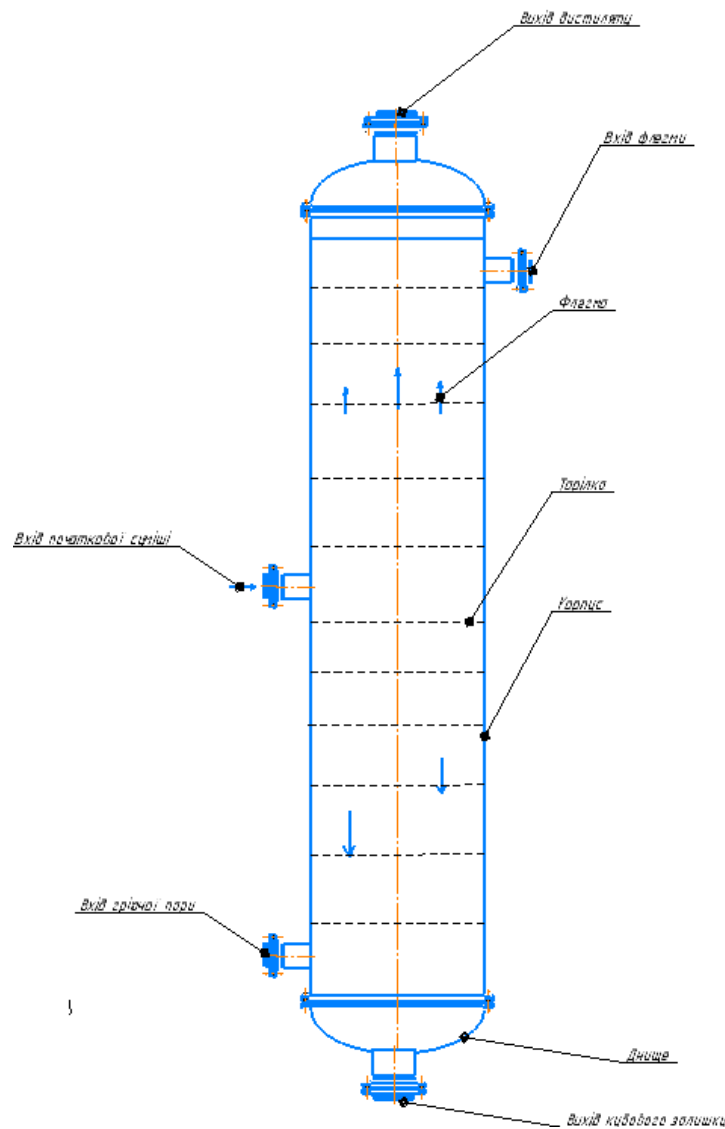
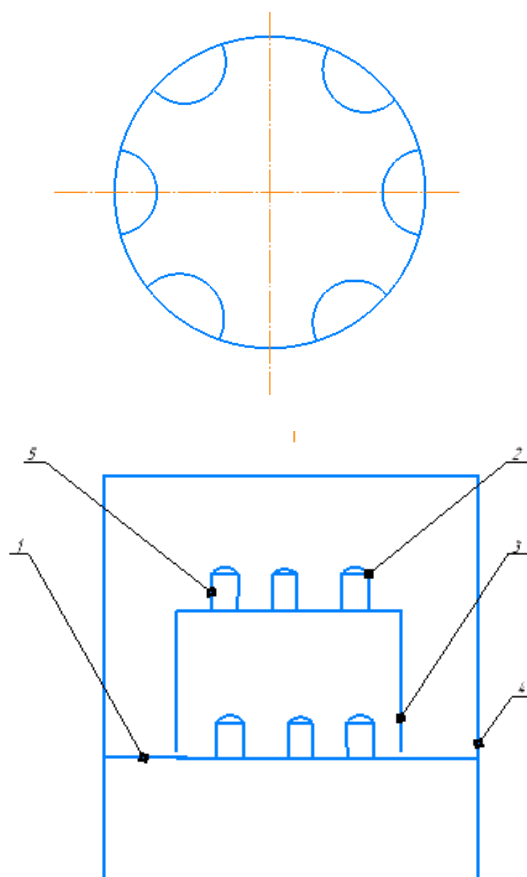


Figure 1 – Scheme of the rectification column

To equalize the concentration on the plate, it is suggested to install overflow devices on four sides of the plate. This will allow to level the concentration on the plate.



1 – plate, 2 – cap, 3 – overflow device, 4 – cap tube, 5 – body

Figure 2 – Scheme of modernization

### References

1. Yu.S. Chuhlib, A.R. Stepaniuk. Modernization of the rectification column of the methanol-water mixture installation // XXII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students, Post-graduate Students and Young Scientists, (Kyiv, December 5-7, 2023): collection of abstracts. -K.: NTUU "KPI", 2023. – Section 1. 3-4 p.

2. <https://studfile.net/preview/5993324/page:7/>from 04/12/2024

УДК 66.063.62, 62.93

**ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНЕ ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ (ДІВЕ) ТА ЙОГО  
РЕАЛІЗАЦІЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ РОТОРНО-  
ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТІВ**

д.т.н. Ободович О.М., гол. констр. Хоменко В.О., к.т.н. Сидоренко В.В,  
к.т.н. Степанова О.Є.

Інститут технічної теплофізики НАН України

*Анотація.* Проведено огляд конструктивних особливостей роторно-пульсаційних апаратів в яких реалізується метод дискретно-імпульсного вводу енергії – метод інтенсифікації тепломасообмінних процесів, що сприяє розробці та впровадженню енергозберігаючих технологій в різних галузях промисловості.

*Ключові слова:* ДІВЕ – дискретно-імпульсне введення енергії, РПА – роторно-пульсаційний апарат, інтенсифікація тепломасообмінних процесів, енергозберігаючі теплотехнології.

**DISCRETE-PULSE ENERGY INPUT (DPEI) AND ITS  
IMPLEMENTATION USING ROTOR-PULSATION APPARATUS**

Dr.Sc. Obodovych O.M., Khomenko V.O., Ph.D. Sydorenko V.V., Ph.D.  
Stepanova O.E.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

*ABSTRACT:* The article provides an overview of the design features of rotary-pulsation devices in which the method of discrete-pulse energy input is implemented-the method of heat and mass transfer process intensifiers, which

*contributes to the development, and implementation of energy-saving technologies in various industries.*

**Key words:** *discrete-pulse energy input, rotary-pulsation apparatus, intensification of heat-mass exchange processes, energy-saving heat technologies.*

Робота проводилась з метою показати реалізацію методу дискретно-імпульсного вводу енергії (ДІВЕ) шляхом застосування роторно-пульсаційних апаратів (РПА) та проведення аналізу існуючих модифікацій РПА, для інтенсифікації тепломасообмінних та гідродинамічних процесів в технологічних середовищах при розробці та впровадженні нових енергозберігаючих технологій в різних галузях промисловості.

В Інституті технічної теплофізики НАН України розроблено новий підхід до інтенсифікації тепломасообмінних процесів у гетерогенних системах, в основі якого лежить принципово новий метод дискретно-імпульсного вводу енергії (ДІВЕ), реалізація якого оптимально вирішує питання в багатьох технологічних процесах таких як: диспергування, емульгування, перемішування гомогенізація та ін. Роторно-пульсаційні апарати (РПА) представляють собою високоефективне малогабаритне обладнання для створення однорідних сумішей різних рідин з широкою можливістю їх застосування. За допомогою РПА оптимально вирішуються питання в багатьох технологічних процесах таких як: диспергування, емульгування, перемішування та гомогенізація різних систем, а саме порошкоподібних, рідких, багатокомпонентних, високо та низько в'язких середовищ в багатьох галузях промисловості. Найважливішим показником роботи РПА являється розмір дисперсних частинок емульсії, що отримується після обробки в РПА з механічної суміші взаємно нерозчинних рідин або компонентів, що важко змішуються. Взагалі, існує багато розробок роторно-пульсаційних апаратів різної конструкції в залежності від їх використання.

Дане обладнання може використовуватися як окрема установка так і встановлюватись в технологічних лініях.

Огляд існуючих модифікацій РПА в яких реалізується метод ДІВЕ, дозволяє зробити висновки щодо їх ефективного застосування в різних галузях промисловості таких як харчова, целюлозно-паперова, косметична, фармакологічна, хімічна, сільськогосподарська та інших галузях промисловості.

Важлива особливість даних апаратів в тому, що рух рідкого середовища має обертально-пульсаційний характер, який характеризується високими рівнями локальних швидкостей, прискорень, градієнтів тиску, нормальних та дотичних напруг, зміни яких відбуваються за дуже короткі проміжки часу і в обмежених об'ємах робочої зони апарату. До важливих процесів, що відбуваються в РПА, слід віднести виникнення турбулентних пульсацій, адіабатного закипання середовища, кавітації та акустичних ефектів. З цим пов'язані основні механізми силової дії на гетерогенне середовище з сторони робочих органів РПА.

Постійне вдосконалення конструкцій РПА та знаходження нових шляхів їх використання, де реалізується метод дискретно-імпульсного вводу енергії (ДІВЕ) для інтенсифікації гідродинамічних та тепломасообмінних процесів, відкриває подальші перспективи для впровадження цього типу апаратів, як складових інноваційних технологій і прогресивних виробництв.

UDC 661.5

**INNOVATIVE MODERNIZATION OF A REFRIGERATION UNIT FOR  
THE PRODUCTION OF CONCENTRATED NITRIC ACID: EFFICIENCY  
OF TURBULIZATION AND STABILIZATION**

Student Kizenko P.V., Ph.D., associate professor Novokhat O.A.

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

**Abstract.** Refrigeration unit modernization is given. Illustrations of refrigerator modernization are presented. Disadvantages and advantages are considered. Selection of equipment.

**KEY WORDS:** MODERNIZATION, COOLING, TURBULATION, REFRIGERATOR.

**Анотація.** Наведено модернізацію холодильної установки. Представлено ілюстрації модернізації холодильника. Розглянуто недоліки та переваги. Вибір холодильного обладнання.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МОДЕРНІЗАЦІЯ, ОХОЛОДЖЕННЯ, ТУРБУЛІЗАЦІЯ, ХОЛОДИЛЬНИК.

In today's world, the constant development of technologies requires constant improvement of production processes to achieve greater efficiency and optimize energy consumption. One of the most important stages in this process is the modernization of equipment used in industry. Within the framework of this diploma project, the modernization of the refrigerating plant, which is used for the production of concentrated nitric acid, is investigated. For this task, due to temperature differences between heat carriers, it is advisable to use a shell-and-tube heat exchanger with a lens compensator, or with U-shaped tubes, or with a

floating head. But since the refrigerating unit is vertical and coolants do not form condensate, it was decided to use a heat exchanger with U-shaped tubes.

One of the key aspects of modernization is the introduction of new components and technologies to improve the efficiency of heat exchange and reduce costs. The use of various flow turbulators deserves special attention. To increase the turbulence of the flow of nitric acid in the pipes, a turbulator was developed in the form of a rod with turbulating elements fixed on it and a spring retainer. The modernization model is presented in Figure 1.

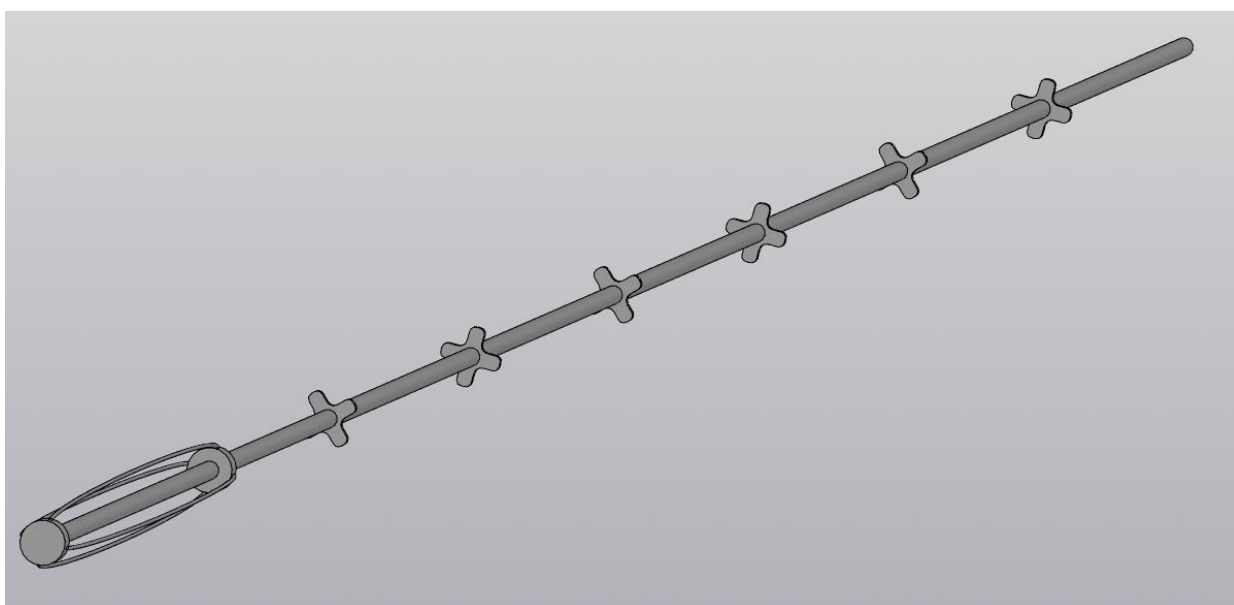


Figure 1 – Refrigeration unit modernization model

Therefore, the essence of the modernization consists in the introduction of a new component - a rod with turbulators and stabilizing springs at the end to eliminate vibration inside the pipe. The rod has cruciform turbulators (Figure 2), each of which is rotated 45 degrees to improve flow turbulence. And the spring retainer is designed to reduce vibration and oscillations during the operation of the device (Figure 3).



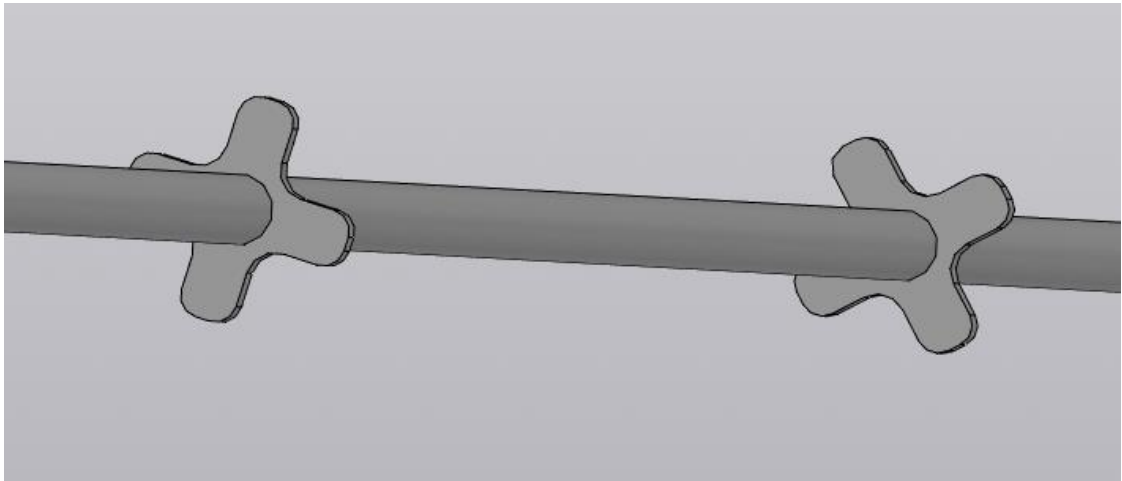


Figure 2 – Flow turbulators

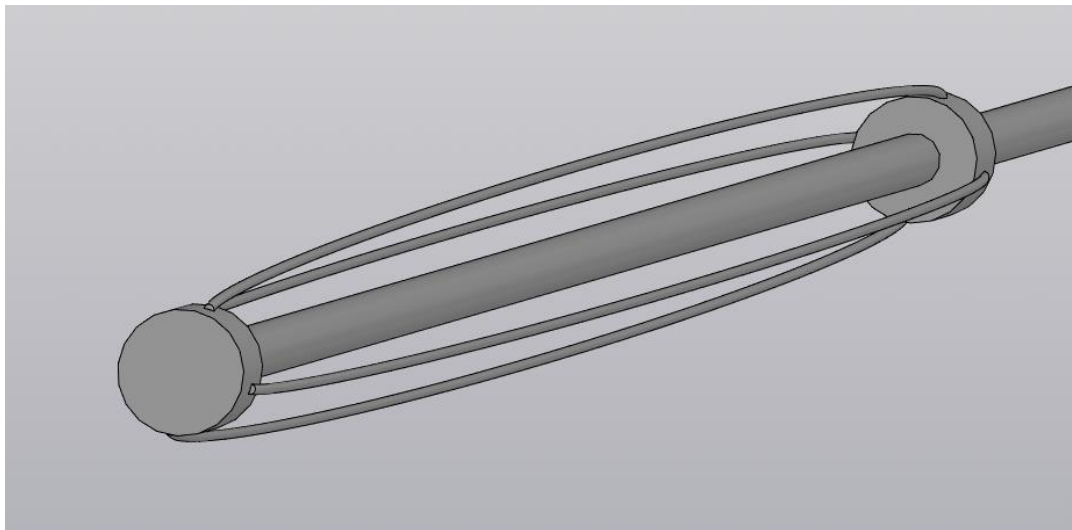


Figure 3 – Spring retainer

The disadvantages of installation are an increase in hydraulic resistance, the difficulty of cleaning the pipe space and the cost of the device as a whole.

