

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



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

**Інженерно-хімічний факультет**



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

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

3 травня

Київ 2023

УДК 66

ББК 35.11-5я43

О 16

Збірник тез доповідей XXXII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" 3 травня 2023 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2023. – 186 с.

**Збірник тез доповідей XXXII 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:

в.о. зав. кафедри МАХНВ, к.т.н., доц. Степанюк Андрій Романович

к.т.н., професор Марчевський Віктор Миколайович

к.т.н., доц. Андреев Ігор Анатолійович

к.т.н., доц. Швед Микола Петрович

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

Кафедрою машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Протокол № 18

від 03 травня 2023 р.

**Тези опубліковано за авторською редакцією.**

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

УДК 66.081.63

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ТЕРМОДИНАМІКИ  
НЕОБРОТНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ  
НАНОФІЛЬТРАЦІЇ**

студентка Чухліб Ю.С., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.

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

**Анотація:** Розглянуті особливості використання методів термодинаміки необоротних процесів для моделювання нанофільтрації. Вказані методи для дослідження та проектування баромембранного обладнання, зокрема і нанофільтрації.

**Ключові слова:** нанофільтрація, ультрафільтрація, зворотній осмос, баромембранне обладнання

**THE SPECIFIC ASPECTS OF APPLICATION OF THE IRREVERSIBLE  
THERMODYNAMICS METHODS FOR NANOFILTRATION  
SIMULATION**

Student Chukhlib Yulia, associate professor, Ph.D. Huliienko S.V.

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

**Abstract:** Features of the use of methods of thermodynamics of irreversible processes for modeling nanofiltration are considered. Methods for research and design of baromembrane equipment, including nanofiltration, are indicated.

**Key words:** nanofiltration, ultrafiltration, reverse osmosis, pressure driven membrane equipment

Нанофільтрація – це баромембранний процес, який за своєю природою проміжний між зворотним осмосом та ультрафільтрацією. На практиці він застосовується для очищення водних розчинів від органічних речовин і мінеральних домішок на стадіях, що передують фінішної очистки води іонним обміном або електродіалізом із заповненням міжмембранного простору гранульованими іонообмінниками.[1].

Математичне моделювання – важливий метод дослідження, аналізу роботи та проектування баромембранного обладнання, зокрема і нанофільтрації. Історично першими підходами до моделювання були методи на основі термодинаміки необоротних процесів, які залишаються актуальними досі, оскільки дозволяють відносно просто описати процес, що зручно при аналізі та оптимізації великих технологічних схем [1, 2].

В роботі [1] було розглянуто потакання моделювання нанофільтрації за період 2000-2010 роки. За наступний період – з 2011 по 2020 роки в провідних тематичних журналах, таких як *Journal of Membrane Science*, *Desalination*, *Membranes* та ін. було опубліковано понад 10 статей, присвячених моделюванню нанофільтрації методами термодинаміки необоротних процесів. В цих роботах найбільш часто використовувалися традиційні моделі Кедема-Качальського та Шпіглера-Кедема розподіл між якими показано на рисунку 1.

Отже, модель Шпіглера-Кедема використовується частіше. Це пов'язано з тим, що феноменологічні коефіцієнти в цій моделі не залежать від концентрації, що зменшує необхідність застосування експериментальних методів для їх визначення [1-2]. Також варто відзначити, що така тенденція характерна також для періоду 2000-2011 років [1], та процесу зворотного осмосу [1-2].

Варто також відзначити, що такі моделі доповнюються рівнянням для потоків і використовується програмне забезпечення, таке як ASPEN та MATLAB.



Рисунок 1 – Розподіл основних моделей на основі термодинаміки необоротних процесів у 2010-2020 роках

В цілому, результати аналізу публікацій щодо математичного моделювання баромембранних процесів, зокрема нанофільтрації, показують, що місце баромембранних процесів залишається стабільним.

#### **Перелік посилань:**

1. Huliienko S. V., Korniienko Y. M., Gatilov K. O. (2020). Modern trends in the mathematical simulation of pressure-driven membrane processes. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 7(1), pp. F1–F21, doi: 10.21272/jes.2020.7(1).f1
2. Huliienko S. V., Korniyenko Y. M., Muzyka S. M., Holubka K. (2022). Simulation of reverse osmosis process: Novel approaches and development trends. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 9(2), pp. F6-F36, doi: 10.21272/jes.2022.9(2).f2

УДК 663.5

## МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ФЕНОЛУ ТА АЦЕТОНУ

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

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

**АНОТАЦІЯ:** *Розглянуто виробництво фенолу та ацетону, недоліки ректифікаційної колони та ідея модернізації. Також наведено технологічну схему.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *ФЕНОЛ, АЦЕТОН, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА.*

Ацетон це важлива речовина в органічному синтезі. Ацетон є цінним промисловим розчинником і завдяки невеличкій токсичності він отримав широке застосування у виробництві лаків, вибухових речовин, лікарських засобів. Він є вихідною сировиною в численних хімічних синтезах. В лабораторній практиці його застосовують як полярний апротонний розчинник, для приготування охолоджувальних сумішей разом із сухим льодом і аміаком, ацетон є дуже корисним для миття хімічного посуду [1].

Промислові методи отримання синтетичного ацетону загалом численні. Найбільш поширеним методом є окислювальне дегідрування ізопропілового спирту [1].

Фенол – це найпростіша сполука з класу фенолів, похідна аренів, у молекулі якої безпосередньо реалізується зв'язок гідроксильних груп і бензольного кільця. По суті, це слабка кислота, що і є головною відмінністю між фенолами та спиртами (неелектролітами). Випускається світовою

промисловістю в мільйонах тонн щорічно. Характеризується токсичністю і досить великою їдкістю, здатна обпалювати шкіру і виступає потужним іритантом [1].

Кумольний метод. Основний спосіб отримання, на який припадає близько 95 % світового фенольного виробництва [1].

Ацетон відганяють у ректифікаційній колоні; ізопропілбензол з домішками  $\alpha$ -метилстиролу і фенолу відганяють у ректифікаційній колоні. Ці домішки заважають нормальному перебігу реакції окиснення, тому ізопропілбензол очищають за рахунок ректифікації [1].

Система екстракційної дистиляційної колони містить комбіновану колону та бічну ректифікаційну колону. Процес може бути використаний для відділення бутенів від C4-вуглеводневих потоків за допомогою системи екстракційної дистиляційної колони. Також колону може бути використана для розділення фенолу і ацетону [2].

Недоліком колони є велике споживання додаткових теплоносіїв.

Ідея модернізації, забезпечити рекуперацію енергії, шляхом подачі рідини після дефлегматора на обігрів теплообмінника.

Схема отримання фенолу та ацетону показана на рисунку 1.



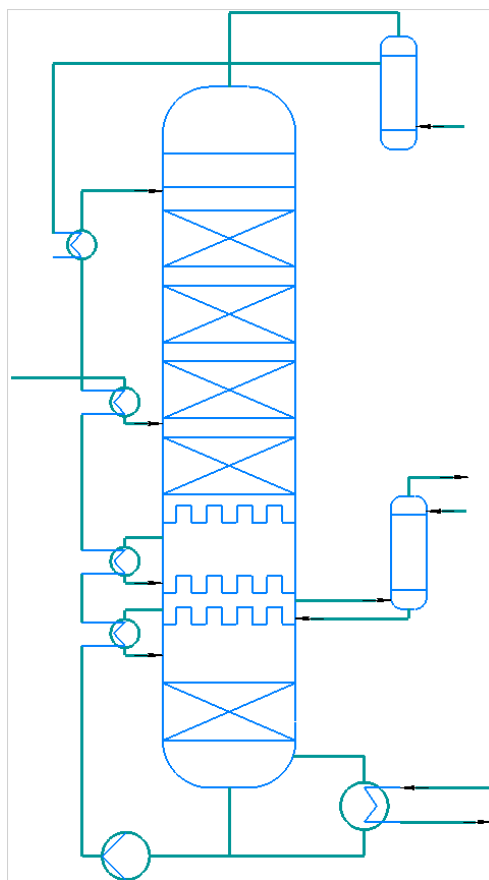


Рисунок 1 - Схема ректифікаційної колони

Висновок – така конструкція колони дозволить забезпечити підвищення ефективності використання теплоносіїв та енергетичних ресурсів.