The advantages of the modernization are the improvement of heat exchange due to the turbulence, which affects as a result of the flow of liquid through the pipeline, where turbulizers create virtual revolutions and turbulence inside the pipe, which increases the efficiency of the cooling or heating process. In addition, the central guide rod can improve heat distribution in the middle of the pipe, which can reduce energy consumption and improve product quality.

So, despite some drawbacks, retrofitting a chiller with turbulators and stabilizer pins has the potential to increase the cooling intensity of concentrated nitric acid.

**References:**

1. Heating and cooling equipment: tutorial. / S. M. Vasylenko, V. I. Pavelko, A. V. Forsyuk, etc.; in general ed. S. M. Vasylenko. K.: Lira-K, 2019. 258 p.
2. Khmelnyuk M. G., Podmazko O. S., Podmazko I. O. Refrigeration units and their use: textbook. Kherson: FOP Grin D. S., 2014. 484 p.

УДК 628.164

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ПОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ КОТЛІВ  
ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМІВ  
ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ**

д.т.н., професор Ободович О.М., к.т.н., Переяславцева О.О.,  
к.т.н., Степанова О.Є., к.т.н. Чернявський К.Є.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

***АНОТАЦІЯ.** Проведено аналіз підготовки та обробки води для енергооб'єктів. Досліджено, що підвищення надійності та подовження ресурсу котлів отримується за рахунок інтенсифікації процесу хімоводоочищення шляхом використання механізмів дискретно-імпульсного введення енергії для підготовки живильної води котлів.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНЕ ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ, РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНІ АПАРАТИ, КОТЛИ, ІНТЕНСИФІКАЦІЯ.*

**INCREASING THE RELIABILITY AND EXTENDING THE RESOURCE  
OF BOILERS BY USING DISCRETE-PULSE POWER INPUT  
MECHANISMS**

Dr. Sci., Professor Obodovych O.M., Ph.D., Pereyaslavtseva O.O.,  
Ph.D., Stepanova O.E., Chernyavskiy K.E.

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

***ABSTRACT:** An analysis of water preparation and treatment for energy facilities was carried out. It has been investigated that increasing the reliability and prolonging the resource of boilers is obtained due to the intensification of the*

*process of chemical water purification by using discrete-pulse energy input mechanisms for the preparation of boiler feed water.*

**KEY WORDS:** *DISCRETE-PULSE ENERGY INPUT, ROTARY-PULSATION DEVICES, BOILERS, INTENSIFICATION.*

При переробці харчової сировини широко використовуються теплові процеси: пастеризація, стерилізація, варіння, витопплення, дефростація, випарювання, сушка, випічка, обсмалювання тощо.

Аналіз використання теплоти на харчових підприємствах показує, що її витрата на технологічне теплоспоживання становить 45-60 %, гаряче водопостачання – 23-30 %, опалення і вентиляцію – 10-25 %, власні потреби – до 10 %. Тому харчові підприємства відносяться до енергомістких виробництв [1].

Питання підготовки та обробки води для енергооб'єктів нині набули особливої актуальності. Фізичні та хімічні властивості води і пари багато в чому визначають термін служби обладнання.

Накип, киснева і вуглекислотна корозія призводять до зниження теплопередачі, зменшення терміну служби і виходу з ладу обладнання, збільшення тепловтрат. Розчинені у воді кисень і вуглекислий газ підвищують швидкість корозії стали, особливо при підвищених температурах.

Дослідження щодо використання методу дискретно-імпульсного введення енергії для очищення води проводились в Інституті технічної теплофізики НАН України [2, 3].

Метою роботи є підвищення надійності та подовження ресурсу котлів за рахунок інтенсифікації процесу хімводоочищення шляхом використання механізмів дискретно-імпульсного введення енергії для підготовки живильної води котлів.

В таблиці наведено результати зміни фізико-хімічних показників води артезіанської в залежності від часу обробки методом дискретно-імпульсного введення енергії в роторно-пульсаційному апараті (товщина між циліндрового зазору 100 мкм) [2] за початкової температури 20 °С .

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники води артезіанської за різних умов обробки з використанням методу дискретно-імпульсного введення енергії

| Показник                | Вихідна вода | Одноразова обробка (1 цикл) | Обробка 5 циклів | Обробка 5 циклів + 0,01 % мас. NH <sub>4</sub> OH, % | Нормативні показники живильної води для котлів |
|-------------------------|--------------|-----------------------------|------------------|--|--|
| Водневий показник, рН   | 7,12         | 7,51                        | 7,81             | 9,05   | 8,5-10,5                                       |
| Загальна жорсткість, °Ж | 1,8          | 1,74                        | 1,72             | 0,36   | 0,04   |

Таким чином, додавання до вихідної води гідроксиду амонію у кількості 0,008-0,015 % з наступною обробкою за використання методу дискретно-імпульсного введення енергії в роторно-пульсаційному апараті забезпечує суттєве зниження жорсткості води.

### Перелік посилань

1. Кисс В.В., Казаков А.В., Рахманов Ю.А. Расчёт паровой системы теплоснабжения пищевого предприятия: Учебно-методическое пособие. – Санкт-Петербург: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. – 68 с. – 100 экз.

2. Долінський А.А., Коник А.В., Радченко Н.Л. Вплив миттєвого зниження тиску на властивості води. Високочастотні гідродинамічні коливання. Наукові праці НУХТ 22(3). 2016. 157-165.

3. Долінський А.А. Реалії сьогодення та перспективи майбутнього підготовки питної і технологічної води/ А.А. Долінський, О.М. Ободович, В.В. Сидоренко, Н.А. Гусятинська // Наукові праці НУХТ. – 2018. – т. 24, № 2. – 247-255.

UDC 661.487.1

## IMPROVEMENTS TO THE FLOATING HEAD SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER

associate professor, Ph.D. Novokhat O.A., student Yeltishchiev I.P.

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

**ANNOTATION:** *Ways to intensify heat transfer in a shell-and-tube heat exchanger with a floating head by improving the baffles are considered; a description of the improvement is given and the way in which the required result is achieved is indicated.*

**KEYWORDS:** IMPROVEMENT, FLOATING HEAD HEAT EXCHANGER, BAFFLES, HEAT EXCHANGE.

## ВДОСКОНАЛЕННЯ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМІННИКА З ПЛАВАЮЧОЮ ГОЛІВКОЮ

доцент, к.т.н. Новохат О.А., студент Єлтіщев І.П.

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

**АНОТАЦІЯ:** *Розглянуто шляхи інтенсифікації теплообміну в кожухотрубному теплообміннику з плаваючою голівкою, завдяки вдосконаленню перегородок; надано опис вдосконалення та вказано яким чином досягається необхідний результат.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ВДОСКОНАЛЕННЯ, ТЕПЛООБМІННИК З ПЛАВАЮЧОЮ ГОЛІВКОЮ, ПЕРЕГОРОДКИ, ТЕПЛООБМІН.

Shell and tube heat exchangers with a floating head are typically used for high temperature differences to compensate for the expansion of the tubes in a tube bundle. The tubes are attached to a floating head that can move freely along the heat exchanger to compensate for thermal expansion of the tubes[1].

Typical problems with such heat exchangers include the following[2]:

- Corrosion;
- Low heat transfer coefficient;
- Difficulty of cleaning.

The heat transfer coefficient can be increased by adding baffles inside the heat exchanger. Standard baffles, while increasing the heat transfer coefficient, lead to uneven fluid distribution and create a large "dead zone" for the coolant to pass through.

In order to increase the heat transfer coefficient and avoid "dead zone", it is proposed to improve the baffles. The baffles in the inter-pipe space will be designed in different shapes to create a certain flow movement, which will improve the uniformity of the pipe flow and reduce the established "dead zones". Also, some openings in the baffles will be enlarged to improve the flow in some cross-sectional areas, creating coolant jets to turbulence the flow in the next conventional chamber between the baffles.

The scheme of the baffles is shown in Figure 1.



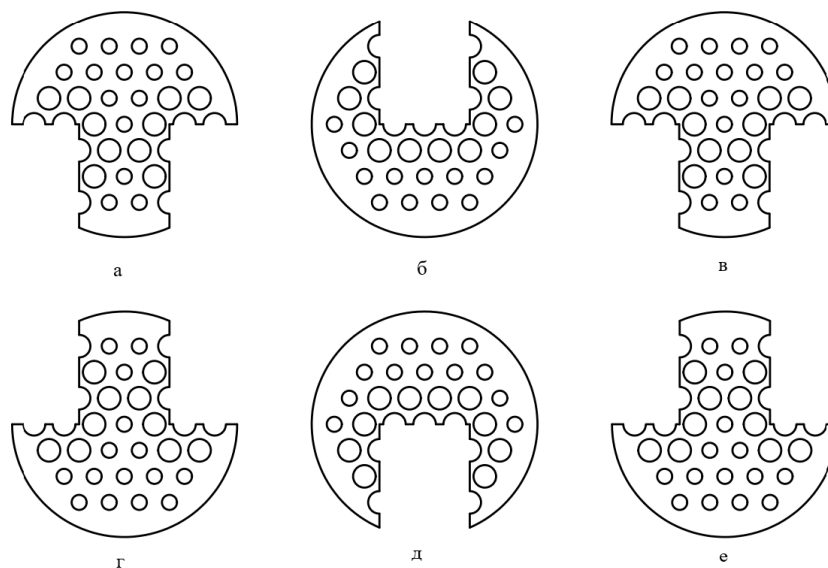


Figure 1 - Scheme of the baffles: а) first baffle (lower side openings), б) second baffle (upper center opening), в) third baffle (lower side openings), г) fourth baffle (upper side openings), д) fifth baffle (lower center opening), е) sixth baffle (upper side openings)

After the heating steam enters the intertube space of a horizontal shell-and-tube floating head heat exchanger through the upper connection, the flow moves downward, splits, and passes through baffle а(1). After that, it rises and connects through baffle б(2), and then moves downward, where it is again divided and passes through baffle в(3). Then, the flow through the baffles г(4), д(5), and е(6) in the reverse order as described above, i.e., it rises, separates, descends, merges, rises, and separates. This cycle is repeated, so if necessary, six or more additional baffles can be added.

This flow movement increases the heat transfer coefficient by reducing inactive zones with low flow and increasing its turbulence.

### References:

1. Новіков В. П. Обладнання технологічних процесів фармацевтичних та біотехнологічних виробництв : навч. посібник для студ. вищ. навч.

заклад. / М. В. Стасевич, А. О. Милянч, І. О. Гузьова [та ін.] ; за ред. В. П. Новікова. – Вінниця : Нова Книга, 2012. – 408 с. – с. 242-244. – ISBN 978-966-382-441-3

2. Heat Exchangers: Selection, Rating and Thermal Design, Third Edition / Sadik Kakaç, Anchasa Pramuanjaroenkij, Hongtan Liu // Taylor & Francis. – 2012. – 615 с. – с. 8-13. – ISBN 978-1-4398-4990-3

УДК 630

**ТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА СУШІННЯ ТВЕРДИХ ДИСПЕРСНИХ  
МАТЕРІАЛІВ З ВЛАСНОЮ ПІДГОТОВКОЮ ПАЛИВА В ЯКОСТІ  
РЕСУРСІВ**

Кремньов В.О., Тимощенко А.В., Шпільберг Л.Ю., Корбут Н.С.

**Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України**

*АНОТАЦІЯ.* Робота присвячена створенню уніфікованого комплексу одержання генераторного газу і його застосування для організації процесу сушіння твердих дисперсних матеріалів.

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

**TECHNOLOGICAL SYSTEM OF DRYING SOLID DISPERSED  
MATERIALS WITH OWN PREPARATION OF FUEL AS RESOURCES**

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

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

*ABSTRACT.* The paper is devoted to the creation of a unified complex for the production of generator gas and its use for the organization of the drying process of solid dispersed materials.

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

**Мета роботи.** Створити уніфікований комплекс одержання генераторного газу і його застосування для організації процесу сушіння твердих дисперсних матеріалів (як паливної тріски так і цільової продукції).

**Результати.** Технологічна система, що розробляється, базується на підготовці і використанні за призначенням паливної тріски на основі палива із нетоварних відходів лісівництва для сушіння як самох тріски так і широкого спектру твердих дисперсних матеріалів.

Розробка виконана в результаті сумісної діяльності учасників консорціуму ІТТ (інтенсифікація теплових технологій) і призначена для оснащення виробництв деревної паливної тріски, біодобрив та інших технологій зневоднення твердих дисперсних матеріалів, які допускають безпосередній контакт з продуктами згоряння генераторного газу [1, 2].

При розробці комплексу застосовані інноваційні технічні рішення щодо:

- одержання генераторного газу із деревної паливної, попередньо висушеної тріски, з підвищенням вмісту кисню у окислину за допомогою мембрани;
- методу і пристрою вологого очищення генераторного газу;
- утилізації теплоти охолодження робочої камери газогенератора;
- сушіння твердих дисперсних матеріалів у роторно-вихрових сушарках засобами трансформації проточної частини для оптимізації технологічного процесу (швидкість ротору, змінні перегородки, перепускні вікна, тощо);
- система автоматичного керування сумісною роботою газогенератора і сушарки.

До техніко-економічних переваг комплексу належать:

- висока заводська готовність;
- автономність;
- компактність;

- енергоефективність.

**Висновок.** Розроблений комплекс дозволяє компонувати застосування модульного принципу енергоефективні підприємства будь-якої необхідної продуктивності на основі уніфікованого устаткування з високою заводською готовністю. Крім того розроблені комплекси можливо застосовувати у комбінованих технологічних системах сушки [3].

### **Перелік посилань:**

1. Кремньов В.О., Тимощенко А.В., Беляєв Г.В., Беляєва І.П., Жуков К.Л., Корбут Н.С., Стецюк В.Г. Системна інтенсифікація тепло- і біотехнологічних процесів при утилізації ресурсоцінних відходів біологічного походження на території об'єднаних територіальних громад/ Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій 2022. 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>

2. Тимощенко А.В., Корбут Н.С., Стецюк В.Г. Димогазовий енерго-технологічний комплекс з роторно-вихровою сушаркою та газогенератором для сушіння твердих дисперсних матеріалів / Матеріали XII Міжнар. онлайн конф. «ПРОБЛЕМИ ТЕПЛОФІЗИКИ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ», 26 – 27 жовтня 2021 року, м. Київ С. 69.

3. 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.

УДК 532.528

**ВИКОРИСТАННЯ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТУ ДЛЯ  
ЗНИЖЕННЯ ТИМЧАСОВОЇ ЖОРСТКОСТІ ВОДИ**

д.т.н., професор Ободович О.М., к.т.н., Переяславцева О.О.,  
к.т.н., Степанова О.Є.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

***АНОТАЦІЯ.** Проведено аналіз недоліків методів підготовки води. Визначено можливості зниження тимчасової жорсткості води за рахунок роторно-пульсаційних апаратів, які працюють по принципу дискретно-імпульсного введення енергії.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНЕ ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ, КАВІТАЦІЯ, РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ АПАРАТ, ЖОРСТКІСТЬ.*

**USE OF ROTOR-PULSATION DEVICE TO REDUCE TEMPORARY  
WATER HARDNESS**

Dr. Sci., Professor Obodovych O.M., Ph.D., Pereyaslavtseva O.O.,

Ph.D., Stepanova O.E.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

***ABSTRACT:** An analysis of the shortcomings of water treatment methods was carried out. The possibility of reducing the temporary hardness of water due to rotary-pulsation devices that work on the principle of discrete-pulse energy input has been determined.*

***KEY WORDS:** DISCRETE-PULSE ENERGY INPUT, CAVITATION, ROTARY-PULSATION DEVICE, RIGIDITY.*

Питання підготовки води в харчовій та інших галузях промисловості завжди залишалось актуальним. Відомі різні способи пом'якшення води: термічні, реагентні, іонообмінні. Є також безреагентні способи, до яких відносяться електрохімічні, включаючи електродіаліз, мембранні, зворотньоосмотичні. Всі вони позбавлені селективності, тому разом з солями жорсткості видаляють інші розчинені у воді речовини, що небажано, особливо в харчовій промисловості, де необхідно зберігати визначений рівень природної мінералізації води для того, щоб отримувати повноцінні за мінеральним складом харчові продукти.

Метою цієї роботи було визначення можливості зниження тимчасової жорсткості води за рахунок обробки в роторно-пульсаційному апараті.

Наразі існує різноманіття видів роторно-пульсаційних апаратів, котрі працюють по принципу дискретно-імпульсного введення енергії. При обробці рідких середовищ і води в роторно-пульсаційних апаратах відбуваються різноманітні фізико-хімічні процеси, найбільш важливими з яких є кавітація. В роторно-пульсаційних апаратах є три види кавітації: гідродинамічна, парова та акустична. Явище кавітації пов'язано зі схлопуванням бульбашок з первинно перегрітою парою в рідині, при цьому виділяється велика кількість енергії, що витрачається на зниження тимчасової жорсткості.

Ефект досягається за рахунок надтеплого механізму переведення розчинених бікарбонатів в нерозчинну карбонову форму. Механізм реакцій заснований на руйнуванні пульсаціями тиску, викликаних кавітацією, що розповсюджуються у воді, гідратних оболонок розчинених та існуючих у вигляді іонів карбонатів  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  та  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , тобто на дегідратації іонів та стимулюванні тим самим переходу цих солей

жорсткості в аморфну колоїдну форму  $\text{CaCO}_3$  та  $\text{MgCO}_3$ , котра може існувати у гарячій воді, не кристалізуючись та не створюючи інкрустуючих відкладень на твердих стінках.

Ефект зниження тимчасової жорсткості води при обробці в роторно-пульсаційних апаратах залежить від конструктивних особливостей апаратів та режимів обробки і може досягати 100 %.

### **Висновок:**

В роботі показано можливість зниження тимчасової жорсткості води практично до 100 % за рахунок обробки в роторно-пульсаційних апаратах. Показано вплив кавітаційного механізму переведення розчинених бікарбонатів в нерозчинну карбонову форму.

### **Перелік посилань:**

1. Фрог Б.Н., Первов А.Г. Водоподготовка. Учеб. пособие для вузов: – М.: Издательство АСВ, 2015. – 512 с.
2. Долинский А.А. Метод дискретно – импульсного ввода энергии и его реализация/ А.А.Долинский, А.Н. Ободович, Ю.А. Борхаленко – Харьков: Вірованець А.П. “Апостроф”, 2012. – 184 с.
3. Микро- и наноразмерные процессы в технологиях ДИВЭ: Тематический сборник статей /под общей ред. А.А. Долинского; Институт технической теплофизики НАН Украины. – К.: Академперіодика, 2015. – 464 с.



## ПЕРЕМІШУВАЛЬНИЙ АПАРАТ З ПОДРІБНЮВАЧЕМ

студент Даніхно Р.М. доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Анотація:** Дана робота розглядає перемішувальний апарат з подрібнювачем для приготування сумішей, суспензій та емульсій. Представлений апарат має резервуар для перемішування, рамну мішалку, лопаті потоку та обертовий подрібнювач з розсікаючими лезами.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПЕРЕМІШУВАЧ, ЛОПАТІ ПОТОКУ, ОБЕРТОВІ РОЗСІКАЮЧИ ЛЕЗА.

**Annotation:** This work considers a mixing device with a micronizer for the preparation of mixtures, suspensions and emulsions. The presented apparatus has a mixing tank, a frame stirrer, flow blades and rotating shearing blades.

**KEY WORDS:** AGITATOR, FLOW BLADES, ROTATING SHEARING BLADES.

Перемішуванням рідкого середовища це процес багаторазового відносного пересування макроскопічних елементів об'єму рідкого середовища при введенні в цей об'єм енергії за допомогою перемішувального пристрою, потоку рідини, газу або пари.

Основними параметрами процесу перемішування є ефективність, інтенсивність і витрати енергії на його проведення

Рамні мішалки застосовують для перемішування великих обсягів сумішей з високою в'язкістю. Вони мають лопаті у вигляді рами, що складається з окремих горизонтальних, вертикальних, а іноді і похилих лопатей, пов'язаних між собою для більшої жорсткості [1].

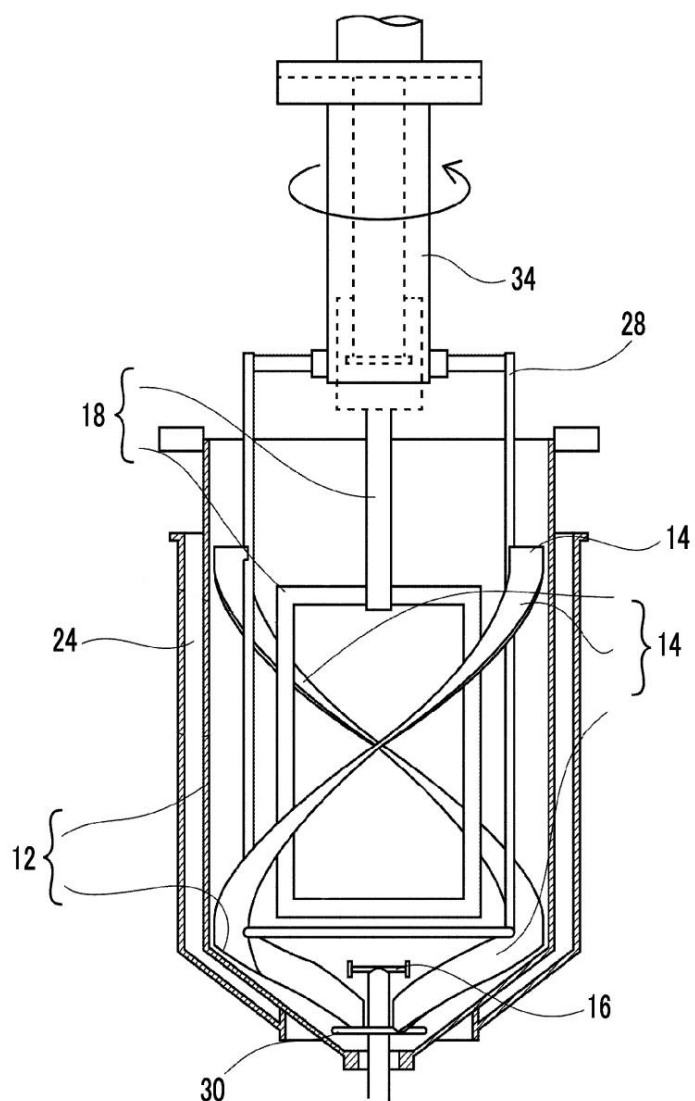
Розглянутий сучасний перемішувальний апарат від фірми «Sumitomo heavy industries process equipment Co LTD» (див. рис. 1) має центральну рамну мішалку, лопаті потоку, що штовхають рідину, яка підлягає обробці, донизу де розташовано обертаючий диск з лезами (див. рис. 2), якій подрібнює частинки у рідині, та штовхає потік угору. Таким чином рідина багаторазово циркулює, перемішується з подрібненням частинок. Конструкція виконана таким чином, що мішалка, лопаті та подрібнювач мають власні приводи та обертаються у різних напрямках та з різними швидкостями [2].

Даний перемішувальний апарат дозволяє досить ефективно проводити тонке подрібнення та розподіл твердого матеріалу або рідини у об'ємі для отримання суспензій, емульсій тощо.

Завдяки обертанню потокових лопатей утворюється потік рідини, спрямований до дна резервуару, де встановлено подрібнювач. Оскільки потік рухається у протилежному напрямку щодо обертання різального леза обробці піддаються більше частинок.

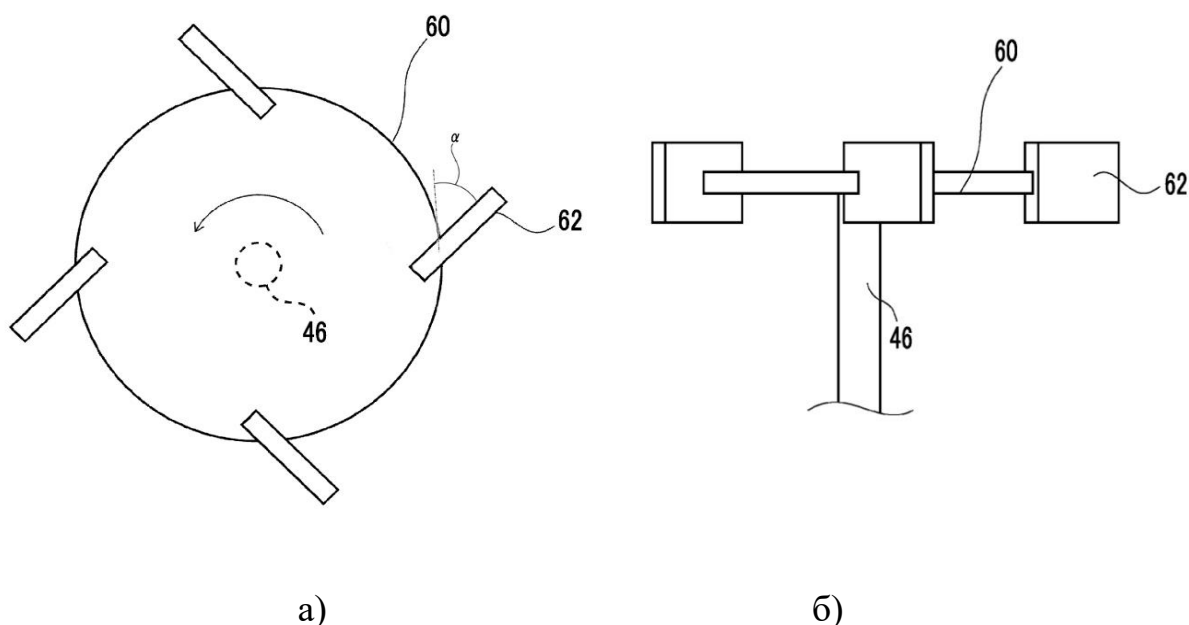
Також експериментально винахідники виявили, що кут встановлення лез на диску подрібнювача (див. рис. 2. а) суттєво впливає на силу розсікання лезом частинок. Так рекомендовано встановлювати кут нахилу до дотичної від 15 до 60 градусів в залежності від швидкості обертання.

Відповідно, навіть коли швидкість обертання різального леза встановлена на низькі оберти, можливе виникнення мікронізуючого ефекту, який дорівнює або вищий, ніж у випадку, коли різальне лезо обертається з високою швидкістю в мішалках у яких не відрегульовано обертання лез.



12 – резервуар; 14 – потокові лопаті; 16 – подрібнювач; 18 – якірна мішалка;  
24 – сорочка; 28 – привід лопатей; 30 – опорне кільце; 34 – привід мішалки

Рисунок 1 - Вертикальний поперечний переріз апарата



46 – привідний вал подрібнювача; 60 – диск; 62 – леза;

Рисунок 2 – Подрібнювач а) вид зверху; б) вид збоку

Підтримуючи швидкість обертання ножа на низькій швидкості, можна збільшити термін служби витратних матеріалів, включаючи ущільнення між резервуаром та приводним валом подрібнювача. Крім того, значно зменшується утворення тепла, викликане обертанням приводного валу подрібнювача і температуру в резервуарі можна контролювати в задовільній мірі.

#### Перелік посилань:

1. Мікульонок І. О. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси та обладнання хімічної технології : підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]. – К.: НТУУ, «КПІ», 2014. – 340 с.

2. Agitator: Пат. US2024/0075438 A1, США: МКП B01F 27/113 (2006.01), B01F 23/53 (2006.01), B01F 27/072 (2006.01), B01F 27/1145 (2006.01), B01F 27/1923 (2006.01), B01F 27/91 (2006.01), B01F 27/92 (2006.01); заявл. 10.11.2023; опубл. 7.03.2024

3. url:

[https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=2024075438A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20240307&DB=EPODOC&locale=en\\_EP](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=US&NR=2024075438A1&KC=A1&FT=D&ND=3&date=20240307&DB=EPODOC&locale=en_EP)

УДК 628.8

## МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ВІД ШКІДЛИВИХ ДОМІШОК

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

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

***АНОТАЦІЯ.** Розглянуто методи очищення повітря від шкідливих домішок. В Інституті технічної теплофізики НАН України визначено ефективність застосування плазмохімічного методу очищення повітря.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ, ОЗОН, ПЛАЗМОХІМІЧНИЙ МЕТОД, ФОТОКАТАЛІТИЧНИЙ МЕТОД.*

## METHODS OF CLEANING THE AIR FROM HARMFUL IMPURITIES

Ph.D. Stepanova O.E., Kovalev V.I., Chalaev M.D.

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

***ABSTRACT:** Methods of air purification from harmful impurities are considered. The Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine determined the effectiveness of the use of plasma-chemical method of air of air purification.*

***KEY WORDS:** CLEANING METHODS, OZONE, PLASMA CHEMICAL METHOD, PHOTOCATALYTIC METHOD.*

Незадовільна якість повітря у приміщеннях є серйозним фактором ризику для здоров'я людини та збереження матеріальних цінностей. Мікробіологічних забруднювачів існує величезна різноманітність – від пилку і спор рослин до бактерій, грибків, водоростей та деяких найпростіших, що потрапляють повітрям із довкілля, а також до мікроорганізмів і алергенів, які передаються від людини до людини [1].

На даний час існує велика кількість методів очищення повітря від шкідливих домішок ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ , оксид вуглецю, різноманітні органічні та неорганічні речовини). Серед яких, абсорбційний та адсорбційний методи, термічне допалювання, термokatалітичні, озонні, плазмохімічні, фотokatалітичні та інші методи.

Застосування озону для дезодорації газових викидів засноване на окисному розкладанні речовин, що погано пахнуть. В одній групі методів озон вводять безпосередньо в гази, що очищаються, в іншій – гази промивають попередньо озонованою водою. Застосовують також подальше пропускання озонованого газу через шар активованого вугілля або подачу на каталізатор. При введенні озону і подальшому пропусканні газу через каталізатор температура перетворення таких речовин як аміни, ацетальдегід, сірководень та ін. знижується до 60-80 °C. Основне застосування озонні методи дезодорації знаходять при очищенні газів, що виділяються при переробці сировини тваринного походження на м'ясо- (жиро-) комбінатах та в побуті [2].