**Перелік посилань:**

1. Столяр О.О. Модернізація установки виробництва фенолу та ацетону з розробкою ректифікаційної колони / Столяр О.О., Гулієнко С.В., Марчевський В. М. // Збірник тез доповідей XXXI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" 5-7 грудня 2022 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – с. 4-7

2. Extractive distillation column system and the use thereof in the separation of butens from C-4 hydrocarbon streams. Pat. USA 2022/0411352 A1

УДК 66.021.4

## TURBULATION DEVICE OF TUBULAR FLOW HEAT EXCHANGERS

student Koriukaiev O. S., Ph.D., associate professor Novokhat O. A.

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

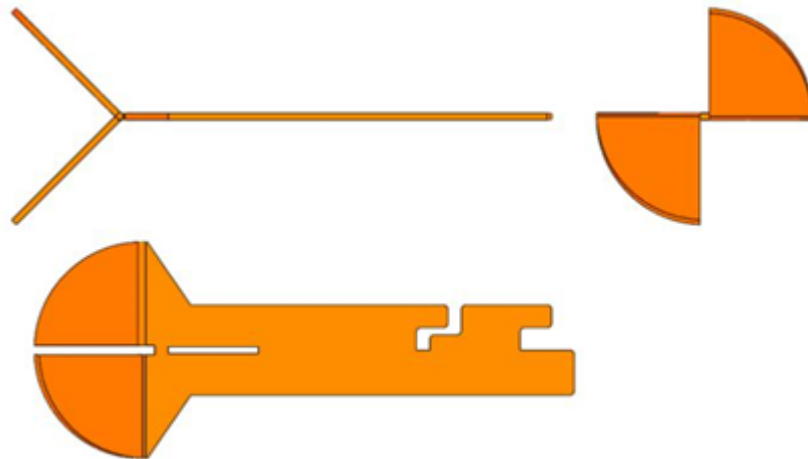
**Abstract:** Suggested the option of modernization of the "pipe-in-pipe" type heat exchanger. Performed computer modeling of the heat transfer process and analysis of the impact of modernization on the characteristics of the heat exchanger.

**Key words:** HEAT EXCHANGE, "PIPE IN A PIPE", OIL, LUBRICANT, FLOW TURBULATION.

The heat exchange process involving highly viscous liquids, such as oil distillates, oils, petroleum products, etc., is associated with certain difficulties. This is due to the high values of the dynamic viscosity coefficient, which makes it practically impossible to organize the developed turbulent movement of the coolant. As a result, the heat transfer coefficient in such devices is 3-14 times lower than in processes using liquids similar to water [1]. In this regard, there is a need for means of creating turbulation of the flow of a viscous coolant.