Плазмохімічний метод заснований на пропущенні через високовольтний розряд повітряної суміші зі шкідливими домішками. Використовують, як правило, озонатори на основі бар'єрних, коронних або ковзних розрядів, або високочастотні імпульсні розряди на електрофільтрах. Повітря з домішками, що проходить низькотемпературну плазму, піддається бомбардуванню електронами та іонами. В результаті в газовому середовищі утворюється атомарний кисень, озон, гідроксильні групи, збуджені молекули та атоми, які беруть участь у плазмохімічних реакціях зі шкідливими домішками. Основні напрями застосування даного методу йдуть по видаленню  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  і органічних сполук. Використання аміаку, при нейтралізації  $\text{SO}_2$  та  $\text{NO}_x$ , дає на виході після реактора порошкоподібні добрива  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  та  $\text{NH}_4\text{NH}_3$ , які фільтруються.

Зараз широко вивчається та розвивається фотокаталітичний метод окислення органічних сполук. В основному використовуються каталізатори на основі  $TiO_2$ , які опромінюються ультрафіолетом. Відомі побутові очищувачі повітря японської фірми Daikin, що використовують цей метод. Недоліком методу є засмічення каталізатора продуктами реакції. Для вирішення цього завдання використовують введення в очищувач суміш озону, проте дана технологія може застосовуватися для обмеженого складу органічних сполук і при невеликих концентраціях.

В Інституті технічної теплофізики розроблена дослідно-експериментальна установка для оптимізації параметрів процесів плазмохімічного знезаражування повітря з блоком рекуперації теплоти. Проведені експериментальні дослідження показали високу ефективність даних методів очищення.

#### **Перелік посилань**

1. Ефективне знезараження повітря у приміщеннях: метод від науковців Академії [електронне джерело]. Режим доступу: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=7101>.
2. Описание существующих методов очистки воздуха от вредных газообразных примесей [електронне джерело]. Режим доступу: [www.air-cleaning.ru/d\\_method\\_rev.php](http://www.air-cleaning.ru/d_method_rev.php).



УДК 66.03

## МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА СУПЕРФОСФАТІВ З РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Анотація:** Розглянуто три патенти, які описують методи модернізації традиційної барабанної сушарки, проаналізовано їх принцип дії та наведено переваги та недоліки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МОДЕРНІЗАЦІЯ, СУПЕРФОСФАТ, БАРАБАННА СУШАРКА, СУШІННЯ ДОБРІВ.

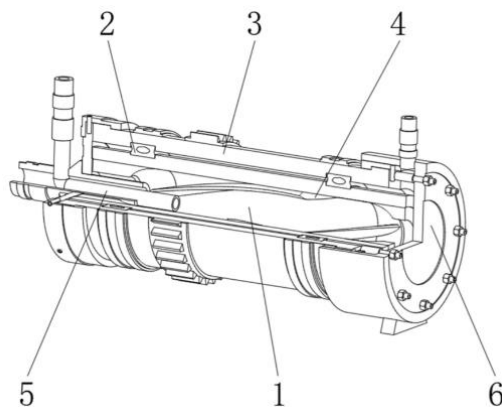
Розглянемо патент CN117308533A[1], який описує новий вид барабанної сушарки, яка призначена для сушіння органічно-неорганічних полімерних вологоутримуючих добрив. Головною проблемою традиційних сушарок є нерівномірне сушіння, причиною якого є збивання добрив у грудки. Через це зовнішня частина висихає швидше, а внутрішня залишається вологою ще певний проміжок часу. Це запобігає об'єктивному плануванню процесу сушіння та контролю якості готового продукту.

Описаний патент пропонує використовувати конструкцію з двох барабанів (рисунок 1): зовнішнього та внутрішнього. Зовнішній барабан має у своїй конструкції рухомі торцеві плити, що дозволяють регулювати тиск на внутрішній барабан в залежності від завантаженості добривами. Внутрішній барабан має спіральні ребра, які переміщують добрива всередині під час сушіння та попереджують їх збивання. Також між двома барабанами

встановлені спеціальні датчики, які аналізуються параметри під час сушіння та ефективно їх регулюють.

Очевидними перевагами запропонованої сушарки є покращення якості готового продукту після сушіння завдяки кращому перемішуванню добрив всередині та регуляції тиску. Датчики дозволяють в автоматичному режимі регулювати параметри процесу залежно від заданих початкових параметрів. Як результат, ризик недосушування добрив зменшується.

Потенційними недоліками є складність конструкції: більш великі габарити порівняно з традиційним обладнанням не завжди зможе бути встановленим всередині деяких приміщень; програмування датчиків та їх обслуговування потребує додаткового персоналу, що не завжди є доцільним рішенням.



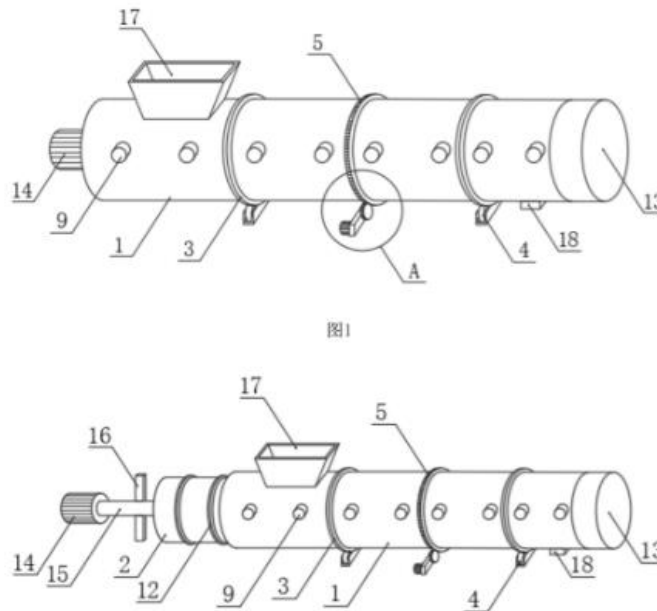
1. Внутрішній ролик; 2. Опорне кільце; 3. Зовнішній ролик; 4. Ребриста пластина; 5. Перша торцева пластина; 6. Друга торцева пластина;

Рисунок 1 – Конструкція сушарки

В цілому, винахід пропонує вирішення розповсюдженої проблеми та може бути застосований як варіант модернізації барабанної сушарки для сушіння суперфосфату.

Патент CN219890025U [2] описує барабанну сушарку для ефективного сушіння органічних добрив (рисунок 2). Конструкція даної

сушарки має певні відмінності порівняно з традиційним апаратом, які буде розглянуто далі.



1. Зовнішній циліндр; 2. Внутрішній циліндр; 3. Обертове кільце; 4. Ролик; 5. Зубчасте кільце; 9. Втулка; 12. Нагрівальне кільце; 13. Вентилятор; 14. Другий двигун; 15. Обертове кільце; 16. Евакуаційна пластина; 17. Завантажувальний отвір; 18. Випускний отвір.

Рисунок 2 – Конструкція барабанної сушарки

Перевагами даного винаходу є ударна установка яка забезпечує ефективно подрібнення грудок добрив при сушінні, та не дає їм прилипати до поверхні самих циліндрів. До конструкції було додано нагрівальні кільця, що розташовані між зовнішнім та внутрішнім циліндрами для рівномірного нагрівання добрив. Потенційною перевагою також можна назвати додатковий двигун та стрижень, що дозволяють ефективніше перемішувати добрива в процесі сушіння.

Потенційними недоліками можуть стати: підвищене електроспоживання через встановлення нагрівальних кілець та додаткового двигуна. В такому випадку потрібно проводити дослід зі встановленням різниці ефективності

запропонованої та традиційної установок. Також через додаткові елементи конструкція стає складнішою як для роботи з нею, так і обслуговування та ремонту.

Патент CN117433261A [3] пропонує удосконалення барабанної сушарки для сушіння порошків (рисунок 3). Особливістю даного апарату є додані рухомі механізми, такі як механізм підкидання матеріалу для забезпечення рівномірного сушіння, механізм збору готового порошку після сушіння та механізм від прилипання матеріалу до стінок барабану.

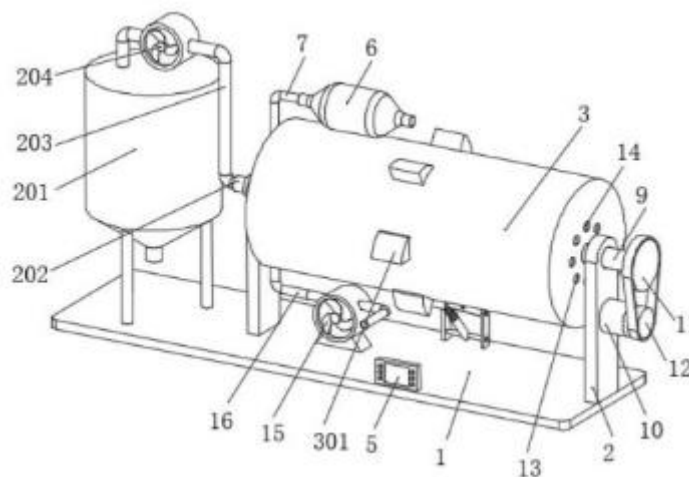


Рисунок 3 – Барабанна сушарка для сушіння порошків

Перевагами даної сушарки є рівномірне сушіння порошків завдяки безперервному обертанню апарата та автоматичного контролю цього самого процесу. Автоматичний збір дозволить спростити вивантаження готового порошку.

Недоліками можуть стати додаткові вібрації елементів конструкції, через додаткові рухомі елементи всередині робочої зони апарату. Як результат, це може зменшити довговічність цих елементів та подовжити строки обслуговування апарату. Не варто забувати і про складність самої конструкції через додані механізми.

**Висновок:** Після розгляду патентів, які мають на меті покращити барабанну сушарку, можна сказати, що запропоновані рішення є цікавими для подальшого вибору модернізації барабанної сушарки для сушіння добрив, а саме суперфосфату. Варто зазначити, що запропоновані патенти вирішують майже однакові проблеми традиційної установки, але пропонуючи при цьому різні варіанти їх вирішення.

**Список використаної літератури:**

1. Dryer for producing organic-inorganic polymeric water-retaining fertilizer : пат. CN117308533A Китай : F26B11/04. Заявл. 08.10.2023 ; опубл. 29.12.2023.

URL:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/089273406/publication/CN117308533A?q=pn=CN117308533A>.

2. Roller dryer facilitating uniform drying of organic fertilizer : пат. CN219890025U Китай : F26B11/06. Заявл. 07.04.2023 ; опубл. 24.10.2023.

URL:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/088403516/publication/CN219890025U?q=pn=CN219890025U>.

3. Powder drying equipment : пат. CN117433261A Китай : F26B11/06. Заявл. 18.12.2023 ; опубл. 23.01.2024. URL:

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/089550162/publication/CN117433261A?q=pn=CN117433261A>.

УДК 66.047.3

## РОЗРАХУНОК СКЛАДУ ДИСПЕРСНОГО ШАРУ МІНЕРАЛЬНО-ГУМІНОВИХ КОМПОЗИТІВ

ст. викладач Сачок Р.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

*Анотація.* Наведено підходи до апроксимації дисперсного складу гуміново-мінеральних композитів та підходи до її розрахунку

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДИСПЕРСНИЙ СКЛАД, АПРОКСИМАЦІЯ, ГАММА ФУНКЦІЯ.

Розвиток постіндустріального суспільства викликає збільшення техногенного та антропогенного тиску на довкілля, що має негативні наслідки – збільшення обсягів промислових відходів та зниження родючості земель. Так, загальний обсяг накопичених відходів у поверхневих сховищах України перевищує 25 млрд.т. Щорічний обсяг забруднення, який припадає на 1 км<sup>2</sup> в Україні, у 6,5 рази вищий, ніж у США, та в 3,2 рази, ніж у всіх країнах ЄЕС, в тому числі, частка хімічної промисловості – 35 млн. т. За рік на вітчизняних виробництвах капролактаму утворюється до 500 тис. м<sup>3</sup> водних розчинів сульфату амонію та до 100 тис. м<sup>3</sup> аміачної води на виробництвах аміаку. У цих відходах міститься значна кількість азоту та гумінових речовин.

З іншого боку, для забезпечення продовольчих потреб Україна змушена збільшити розораність своїх ґрунтів до 57%, що майже в 2 рази більше, ніж в розвинених країнах західної Європи і в 3 рази більше, ніж в США. Існуюча в світі система компенсації витрат поживних речовин в ґрунті базується на внесенні мінеральних добрив на рівні 300 і більше кілограмів

діючої речовини на 1 га з оптимальним співвідношенням азотних, фосфорних і калійних компонентів. В Україні до 1990 р. вносилося 180 кг діючої речовини на 1 га азотних, фосфорних і калійних добрив у відповідних співвідношеннях, але, починаючи з 1996 р., цей показник зменшився більше, ніж в 7 разів і становить близько 21 кг д. р. на 1 га і це, в основному, азотні добрива. Сукупність дії цих факторів призвела до того, що середній щорічний винос гумінових речовин в Україні за останні 80 років збільшився в 1,6 рази.

Тому створення технології виробництва гранульованих мінерально-гумінових добрив з пошаровим розподіленням мінеральних, поживних, розкислюючих компонентів та гумінових речовин дозволить зберегти екологічну рівновагу в країні шляхом відновлення родючості ґрунтів. В свою чергу, застосування техніки псевдозрідження для інтенсифікації процесів тепло- масообміну, які відбуваються при гранулоутворенні мінерально-гумінових твердих композитів із заданими властивостями з рідких систем, визначає енергоефективність процесу, що на тлі енергетичної та економічної кризи вкрай важливо.

На кафедрі МАХНВ розроблено спосіб одержання гранульованого сульфату амонію зі змінним вмістом гумінових, мінеральних, поживних і розкислюючих речовин, які при проведенні агродосліджень показали значно більшу ефективність у порівнянні з аміачною селітрою.

Для реалізації цього способу найбільш ефективним є застосування техніки псевдозрідження для зневоднення композитних розчинів. [1]

Разом з тим, при проведенні промислових випробувань дослідно-промислового апарату виникали складності зі стабілізацією гранулометричного складу частинок в псевдозрідженому шарі в

стаціонарному режимі. Це негативно впливало на енергоефективність самого процесу і якість гранульованого продукту. [1]

Встановлення закономірностей динамічної рівноваги дисперсного складу частинок в апараті при реалізації безперервного процесу одержання мінерально-гумінових твердих композитів забезпечить підвищення ефективності процесу.

Тому розроблення ефективного процесу для одержання багат шарових мінерально-гумінових твердих композитів та обладнання для його проведення є актуальним.

На рисунку 1 наведено порівняння заданого дисперсного складу готового продукту, крива 2, та реального масового розподілення, крива 1.

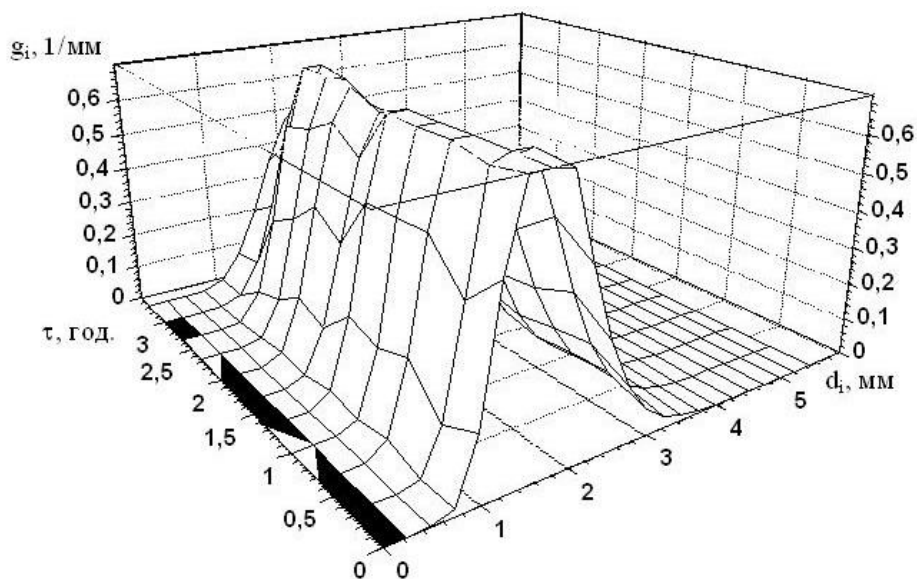


Рис. 1 Апроксимація динаміки масових розподілів за час дослідів

Апроксимація була проведена емпіричною функцією гамма-розподілення з визначенням її параметрів методом найменших квадратів. Середня похибка складає 1,4%.