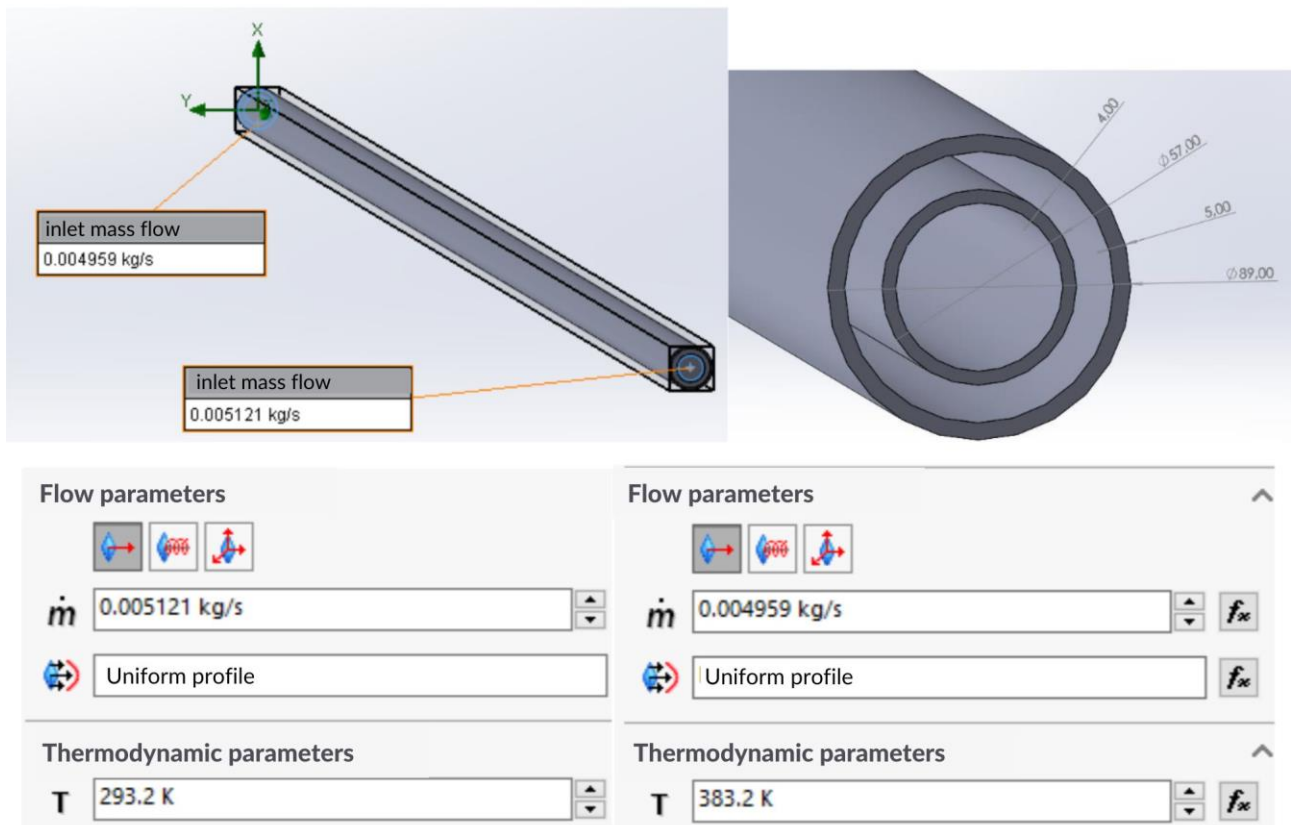
To achieve the goal, the authors suggest using the developed device in the form of a plate with protrusions bent in opposite directions (Picture 1).

This device is modular, which allows it to be installed in pipes of any length. It can be easily scaled to any diameter and is very simple to manufacture. This device is easily mounted in the installation by simply placing it in the inner pipe and is just as easily dismantled for maintenance, allowing unhindered cleaning of the pipes.



Picture 1 - General view of the flow turbulator.

The “SOLIDWORKS Flow Simulation” software package was used to simulate the temperature exchange between hot and cold olive oil in a pipe-in-pipe heat exchanger with an inner pipe of 57×4 mm and an outer pipe of 89×5 mm. The length of the heat exchanger was 6 m (Picture 2).



Picture 2 – Simulation parameters.

As a result of the simulation of coolant flows, the data given in Table 1 were obtained.

As we can see from Table 1, the proposed device effectively turbulates the heat exchange process, as a result of which the amount of transferred heat per 1 heat exchanger increased by 78% (Table 2). It should also be noted that the installation of these plates increases the hydraulic resistance of the device, so the feasibility of use must be calculated for each case separately.

Table 1. Simulation results of oil flow options

Parameter	Non- modernized	Modernized
Weight of the heat exchanger, kg	93,58	95,79
Outlet pressure inside the inner pipe, Pa	101330	101345
Outlet pressure inside the intertube space, Pa	101338	101341
Outlet temperature inside the inner pipe, K	343,69	383,2
Outlet temperature inside the intertube space, K	330,84	317,81

Table 2. Comparative characteristics of heat exchangers

Parameter	Non-modernized	Modernized
Pressure drop inside the inner pipe, Pa	5,29	19,86
Pressure drop inside the intertube space, Pa	12,93	16,36
Temperature change inside the inner pipe, K	50,54	90,05
Temperature change inside the intertube space, K	32,31	45,34

Therefore, this design will allow to increase the intensity of heat exchange by turbulating the coolant inside the pipe space. This improvement is intended in the following cases:

- the necessity of increase the heat transfer coefficient of the heat exchanger with the same dimensions;
- the necessity of reduce the metal capacity while ensuring the necessary heat flow;

**References:**

1. Ioffe. I. L. Proektyrovanye protsessov y apparatov khymycheskoi tekhnolohyy (Designing processes and apparatus of chemical technology). – 1991 – 352 p.