Виходячи з наведених розрахунково-експериментальних даних можна дійти висновку, що для коефіцієнти функції будуть використані в подальшому для стабілізації дисперсного складу мінерально-гумінових добрив.

**Перелік посилань:**

1. А.Остроумов, С.Н.Сидоренко./ Проблемы устойчивого (экологического) развития. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, № 2, 2007, с. 84-84.

УДК 66.08, 628.3.

## ПЕРСПЕКТИВА ЗАСТОСУВАННЯ КОНДЕНСАТУ ДИМОВИХ ГАЗІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІВ

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

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

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

**АНОТАЦІЯ.** Проведено огляд методів підготовки води для електролізерів. Запропоновано використовувати кислий конденсат, який утворюється при спалюванні природного газу. Для нейтралізації кислого конденсату запропоновано метод безреагентної нейтралізації, принцип якого ґрунтується на методі кавітаційної дегазації рідини, розробленого на базі способу дискретно-імпульсного введення енергії в дисперсні середовища (ДІВЕ). Попередні результати показали високу ефективність цього методу. Повторне застосування нейтралізованого конденсату дозволить скоротити споживання природної води і зменшити кількість стоків від установок хімводоочистки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КАВІТАЦІЯ, ДЕГАЗАЦІЯ, ВУГІЛЬНА КИСЛОТА, ЕЛЕКТРОЛІЗ.

## THE PROSPECT OF USING CONDENSATE FROM FLUE GASES FOR ELECTROLYZERS

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

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

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

**ABSTRACT:** *A review of water treatment methods for electrolyzers was carried out. It is proposed to use acidic condensate, which is formed during the combustion of natural gas. To neutralize acid condensate, a method of reagent-free neutralization is proposed, the principle of which is based on the method of cavitation degassing of liquid, developed based on the method of discrete-pulse energy input into dispersed media (DPEI). Preliminary results have shown the high effectiveness of this method. Repeated use of neutralized condensate will reduce the consumption of natural water and reduce the amount of effluents from chemical water treatment plants.*

**KEY WORDS:** *CAVITATION, DEGASSING, CARBONIC ACID, ELECTROLYSIS.*

Використання відходів однієї галузі промисловості як сировини для іншої на сьогоднішній час є дуже актуальним і впроваджується, зокрема, в хімічній галузі, енергетиці, металургії, водопідготовці.

В енергетиці для поновлення втрат пари та води в технологічному циклі, в електрохімії для процесу електролізу та приготування електроліту застосовують воду дистильовану II класу згідно ДСТУ ISO 3696:2003.

Для живлення промислових електролізерів також застосовують паровий конденсат з електропровідністю не вище 5 мкСм/см з відсутніми домішками заліза, оливи та інших органічних речовин, що спричиняють спінування електроліту. При наявності цих домішок в паровому конденсаті необхідно здійснити його очистку перед застосуванням для живлення електролізера. При відсутності конденсату достатньої чистоти для живлення

електролізерів також використовують природну воду після очищення дистиляцією, електроосмосом чи знесолюванням на іонітних фільтрах.

Дистиляційний метод простий, проте вимагає значних витрат енергії.

Електросмотичний метод достатньо складний за апаратурним оформленням і в промисловості застосовується мало. Пом'якшення і знесолення води іонообмінним методом, отримало широке поширення завдяки простоті, економічності і високому ступеню очищення води. Розроблені типові промислові пристрої очистки води на іонітних фільтрах дають змогу отримати воду високої чистоти. Витрати на очищення води з надлишком окупаються підвищенням надійності і тривалою роботою електролізерів проте від промивання іонітних фільтрів утворюється значна кількість стоків.

Кислий конденсат, який утворюється при спалюванні природного газу на сьогоднішній день не знаходить застосування у промисловості і надходить у стічні води підприємства. Кислотність цього конденсату зумовлена наявністю високої концентрації вуглекислоти, проте він не містить солей жорсткості, тому після попереднього очищення і нейтралізації такий конденсат може бути використаний як вода для живлення електролізера.

Для нейтралізації кислого конденсату нами запропоновано метод безреагентної нейтралізації, принцип якого ґрунтується на методі кавітаційної дегазації рідини, розробленого на базі способу дискретно-імпульсного введення енергії в дисперсні середовища (ДІВЕ). Попередні результати показали високу ефективність цього методу. Повторне застосування нейтралізованого конденсату дозволить скоротити споживання природної води і зменшити кількість стоків від установок хімводоочистки.

УДК 639.3:043.2

## ЗМІНА КИСЛОТНОГО ТА ПЕРОКСИДНОГО ЧИСЛА ПРИ ЗБЕРІГАННІ ЕКСТРУДОВАНИХ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ

к.т.н., с.н.с. Целень Б.Я., к.т.н., н.с. Недбайло А.Є.

к.т.н., н.с. Гоженко Л.П., к.т.н., с.н.с. Радченко Н.Л.

Інститут технічної теплофізики НАН України

**АНОТАЦІЯ:** Наведено результати досліджень, щодо можливості ефективної заміни в кормах комбінації різних жирів екструдованою повножировою соєю та її змішування з іншими компонентами з використанням теплоти екструзії для пастеризації компонентів кормового продукту. Авторами доведено ефективність пропонованого способу результатами зміни кислотного і пероксидного числа та мікробіологічними показниками.

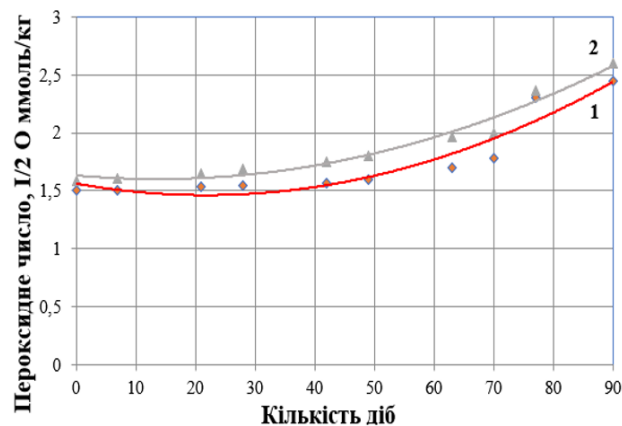
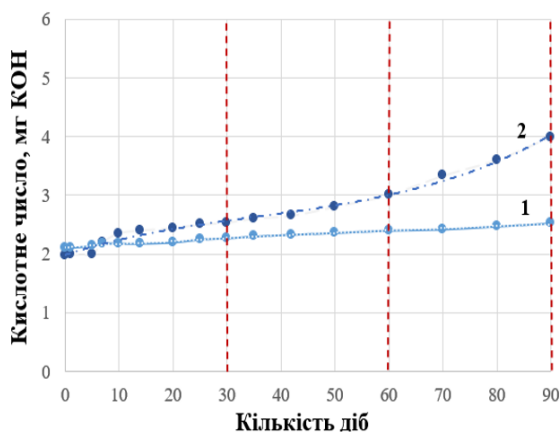
**ABSTRACT:** The results of research on the possibility of effectively replacing a combination of different fats in feed with extruded full-fat soy and its mixing with other components using the heat of extrusion for pasteurization of feed product components are given. The authors proved the effectiveness of the proposed method by the results of changes in acid and peroxide values and microbiological indicators.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЕКСТРУДЕР, ЕКСТРУДАТ, КИСЛОТНЕ ЧИСЛО, ПЕРОКСИДНЕ ЧИСЛО.

Організація повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин потребує системного контролю якості кормової бази. До основних показників якості кормів відносять збалансованість складу, засвоюваність та тривалість зберігання. Останній параметр визначається не лише мікробіологічним показником, а й найменшими змінами зовнішнього

вигляду, запаху, кольору, смаку корму під час його зберігання. Причиною зміни органолептичних показників найчастіше стає окислення жирів. Фактори, які можуть спричинити початок даного процесу пов'язані з походженням сировини, способом обробки та умовами зберігання. У зв'язку з цим, однією із задач під час вибору складових компонентів кормових сумішей є забезпечення оптимального балансу рослинних і тваринних жирів та вибору способу обробки, які в подальшому забезпечать цілісність жирового комплексу після обробки та при зберіганні.

Авторами роботи розглянуто шляхи підвищення якості та терміну зберігання кормів за рахунок заміни в їх складі комбінації рослинних і тваринних жирів повножировою соєю та її обробку в екструдері. Разом із цим, запропоновано підвищення ефективності екструзії за рахунок раціонального використання теплоти, яка виділяється з частинками екструдату на виході з екструдера для інтенсифікації змішування і знезараження інших компонентів при отриманні багатокомпонентних пастоподібних сумішей. На основі проведених досліджень доведено ефективність комплексу пропорованих рішень, зокрема, незначним зростанням мікробіологічного показнику з 6 КУО до 24 КУО протягом 90 діб зберігання, що свідчить про знезараження компонентів пастоподібної суміші, а також даними незначного зростання кислотного числа – з 1,99 мгКОН до 3,99 мгКОН через 90 діб зберігання суміші та пероксидного – з 1,59 1/2О ммоль/кг до 2,60 1/2О ммоль/кг через 90 діб (рис.1).



1 – екструдована соя; 2 – пастоподібна суміш на основі екструдованої сої

Зміна кислотного та перексидного числа зразків в процесі зберігання

**Висновки.** На основі одержаних результатів обґрунтовано ефективність використання екструдованої повножирової сої, як основного джерела жирів у складі багатокомпонентних кормових сумішей, а також запропонованого способу утилізації теплоти для пастеризації і змішування компонентів в технологіях виробництва кормів.

**UDK 665.642.26**

**MODERNIZATION OF THE STEAM GENERATOR OF THE FURFUROL  
PRODUCTION INSTALLATION**

student Slastyon M., assistant. H. S. Podyman

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**Abstract:** An analysis of the problems of new designs of the steam generator was carried out with a patent study, which describes the methods of modernization of the steam generator, and indicated the peculiarities of their designs, identifying the advantages and disadvantages of these models.

**KEY WORDS:** MODERNIZATION, FURFUROL, STEAM GENERATOR

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА  
ФУРФУРОЛУ**

студент Сластьон М., асист. Подиман Г. С.

**Національний технічний університет України**

**“ Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”**

**Анотація:** Проведено аналіз проблематики нових конструкцій парогенератора з проведеним патентним дослідженням, де описуються методи модернізації парогенератора, та вказівка особливості їх конструкцій з визначенням переваг та недоліків цих моделей.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МОДЕРНІЗАЦІЯ, ФУРФУРОЛ, ПАРОГЕНЕРАТОР



The patent [1] deals with an electric steam generator. An electric steam generator includes electric transformers made of multi-phase, with typed metal cores, primary windings located on the cores and electrically isolated from them, a common tubular secondary winding that covers all racks of typed metal cores of transformers, divided by electric inter-tube and super-tube jumpers into sections that cover each rack of typed metal cores of transformers and are short-circuited electromagnetic circuits, means for forced supply of liquid through the inner cavity of the common secondary tubular winding. The invention is aimed at increasing the production of heat energy per unit of time for heating water and turning it into steam.

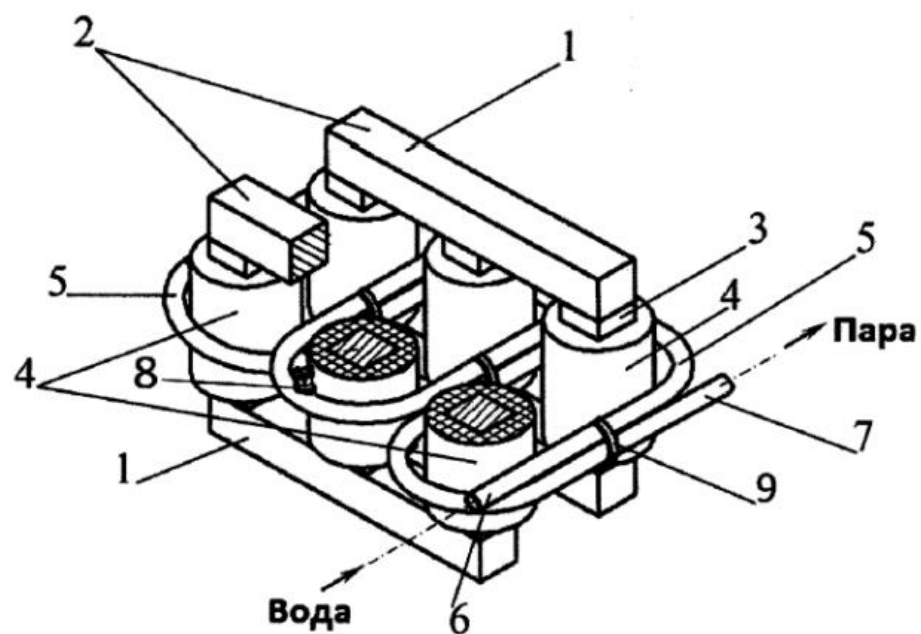


Figure 1 – Electric steam generator

Advantages of an electric steam generator:

- Three-phase transformers, with other parameters being the same, load the electrical network evenly and have wires of a smaller cross-section compared to single-phase ones.

- An electric steam generator allows you to increase steam productivity while simultaneously reducing its overall dimensions and metal content.

Disadvantages of an electric steam generator:

- Although this design of the steam generator allows to production of thermal energy per unit of time for heating water and turning it into steam in a larger quantity, its quantity is still insufficient for its use for industrial purposes.

The patent [2] describes an invention that relates to the field of electric power and can be used in devices for generating steam and heating various liquids. The task of the invention is to create a simpler technological design of a steam generator with enhanced functionality.

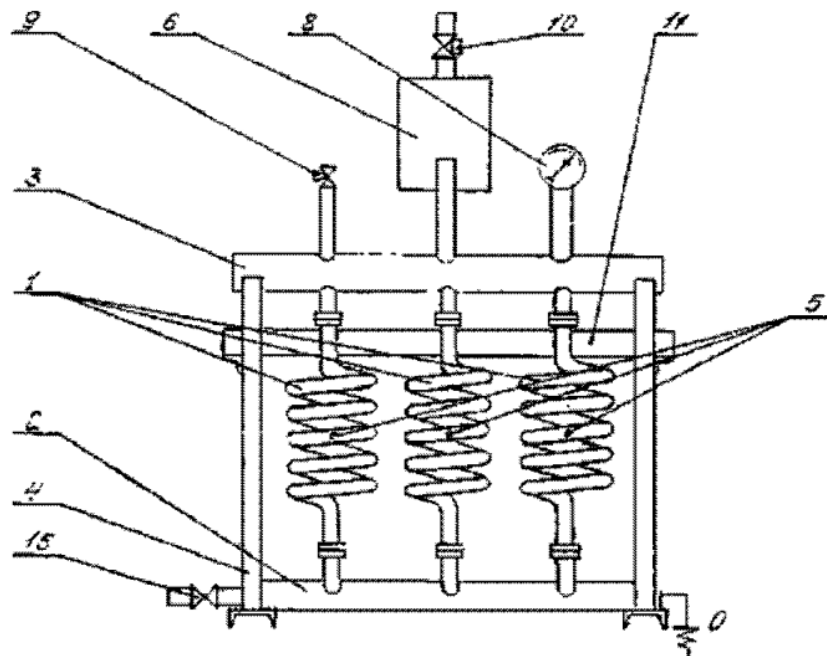


Figure 2 – Steam generator

Advantages of the steam generator:

1. In the steam generator, which contains heating elements made of metal pipes with high resistance, connected to the source of the coolant and connected to the poles of the electric current, there are inlet and outlet nozzles.

2. The absence of electrically insulated materials, two disparate heating elements, and body flanges in the proposed steam generator allows to creation of a simple technological design with a high degree of reliability and minimal heat losses during its operation.

Disadvantages of the steam generator:

1. Intensive release of hydrogen and oxygen, formed in the process of electrolytic dissociation of water, which occurs when it is heated by electrodes.

2. The release of free hydrogen and oxygen requires additional constructive solutions for its removal to avoid detonations, traffic jams, etc.

The patent [3] considers a steam generator operating on waste heat, in particular, for a gas and steam turbine installation with a large number of heating surfaces, heated with the help of flue gas (RG) and directing the medium to be heated, and located after the evaporator on flue gas side heater and located in front of the evaporator on the flue gas side superheater are included on the medium side in counterflow to the flue gas. The invention is based on the task of creating such a steam generator that works on waste heat, in particular, for a gas and steam turbine installation, with which, a simultaneously stable hydrodynamic mode of operation in all areas of load, in particular, also in the area of partial load, critical or supercritical pressure is realized a couple.

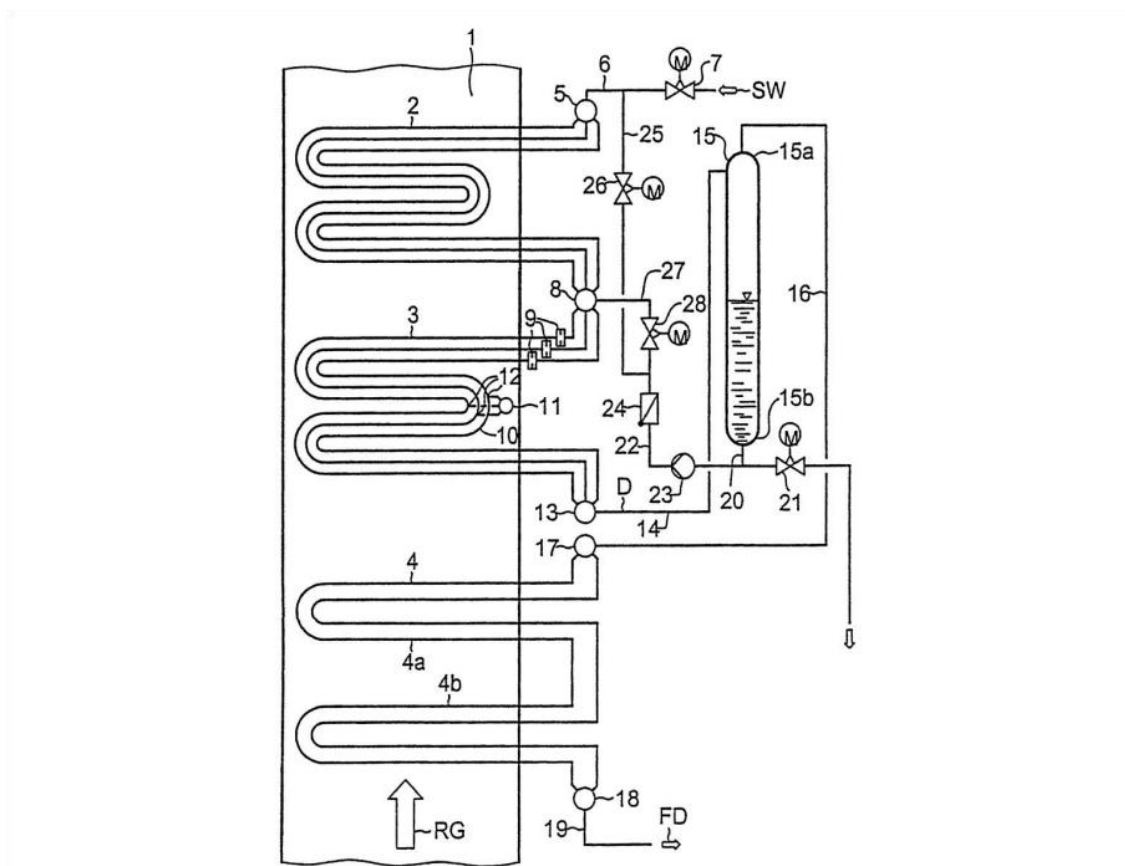


Figure 3 - Steam generator operating on waste heat

Advantages of the steam generator:

1. Particularly small water release during the start-up of a waste heat steam generator, because on the flue gas side, the hot side with the remarkable formation of steam bubbles lies only at the end of the evaporator on the waterside.

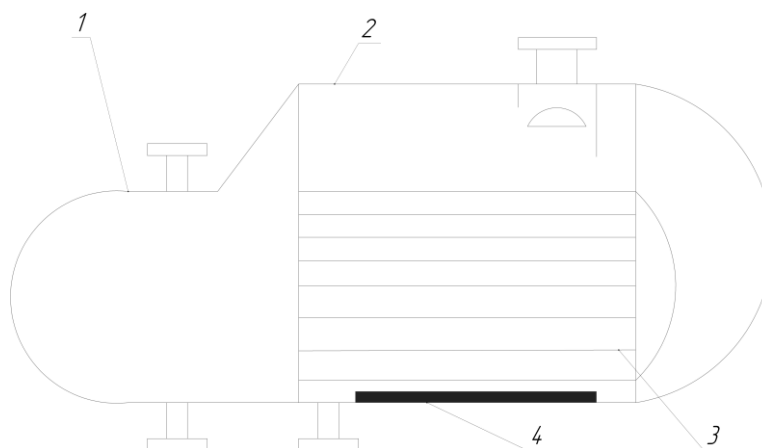
2. In the form of an evaporator with forced circulation according to the counterflow scheme, a particularly stable operating mode is achieved in a wide load range.

Disadvantages of the steam generator:

1. High costs for its inclusion and regulation technique, as well as its high start-up losses due to the so-called water release.

The main directions of modernization of the proposed structures are to increase the efficiency of heat exchange. After analyzing the data of the design to

intensify the heat exchange, it is suggested to add stirrers that will help the water reach a uniform temperature faster (Figure 4), which in turn will speed up the steaming process.



- 1 – distribution chamber; 2 – vaporization chamber; 3 – heating pipes;  
4 - stirrers

Figure 4 is a diagram of a modernized steam generator

The proposed design of the heating pipes allows to speed up the formation of steam due to the accelerated homogenization of the liquid.

## References

1. <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaaim=274785&chapter=description>
2. <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaaim=105569&chapter=description>
3. <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaaim=20582&chapter=description>

**REVIEW OF EXISTING TECHNOLOGIES AND APPARATUSES  
FOR CLEANING TAIL GASES FROM HYDROGEN SULFIDE IN  
SULFUR PRODUCTION**

Student Karpenko O. V., Associate professor, PhD Haidai S. S.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

***ABSTRACT:** An analysis of existing methods for cleaning tail gases from hydrogen sulfide and the designs of apparatuses used for this purpose is provided*

***KEY WORDS:** SULFUR, MODERNIZATION, MASS TRANSFER, ABSORBER, PRODUCTION*

**ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА АПАРАТІВ ДЛЯ  
ОЧИСТКИ ХВОСТОВИХ ГАЗІВ ВІД СІРКОВОДНЮ ПРИ  
ВИРОБНИЦТВІ СІРКИ**

Студент Карпенко О. В., доцент, к.т.н. Гайдай С. С.

**Національний технічний університет України**

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

***АНОТАЦІЯ:** Наведено аналіз існуючих способів для очистки хвостових газів від сірководню та конструкцій апаратів, які застосовуюються для цього.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СІРКА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, МАСООБМІН, АБСОРБЕР, ВИРОБНИЦТВО.*

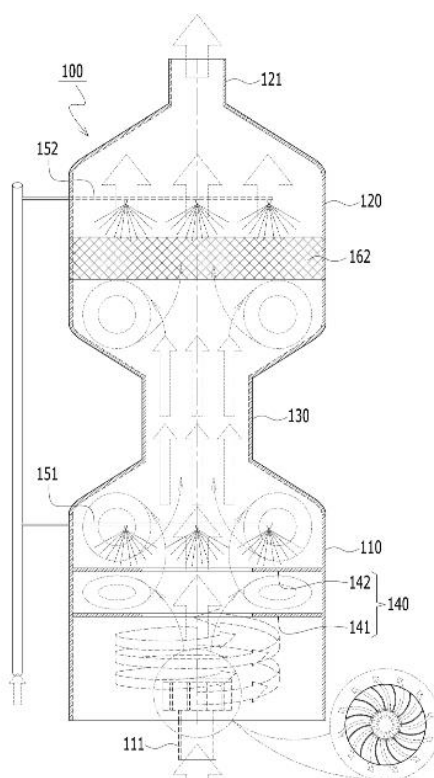
When selecting the type of apparatus for cleaning tail gases from hydrogen sulfide, several factors need to be considered. Firstly, the concentration of hydrogen sulfide in the tail gases and the requirements for hydrogen sulfide

removal, as this affects the efficiency of different cleaning technologies. Secondly, the gas flow volume needs to be taken into account, as it determines the necessary scale of the cleaning technologies. Thirdly, an important factor is the economic cost of implementing and operating the apparatus.

Nowadays, there are many apparatuses and methods for cleaning tail gases from hydrogen sulfide.

As a result of patent searches, several types of apparatuses have been identified that can be used to ensure the cleaning of tail gases from hydrogen sulfide.

A variant of implementing a wet scrubber with a Venturi structure for gas cleaning, proposed by the authors of patent [1], is shown in Figure 1.



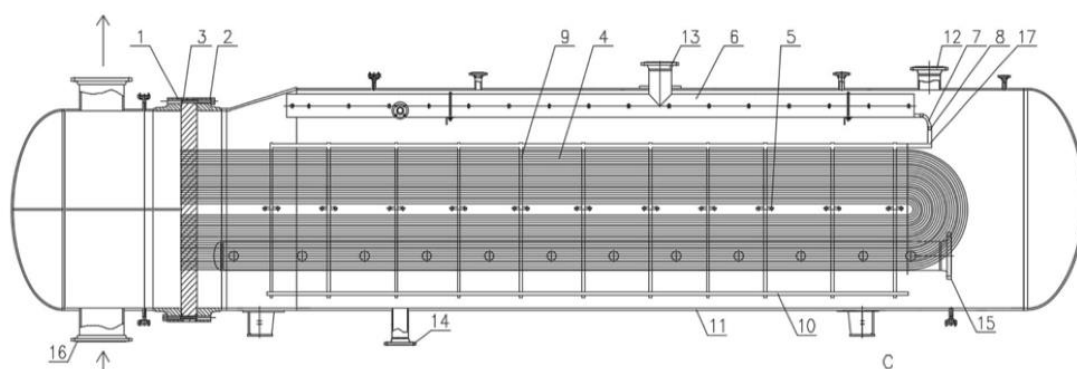
- 100 – wet scrubber; 110 – lower part of the body; 111 – gas inlet;  
120 – upper part of the body; 121 – gas outlet; 130 – forming part of the Venturi  
tube; 140 – block of openings; 141 – lower grid; 142 – upper grid;  
151 – lower spraying block; 152 – upper spraying block; 162 – nozzle.

Figure 1. Wet Venturi type scrubber.

The apparatus operates as follows. The contaminated gas enters the first part of the body 110 through the inlet 111. The block of openings 140 creates a vortex in the upward flow of the exhaust gases to induce mixing of the exhaust gases with the absorbent, which is sprayed by the lower spraying block 151, thereby increasing the efficiency of the apparatus. The body part 130 forms a constriction of the body. The second part of the body 120 is installed on top of the forming part of the body 130. Spraying devices 152 are installed in the upper part of the body 120. The nozzle 162 is installed to increase the contact time of the exhaust gases with the absorbent.

The advantage of this design is the relatively low hydraulic resistance, which is ensured by the small thickness of the nozzle. The disadvantages of this design are the small mass transfer area, which is necessary for heavy contamination. Additionally, the complexity of the design significantly affects the cost of manufacturing the apparatus and its maintenance difficulty.

The shell and tube absorber developed by the authors of patent [2] is shown in Figure 2.



- 1 – shell flange; 2 – tube flange; 3 – tube sheet; 4 – U-shaped bundle;  
5 – sprayer; 6 – sprinkler pipe; 7 – hose; 8 – threaded connection; 9 – baffle;  
10 – guide; 11 – body; 12 – gas outlet; 13 – absorbent inlet; 14 – absorbent outlet;  
15 – gas inlet; 16 – water inlet; 17 – pipe.

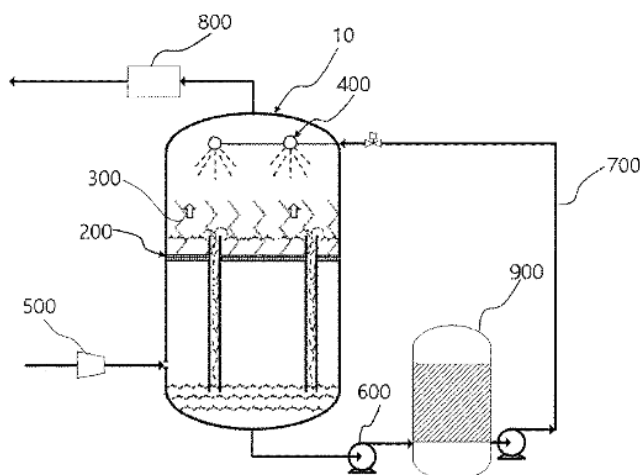
Figure 2. Shell and tube absorber.



The absorber consists of a body 11 and a U-shaped tube bundle 4. The body 11 has an inlet for the absorbent 13 for the spraying device 6 and an outlet for the absorbent 14. Gas is supplied to the body of the apparatus 11 through the distribution pipe 15. The liquid is supplied through the inlet 13 and is sprayed by the distribution devices 5 and 6.

The advantages of the apparatus include the ability to regulate the internal temperature and low hydraulic resistance. The flanged connection between the body and the distribution chamber allows the apparatus to be disassembled for maintenance or repair. The disadvantages of the apparatus are the complexity of the design, which affects the maintenance cost of the apparatus.

Another gas cleaning apparatus is the plate absorber [3], shown in Figure 3.



10 – absorber; 200 – plate; 300 – packing zone; 400 – spraying block;  
500 – compressor; 600 – pump; 700 – pump; 800 – compressor; 900 – regenerator.

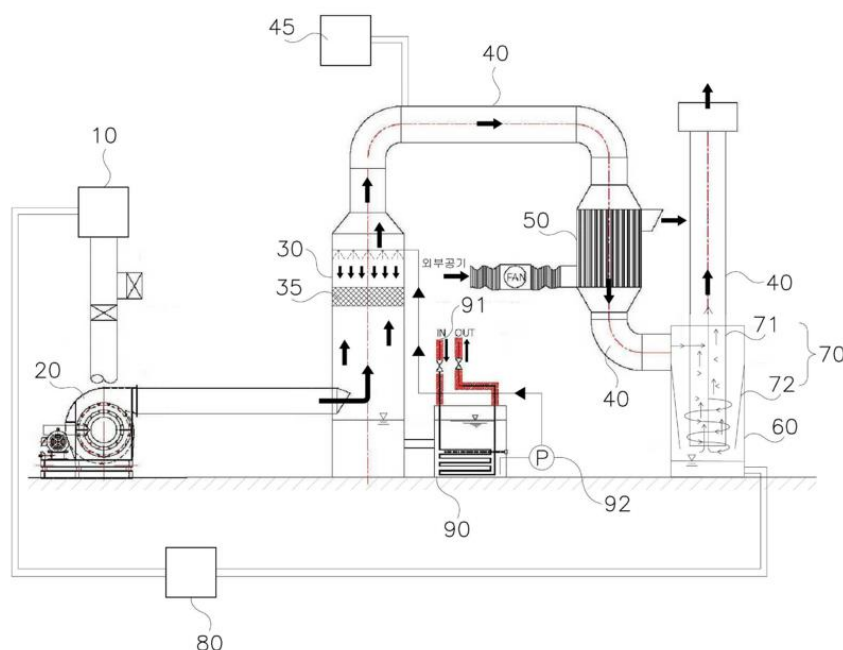
Figure 3. Plate absorber.