UDC 663.5

**MODERNIZATION OF THE METHANOL-BENZENE MIXTURE  
SEPARATION UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF A  
RECTIFICATION COLUMN**

assistant Podyman Hryhorii, student Roman Rybitva

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**ABSTRACT** : *This work presents a study of the technical and technological improvement of the efficiency of the distillation column. The directions of modernization of the rectification column are substantiated.*

**KEYWORDS** : RECTIFICATION, RECTIFICATION COLUMN, TYPES, COMPARISON.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ БЛОКУ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ МЕТАНОЛ-БЕНЗОЛ  
З РОЗРОБКОЮ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ**

асист. Подиман Г. С., студент Рибитва Р. В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

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

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** РЕКТИФІКАЦІЯ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, ВИДИ, ПОРІВНЯННЯ.

Analyzing the list of patents for the last 5 years, the most common drawback of the rectification column is an insufficiently effective design solution for the distribution of the liquid, and sometimes gas phase, which reduces the intensification of the process [1-5].

Useful models are based on the task of increasing the intensification of the mass transfer process by installing double caps or by installing additional smaller caps between larger caps in the rectification column.

The rectification column contains mass exchange plates. The mass transfer plate has larger nozzles with larger caps interspersed with additional smaller caps that are attached to the smaller nozzles. The improved cap plate works as follows: when supplying steam to the column, the steam passes through the nozzles and, accordingly, continues to fall under the caps of a larger size and the caps of a smaller size.

Solving this problem leads to uniform distribution of the liquid over the volume of the mass exchange plate, prevention of the formation of a wall effect by the liquid, and the possibility of adjusting the contact surface of the phases, i.e. the efficiency of the plate, without reducing the productivity of the column.

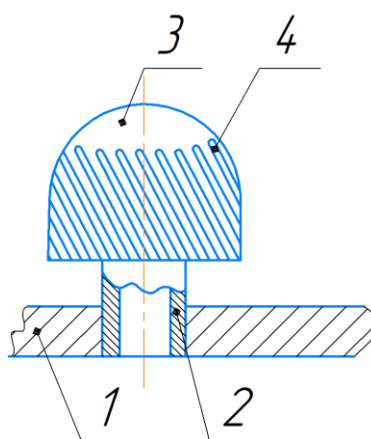
An equally common problem is that overflow devices installed in a distillation column waste a lot of space. This space could be filled with additional contact devices or by increasing the cross-section of the pipe, the flow of the mixture could be accelerated.

As a result, an overflow device is used in the rectification column, which is located in the center, in the form of outer and inner central pipes, located concentrically. Holes are made in the outer and inner central tubes, which are centered in vertical planes, which pass through the axis of the apparatus and are separated by guide ribs, one of which is extended to the body and connected to it by a gasket, which are welded to the outer tube, which is welded to the base of the plate. The gap between the pipes is provided by gaskets that fit into the ring groove of the outer pipe. To separate the liquid that fills the plate from the liquid that drains from it, bottoms with rounded walls with holes are welded in the inner pipe, and a gasket is placed between the gaskets in the groove between the annular grooves. The drain hole is located between the gaskets and the respective larger

and smaller rib. The inner pipe is collapsible and consists of separate pipes connected by a flange connection. The base of the plate is fixed to the support frame through a gasket with a bolted connection. Fittings for the entry of the initial mixture and phlegm are inserted into the column body, and then into the opening of the outer pipe and the slot of the inner pipe. Thanks to the place, the inner tube does not scroll. The inner pipe is attached to a lifting mechanism, attached to a beam attached to the hull and is actuated by a valve.

This solution allows you to increase the efficiency of the plate, which will increase its efficiency, as well as to make changes in the operation of the column right during the process, knowing in advance how much you need to turn the valve, to set the required liquid level to a clearly defined height through the binding of height measurement units pipe and valve rotation, which facilitates the process of controlling the rectification column.