The contaminated gases are supplied by compressor 500 to the lower part of absorber 10. The apparatus is equipped with plate 200, which contains vertically arranged overflow pipes. The lower parts of the pipes are located below the level of the absorbent. From the lower part of the apparatus, the absorbent is pumped by pump 600 to regenerator 900, then the absorbent is pumped by pump 700 to spraying device 400. The sprayed liquid settles on plate 200. The upper parts of the

overflow pipes are located at a certain height above the plate, allowing it to be filled with liquid. The plate has a cross-sectional shape of the apparatus and has small-diameter through holes. Gas passes through these holes and the liquid layer above the plate. Additionally, there is a packing zone 300 in the apparatus, which can be filled with bulk packing.

One of the disadvantages of this apparatus is the high hydraulic resistance, which increases the energy consumption for compressor head.

In the technological scheme of gas purification developed by the authors of patent [4], depicted in Figure 4, the use of a packed absorber in the gas purification unit is described.



10 – reservoir; 20 – air blower; 30 – absorber; 35 – packing; 40 – pipe; 45 – gas sensor; 50 – cooling unit; 60, 70 – cyclone; 80 – filter; 90 – flushing device; 91 – steam pipeline; 92 – cleaning pump.

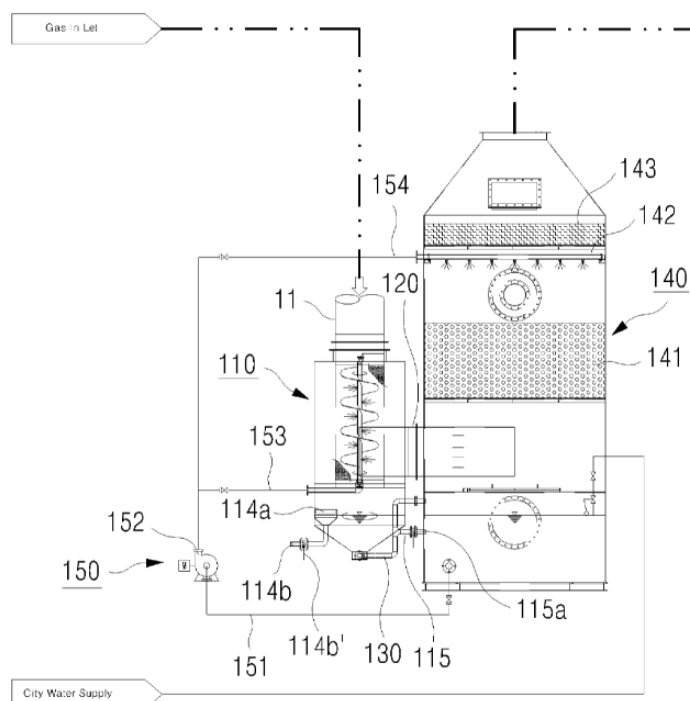
Figure 4. Technological scheme of gas purification.

In this technological scheme of gas purification, the main apparatus is the absorber 30. The contaminated gas from the reservoir 10 is pumped by pump 20 into the absorber 30. The absorbent is supplied by a spraying device and flows

down the packing in a film. Mass transfer occurs on the surface of the packing. The absorbent circulates through the flushing device 90. After purification, the gas passes through the cooling unit 50. The condensed water settles at the bottom of the cyclone 60, and the purified gas exits.

Among the advantages of this design, one can mention the simplicity of the absorber's design, which makes it cheap to manufacture and easy to operate. Also, the low hydraulic resistance prevents large energy consumption by pump 20.

For the purification of contaminated gas, a wet scrubber developed by the authors of patent [5] can also be used, as shown in Figure 5.



11 – guide channel; 110 – primary section; 120 – pipe; 130 – pipe;  
140 – wet scrubber block; 150 – circulation block.

Figure 5. Wet scrubber.

This invention is designed for purifying gas containing solid and gaseous impurities. The primary section 110 of gas purification consists of a cyclone where solid impurities settle. Gas is then directed through pipe 120 to the wet scrubber

block 140, which contains a spraying device 142, nozzle 141 to increase the surface area for mass transfer, and droplet catcher 143.

The advantages of this design include comprehensive gas cleaning from both solid and gaseous impurities. Additionally, it features low hydraulic resistance because the gas passes through voids in the space and does not expend pressure to overcome obstacles.

Conclusions. According to the results of the patent search, it is determined that the optimal apparatus for achieving the highest efficiency in purifying gas from hydrogen sulfide is a packed absorber. The application of this type of apparatus design ensures a large contact surface area between phases, relatively low hydraulic resistance, and simple construction, thereby reducing costs for manufacturing and operating the apparatus.

#### **REFERENCES:**

1. Patent KR102435455B1, МПК A61L9/14; B01D47/06; B01D47/10; B01D47/12; B01D47/14; B01D53/78; B01D53/79. Gas-Liquid Contact Efficiency Increase Wet Scrubber Having Venturi Structure And Orifice Structure. SHIN JEON SUN [KR] – Application: KR20220085747A·2022-07-12. Publication: KR102435455B1·2022-08-24.
2. Patent CN113883751A;CN113883751B, МПК F25B37/00; F28F9/24. Efficient and Convenient Absorber. PUFAN ENERGY TECH RESEARCH INSTITUTE BEIJING CO LTD – Application: CN202111196960A·2021-10-14. Publication: CN113883751A·2022-01-04.
3. Patent KR102374527B1;WO2023003191A1, МПК B01D47/06; B01D47/14; B01D53/14; B01D53/78; B01D53/79. Flue Gas Treatment Apparatus Utilizing Flooding in Scrubber Provided with Packing. SAMWON CARBON

CIRCULATION CO LTD – Application: KR2022009073W·2022-06-24.  
Publication: WO2023003191A1·2023-01-26.

4. Patent KR102449410B1;KR20220101364A. МПК B01D47/06; B01D53/00; B01D53/30; B01D53/78; B01D53/84; B04C9/00. High Efficiency Scrubber Apparatus with Cyclone in the Condensing for Exhaust Gas from Plating Tank and Microorganism. JINHAP CO LTD – Application: KR20210003303A·2021-01-11. Publication: KR20220101364A·2022-07-19.

5. Patent CN216604528U. МПК B01D47/06. Waste Gas Scrubber Tower. SHANGHAI PETROCHEMICAL DINGJING MACHINE MFG CO LTD – Application: CN202122732688U·2021-11-10. Publication: CN216604528U·2022-05-27.

УДК 065.143.

**REVIEW OF EXISTING ABSORPTION EQUIPMENT FOR SYNTHESIS  
GAS PURIFICATION INSTALLATION**

Student Postovyi D. V., Associate professor, PhD Haidai S. S.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

***ABSTRACT:** A review of existing absorber designs has been conducted with the aim of selecting the optimal design for a purification installation to remove ammonia from synthesis gas.*

***Keywords:** SYNTHESIS GAS, AMMONIA, PURIFICATION, MASS TRANSFER, ABSORBER, DESORBER.*

**ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО АБСОРБЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ  
УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ**

Студент Постовий Д. В., доцент, к.т.н. Гайдай С. С.

**Національний технічний університет України**

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

***АНОТАЦІЯ:** Проведено огляд існуючих конструкцій абсорберів, з метою вибору оптимальної конструкції для установки очищення синтез-газу від аміаку.*

***КЮЧОВІ СЛОВА:** СИНТЕЗ ГАЗ, АМІАК, ОЧИЩЕННЯ, МАСООБМІН, АБСОРБЕР, ДЕСОРБЕР.*

In modern industrial processes related to synthesis gas production, effective removal of ammonia is crucial for meeting environmental and technical standards.

Specialized gas purification installations, absorbers, are used to efficiently reduce the ammonia content in synthesis gas. The choice of absorber design is important as it determines the efficiency and quality of the purification process. This study provides a review of existing absorber designs to select the optimal configuration for purifying synthesis gas from ammonia.

A known foam apparatus, comprising a housing with inlet and outlet flanges, incorporates a tray and a foam layer stabilizer. It is installed above the tray at a height of 0.6-3.5 equivalent diameters of the tray holes. Gas absorption is used both for extracting valuable components from the liquid and returning them to the process for reuse and for removing toxic substances from the gas stream for sanitary gas cleaning. The main holding force of the gas-liquid layer on the tray depends on a sufficient gas flow rate through the tray holes. However, when flow directions alternate, the balance of the gas-liquid layer above individual tray sections is disrupted, leading to unfavorable wave regime and tray area exposure, allowing untreated gas volumes to pass through.

Figure 1 depicts the design of a film absorber, where the absorbent of the target component is supplied from the top and flows down the inner surface of the tubes.

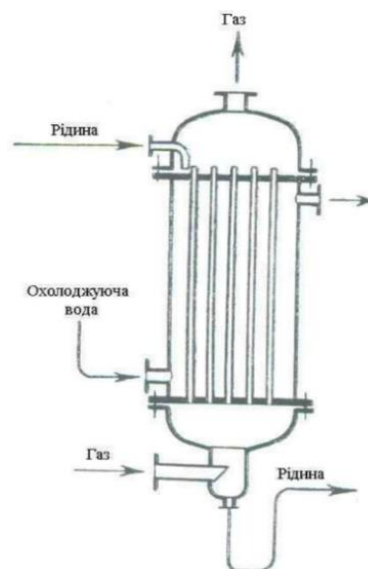


Рисунок 1. Плівковий абсорбер

The gas phase is supplied from below and moves to the upper part of the absorber through the tubes with simultaneous contact with the absorbent film, which flows countercurrently under the action of gravity. The main advantage of this absorber is the ability to lower the absorbent temperature by supplying a cooling agent to the inter-tube space, as decreasing the temperature increases the intensity of absorption processes. However, such mass transfer devices are characterized by low values of mass transfer surface area, resulting in significant increases in the size and number of such devices in cases where high productivity values are required.

Figure 2 presents a 3D model of an absorber consisting of a housing equipped with inlet and outlet flanges. Inside the housing, there is a tray of the falling film type, on which a foam layer stabilizer is located. The stabilizer is made of perforated plates bent at an angle and connected to each other at the vertices, forming a rectangular or rhombic lattice. Above the stabilizer, at a distance of 20-50 mm from the tray surface, a separation section in the form of a package of regular nozzles is placed.

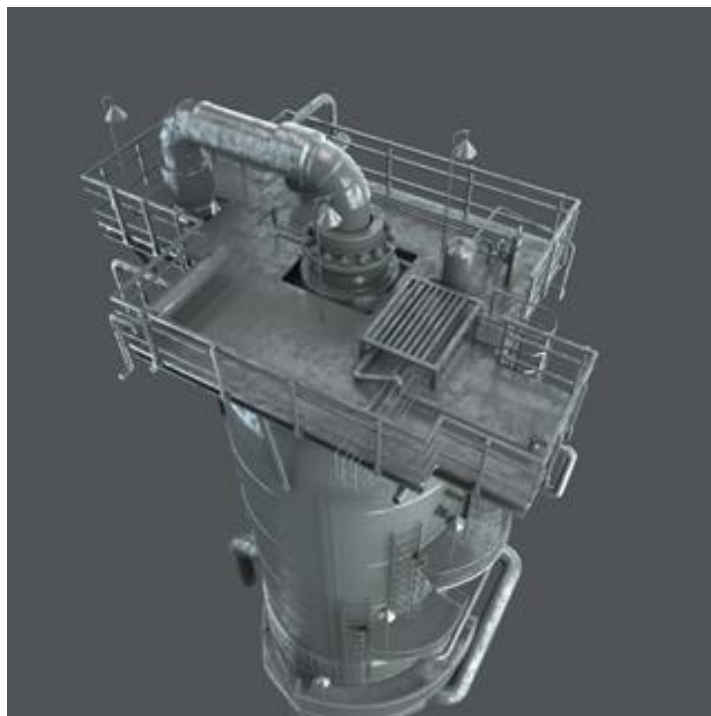


Рисунок 2. 3D-модель абсорбера із тарілками провального типу



To ensure uniform contact between the liquid and vapor phases over the entire tray surface, strict horizontal tray alignment in the column is required. The main purpose of the foam stabilizer is to prevent wave regime of vapor formation on the tray and avoid foam destruction by gas bubbles emerging from the foam, which allows increasing the foam layer on the tray and, accordingly, increasing the efficiency of heat and mass transfer on the tray. Increasing the productivity of the mass transfer apparatus, expanding the range of stable operation, and ensuring uniform distribution of liquid on the tray are achieved by using a foam stabilizer made of special perforated plates. Above the stabilizer, at a distance of 20-50 mm above the tray surface, a separation section in the form of a package of regular nozzles is installed.

The proposed design utilizes an impeller mixer, which provides high absorption intensity and process efficiency. The intense mixing of the impeller creates an air suction effect from the atmosphere, increasing the gas phase volume compared to the liquid, which contributes to the increase of the mass transfer coefficient. Using the hollow shaft of the mixer as a inlet for the contaminated gas significantly simplifies the absorber design.

A review of the designs of packing mass transfer apparatuses shows that they have similar structures, but the main elements influencing the intensity and efficiency of the process are various types of nozzles [3, 4].



Figure 3. 15 mm copper Raschig rings

Such nozzles as Raschig rings and ceramic rings are widely used in absorption towers for gas purification from various contaminants since their application results in high values of mass transfer surface area. This allows for conducting processes in devices with smaller dimensions, with hydraulic resistance indicators being low, making the process more economical.

**Conclusions:** Based on the review of absorber designs for purifying synthesis gas from ammonia and comparing their characteristics, it has been established that the most effective and economically viable option for design in the relevant context is the packed bed absorber. This design is characterized by a large contact surface area of phases, low hydraulic resistance, and ease of maintenance, making it the optimal choice for efficient purification of synthesis gas from ammonia.

### References.

1. Масообмінний пристрій. Патент WO2012076656A120 від 12-10-2023 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://patents.google.com/patent/WO2003061810A1/en>
2. Патент №1416153 B01D3/22, 23/04 опубліковано 15.09.2023, бюлетень №30 [https://studme.org/396977/tehnika/ochistka\\_gazov\\_dioksida\\_ugleroda](https://studme.org/396977/tehnika/ochistka_gazov_dioksida_ugleroda)
3. Модернізація абсорбера [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/87095/1/Haletta\\_mag\\_rob.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/87095/1/Haletta_mag_rob.pdf)
4. Кільця рашига, конструкційні елементи насадок <https://fermentaciia.in.ua/ua/p1205082405-koltsa-rashiga-mednye.html>

УДК 621.928:66.021.3:621.771

## КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЦИКЛОННИХ АПАРАТІВ

*Гурківська Т.В., студ.*

*КПІ ім. Ігоря Сікорського*

**Анотація.** Розглянуто питання, пов'язані із застосуванням циклонних апаратів у різних технологіях.

**Ключові слова:** циклонні апарати, технологічні процеси, очищення газів, відцентрова сила, ефективність очищення.

## DESIGN FEATURES AND TECHNOLOGICAL APPLICATION OF CYCLONE APPARATUS

*Gurkivska T.V., student. (group LN-11, Ihor Sikorskyi KPI)*

**Abstract.** Issues related to the use of cyclone devices in various technologies are considered.

**Keywords:** cyclone devices, technological processes, gas purification, centrifugal force, purification efficiency.

**Вступ.** Циклонні апарати є ключовими елементами багатьох технологічних процесів, спрямованих на очищення газів від твердих частинок. Вони використовуються в промисловості завдяки простій конструкції, надійності, високій ефективності та економічності. З моменту своєї появи у XIX столітті конструкції циклонів постійно вдосконалюються, щоб підвищити ефективність очищення і знизити енергоспоживання. Сучасні циклони знаходять застосування в цементній, хімічній, металургійній та інших галузях промисловості, а також в екологічних технологіях, спрямованих на зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу. Дана робота присвячена докладному аналізу застосування циклонів в різних

технологіях на основі доступних літературних джерел та патентних досліджень.

**Аналіз стану питання.** Останні роки відзначаються значними досягненнями в оптимізації конструкцій циклонів, що сприяє підвищенню їхньої ефективності та зниженню витрат енергії. Цей прогрес досягається завдяки новим підходам до проектування і технологій виробництва. Новітні дослідження та патентні рішення зосереджені на вдосконаленні гідродинамічних характеристик, використанні нових матеріалів конструкції, а також на розробці інноваційних методів очищення газів. Застосування циклонів розширюється у багатьох галузях промисловості, включаючи цементну, хімічну, металургійну та енергетичну сфери, де вони мають важливу роль у збереженні навколишнього середовища через зниження викидів твердих частинок та інших забруднюючих речовин у атмосферу. Хоча існують значні досягнення в області конструкції та застосування циклонів, проте існує потреба в подальших дослідженнях, спрямованих на зменшення енергоспоживання, підвищення точності очищення та розробку адаптивних систем керування.

**Мета роботи:** висвітлення основних напрямків розвитку та аналіз сучасних інженерних рішень і перспектив подальшого розвитку цього апарата.

**Методики, матеріали і результати досліджень.** Циклонні апарати мають широке застосування у різних галузях промисловості завдяки своїй надійності, простоті конструкції та ефективності. Вони незамінні у багатьох виробничих процесах, оскільки ефективно відокремлюють тверді частинки від газових потоків, крім того, апарати вирізняються економічністю в експлуатації та довговічністю.

Деякі з основних напрямків використання циклонів включають:

– хімічна промисловість (циклони застосовуються для очищення газів від твердих частинок під час різних хімічних процесів. Патентні дослідження показують, що сучасні хімічні циклони можуть бути оснащені додатковими системами для підвищення ефективності очищення та зменшення витрат енергії [2,3]);

– цементна промисловість (забезпечують високу ступінь вилучення пилу, знижуючи забруднення атмосфери, підвищуючи ефективність виробництва, а також використання циклонів дозволяє зменшити витрати на утримання обладнання та підвищити його надійність);

– металургійна промисловість (циклонні апарати здатні ефективно видаляти дрібнодисперсні металеві частинки, що утворюються при плавленні сталі, чавуну та інших металів. Це дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин у атмосферу та забезпечити повторне використання уловлених матеріалів);

– енергетична промисловість (важливою складовою системи очищення газів в електростанціях, де вони допомагають зменшити викиди твердих частинок у атмосферу та підвищити ефективність спалювання палива. Патентні дослідження свідчать про постійне вдосконалення конструкцій циклонів, що дозволяє знижувати витрати енергії на їх експлуатацію та покращувати показники очищення газів [3]).

Сучасні інженерні рішення для циклонних апаратів спрямовані на підвищення їх ефективності, надійності та економічності, а перспективи їх подальшого розвитку пов'язані з вдосконаленням конструкції та підвищенням ефективності.

Перспективи розвитку циклонних апаратів в промисловості мають кілька важливих аспектів:

- підвищення ефективності очищення;
- зменшення енергоспоживання;

– інтеграція з іншими технологіями очищення.

Одним із головних напрямків розвитку циклонних апаратів є *підвищення їх ефективності*. Інженери та вчені зосереджуються на кількох ключових аспектах для досягнення цієї мети, а саме покращення форми та розмірів циклонних апаратів. Нові підходи та технології, такі як застосування комп'ютерних симуляцій для моделювання потоків газів і частинок, дозволяють інженерам оптимізувати різні конструкції без дорогих експериментів, а також використання наноматеріалів, які суттєво поліпшують зносостійкість і здатність до відділення дрібних частинок, сприяють підвищенню ефективності циклонних апаратів.

У сучасній промисловості *зниження енергоспоживання* вважається однією з ключових стратегій для забезпечення економічності та екологічності виробничих процесів. Одним зі способів зменшення енергоспоживання є розробка нових моделей циклонів, спрямованих на оптимізацію енергетичних параметрів. Ця розробка включає застосування низькотемпературних режимів роботи, які дозволяють знизити витрати на охолодження і нагрівання газових потоків. Застосування цих режимів особливо важливе в умовах виробництва з великим обсягом газових викидів, де ефективне зниження споживання енергії в процесі очищення газів відіграє ключову роль. Такі заходи спрямовані на створення більш енергоефективних та екологічно чистих виробничих процесів, що відповідає сучасним вимогам сталого розвитку та забезпечує конкурентоспроможність підприємств на ринку.

Циклонні апарати виявляються дуже ефективними у *поєднанні з іншими технологіями* очищення газів, що сприяє досягненню вищого рівня чистоти та ефективності виробничих процесів. Наприклад, циклони використовуються як попередні ступені перед фільтраційними системами, адже допомагають у відокремленні великих та важких частинок, а також у

вилученні більшості пилу, зменшуючи тим самим навантаження на фільтри. Це сприяє підвищенню ефективності фільтраційних систем і продовженню їхнього терміну служби, оскільки менше частинок потрапляє на фільтри, зменшуючи потребу у заміні та обслуговуванні. Такі інтегровані підходи до очищення газів дозволяють не лише підвищити рівень ефективності, але й знизити витрати на обслуговування та експлуатацію систем очищення. Такі рішення стають важливими кроками у напрямку сталого розвитку промисловості, сприяючи забезпеченню ефективності та екологічності виробничих підприємств.

Використання таких перспектив розвитку для циклонних апаратів є важливим кроком у забезпеченні їхньої енергоефективності. Однак вартість і складність впровадження таких технологій повинні бути ретельно проаналізовані, щоб переконатися в їхній ефективності та відповідності вимогам обслуговування.

**Висновки.** В даній роботі проаналізовано основні сфери технологічного використання циклонів у промисловості та їх перспективи розвитку. Висновки дослідження можуть бути корисні для підприємств, що працюють у галузі хімічної промисловості, а також для інженерів та науковців, які працюють над інноваційними методами очищення газів.

### Література

1. Циклони URL: [https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebmd/severin\\_priodoohoronni\\_tehnologii/2-4.html](https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebmd/severin_priodoohoronni_tehnologii/2-4.html)
2. Циклон-фільтр для очищення газів або рідин: пат. 123124С2 Україна. № а201909830; заявл. 16.09.2019; опуб. 17.02.2021, бюл. № 7.
3. Cyclone: pat. EP 0284184A1 № 88301038.1; fil. 08.02.88; опуб. 28.09.88, bul. № 88/39.

## СЕКЦІЯ 1

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

- DESIGN JUSTIFICATION AND MODERNISATION OF THE HEAT EXCHANGER OF THE COGENERATION UNIT**  
Husarova O., Dakhnenko V., Bielokon A. 4
- ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ БРАГОРЕКТИФІКАЦІЙНИХ УСТАНОВОК**  
Булій Ю.В., Ободович О.М., Целень Б.Я. 11
- ДОВГОСТРОКОВІ ЮРИДИЧНО ЗОБОВ'ЯЗУЮЧІ ЗВ'ЯЗКИ ЛІСГОСПВ З МІСЦЕВИМИ КОРИСТУВАЧАМИ ЯК ПЕРСПЕКТИВНІ ЧИННИКИ РОЗВИТКУ ЛІСУ В УКРАЇНІ**  
Беляєв Г.В., Беляєва І.П., Жуков К.Л., Стецюк В.Г. 15
- ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА СОЛОМИ ПШЕНИЧНОЇ В ЯКОСТІ СУБСТРАТУ ДЛЯ АНАЕРОБНОГО ЗБРОДЖЕННЯ**  
Сидоренко В.В., Данько І. О. 19
- MODERNIZATION OF THE PADDED RECTIFICATION COLUMN OF THE METHANOL-ETHANOL MIXTURE SEPARATION INSTALLATION**  
Karina Nefyodova V., Andrii Stepaniuk, Ihor Andreev 23
- ВИКОРИСТАННЯ ГНУЧКИХ ГОФРОВАНИХ НЕРЖАВІЮЧИХ ТРУБ В ЯКОСТІ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ТЕРМОСИФОННИХ ЗОНДІВ**  
Чалаєв Д.М., Ободович О.М., Переяславцева О.О., Резакова Т.А., Степанова Л.Є. 28
- IMPROVEMENT OF THE PARTITIONS OF THE HEAT EXCHANGER OF ETHANOL PRODUCTION INSTALLATIONS**  
Matviy UFIMTSEV.V., Andriy STEPANIUK, Georgiy IVANYTSKYI 30
- ПЕРЕМІШУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ З ГНУЧКИМ ПРИВОДОМ ДЛЯ БІОРЕАКТОРА**  
Даніхно Р.М. Гулієнко С.В. 35
- ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ**  
Чалаєв Д.М., Ободович О.М., Переяславцева О.О., Резакова Т.А., Проценко Є.М. 40



|  |    |
|--|----|
| <b>MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER OF THE ACETIC ACID PRODUCTION INSTALLATION</b>                                  |    |
| M.O. Kekukh, A.R. Stepanyuk, Novokhat O.A.   | 43 |
| <b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ НАСИЧЕННЯ КИСНЕМ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТІВ</b> |    |
| Ободович О.М., Булій Ю.В., Переяславцева О.О., Степанова Л.Є.  | 47 |
| <b>MODERNIZATION OF THE RECTIFICATION COLUMN OF THE ACETIC ACID PRODUCTION INSTALLATION</b>                            |    |
| Andrii Stasiuk, Andriy Stepaniuk, Oleg Novokhat  | 51 |
| <b>ІННОВАЦІЙНЕ ТЕПЛОМАСООБМІННЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОГЛИНАННЯ КИСНЮ У ВОДІ</b>                         |    |
| Ободович О.М., Шейко Т.В., Переяславцева О.О., Степанова Л.Є., Хоменко В.О.  | 58 |
| <b>MODERNIZATION OF THE STEAM GENERATOR OF THE ACETIC ACID PRODUCTION INSTALLATION</b>                                 |    |
| Kyryl Savchenko, Andrii Stepaniuk, Oleg Novokhat   | 60 |
| <b>МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНОГО АПАРАТУ В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА КАРБАМІДУ</b>  |    |
| Іваненко Д.В., Гулієнко С. В.  | 64 |
| <b>ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВОК</b>   |    |
| Переяславцева О.О., Проценко Є.М.  | 67 |
| <b>TYPES OF SHELL-TUBE HEAT EXCHANGERS</b>   |    |
| Nadiya Tsyura, Andrii Stepaniuk  | 69 |
| <b>ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОДУЛЯ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ НАДЛИШКУ ОЗОНУ В СИСТЕМАХ ПЛАЗМОХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ</b>         |    |
| Грабова Т.Л., Базєєв Р.Є., Посунько Д.В.   | 76 |
| <b>CHAMBER FURNACES</b>  |    |
| Svitoslav Hnidenko, Andrii Stepaniuk   | 80 |
| <b>CHEMICAL COMPOSITION OF OIL AND OIL REFINING TECHNOLOGY</b>   |    |
| Gurkivska T.V., Stepaniuk A.R., Ihor Vartanyan, Denis Ryabikh  | 87 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>DESIGN JUSTIFICATION OF A HEAT EXCHANGER FOR COOLING INDUSTRIAL OIL</b>  |     |
| Husarova O., Dakhnenko V., Nazarenko Y.G.   | 94  |
| <b>ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АДСОРБЦІЙНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ</b>  |     |
| Шаврин Ю.В., Шматок О.І., Данько І.О., Чалаєв М.Д.  | 100 |
| <b>MODERNIZATION OF THE STEAM GENERATOR OF THE PHENOL PRODUCTION FACILITY</b> student Yenich H., assistant H. S. Podyman                              | 104 |
| <b>CHAMBER FURNACES, CLASSIFICATION AND USE</b>   |     |
| Hlib Stepura, Agdrii Stepaniuk  | 111 |
| <b>MODERNIZATION OF THE DEPHLEGMATOR OF THE ACETIC ACID PRODUCTION INSTALLATION</b>   |     |
| Anton Trunin, Andriy Stepanyuk, Ihor Andreev  | 115 |
| <b>MODERNIZATION OF THE RECTIFICATION COLUMN FOR METHANOL PRODUCTION</b>  |     |
| Yuliya Chuhlib, Andriy Stepaniuk, Oleg Novokhat   | 120 |
| <b>ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНЕ ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ (ДІВЕ) ТА ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЯ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИХ АПАРАТІВ</b>                               |     |
| Ободович О.М., Хоменко В.О., Сидоренко В.В., Степанова О.Є.   | 124 |
| <b>INNOVATIVE MODERNIZATION OF A REFRIGERATION UNIT FOR THE PRODUCTION OF CONCENTRATED NITRIC ACID: EFFICIENCY OF TURBULIZATION AND STABILIZATION</b> |     |
| Kizenko P.V., Novokhat O.A.   | 127 |
| <b>ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ПОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ КОТЛІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМІВ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ</b>                       |     |
| Ободович О.М., Переяславцева О.О., Степанова О.Є., Чернявський К.Є.   | 131 |
| <b>IMPROVEMENTS TO THE FLOATING HEAD SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGER</b>  |     |
| Novokhat O.A., Yeltishchiev I.P.  | 135 |

**ТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА СУШІННЯ ТВЕРДИХ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВЛАСНОЮ ПІДГОТОВКОЮ ПАЛИВА В ЯКОСТІ РЕСУРСІВ**

Кремньов В.О., Тимошенко А.В., Шпільберг Л.Ю., Корбут Н.С. 139

**ВИКОРИСТАННЯ РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТУ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ТИМЧАСОВОЇ ЖОРСТКОСТІ ВОДИ**

Ободович О.М., Переяславцева О.О., Степанова О.Є 142

**ПЕРЕМІШУВАЛЬНИЙ АПАРАТ З ПОДРІБНЮВАЧЕМ**

Даніхно Р.М. Гулієнко С.В. 145

**МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ВІД ШКІДЛИВИХ ДОМШОК**

Степанова О.Є., Ковальов В.І., Чалаєв М.Д. 150

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА СУПЕРФОСФАТІВ З РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ**

Семенов Д.П., Гулієнко С.В. 153

**РОЗРАХУНОК СКЛАДУ ДИСПЕРСНОГО ШАРУ МІНЕРАЛЬНО-ГУМІНОВИХ КОМПОЗИТИВ**

Сачок Р.В. 158

**ПЕРСПЕКТИВА ЗАСТОСУВАННЯ КОНДЕНСАТУ ДИМОВИХ ГАЗІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІВ**

Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Недбайло А.Є., Радченко Н.Л., Гоженко Л.П., Щепкін В.І., Переяславцев О.М. 162

**ЗМІНА КИСЛОТНОГО ТА ПЕРОКСИДНОГО ЧИСЛА ПРИ ЗБЕРІГАННІ ЕКСТРУДОВАНИХ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ**

Целень Б.Я., Недбайло А.Є. Гоженко Л.П., Радченко Н.Л. 165

**MODERNIZATION OF THE STEAM GENERATOR OF THE FURFUIROL PRODUCTION INSTALLATION**

Slastyon M., H. S. Podyman 168

**REVIEW OF EXISTING TECHNOLOGIES AND APPARATUSES FOR CLEANING TAIL GASES FROM HYDROGEN SULFIDE IN SULFUR PRODUCTION**

Karpenko O. V., Haidai S. S. 174

**REVIEW OF EXISTING ABSORPTION EQUIPMENT FOR SYNTHESIS  
GAS PURIFICATION INSTALLATION**

Postovyi D. V., Haidai S. S.

**182**

**КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНЕ  
ЗАСТОСУВАННЯ ЦИКЛОННИХ АПАРАТІВ**

Гурківська Т.В.

**187**