However, some more universal solution is needed, which will provide high efficiency and help to intensify the mass exchange. Such a solution can change the structure and appearance of the contact caps (Fig. 1).



1 – plate body; 2 – nozzle with a cap; 3 – cap; 4 – slot in the cap

Figure 1 – Structural cap of the distillation column



Slots are located at an angle to the vertical plane, which increases the contact area of the phases. The proposed modernization allows to increase the efficiency of the plate, correspondingly lowering the total height of the column.

**References:**

1. Rectification column// Patent UA 127769U. 2018// Kychak R.V.
2. Rectification column// Patent UA 124245U. 2018// Tkachuk M.V. , Stapaniuk A.R.
3. Rectification column// Patent UA 142419U. 2020// Khomenko M.V. , Polyakova V.I., Bobrovitskyi D.D., Stepaniuk A.R.
4. Rectification column// Patent UA 136396U. 2019// I. L. Voloshyn , A. R. Stepaniuk.
5. Rectification column// Patent UA 128466U .2017 // Fedorenko K.V.

УДК 661.7

## МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ УСТАНОВКИ АЛКІЛУВАННЯ БЕНЗЕНУ

студентка Вакуліна А.Д., старший викладач., к.т.н. Сачок Р.В. доц., к.т.н.  
Гулієнко С.В.

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

*Анотація:* Розглянуто опис технологічного процесу алкілування бензену. Визначено недоліки наявного апарату. Запропоновано модернізацію існуючого апарату для підвищення якості продукту.

*Ключові слова:* ректифікаційна колона, алкілування бензену, модернізація.

В сучасній промисловості широко розповсюджений процес алкілування аренів для їх подальшого використання в різних напрямках. Найбільш поширеним ареном виступає бензен, продукти алкілування якого можуть брати участь у великій кількості галузей. Для самого алкілування в якості радикалів, що приєднуються, використовують галогенопохідні етилену та пропилену. В результаті отримуємо відповідні сполуки, такі як етилбензен і кумол. В основному, ці сполуки використовують для подальшого виробництва різного роду каучуків та пластмас із стиролу та його гомологічного ланцюгу. Із кумолу шляхом окиснення добувають фенол із ацетоном [1].

Алкілування бензену пропіленом в рідкій фазі відбувається за допомогою каталізатору, а саме хлориду алюмінію. Бензен проходить через стадію нагрівання перед тим, як потрапити в ректифікаційну колону для

розділення рідин і вилучення води. Цей процес необхідний для забезпечення більшого відсотку чистої речовини на виході, оскільки вода може завадити процесу алкілування. Після проходження ретифікаційної колони, зневоднений бензен проходить через апарат, в якому, безпосередньо, відбувається процес алкілування з використанням хлориду алюмінію. Продукти реакції збирають з верхнього шару рідини і подають у відстійник, з якого, в свою чергу відводяться залишки каталізатору та рідина, з якої вилучається пропілен, що не був задіяний в реакції. Цей пропілен проходить певну стадію очистки для запобігання корозії апаратів та вилучення домішок таким чином, що його можна буде надалі повторно використовувати [1].

Гази, які виділяються під час всього процесу охолоджують разом з парами бензену до повної його конденсації і проходження через апарати до повторного його використання [1].

Оскільки процес доволі складний, рівень апаратів має бути відповідним, то ж модернізація деяких апаратів може вдосконалити сам процес та пришвидшити бажаний результат з мінімальним витратами. Саме тому було прийняте рішення про модернізацію ретифікаційної колони для збільшення ККД в процесі самого відокремлення бензену від води, оскільки цей процес в усій схемі перетворень є найважливішим і від його якості залежить відсоток чистого продукту на виході [1].

Прототипом для модернізації виступила корисна модель [2], яка має на меті виправити недоліки існуючої до цього групи ректифікаційних колон, які зазвичай використовують різницю у висоті для ректифікації, що призводить до низької якості очищення вуглекислого газу, низької продуктивності та ефективності роботи, та низького виходу продукту. Для цього в верхній частині та в кубі колони були встановлені вбудовані теплообмінники (рисунок 1).

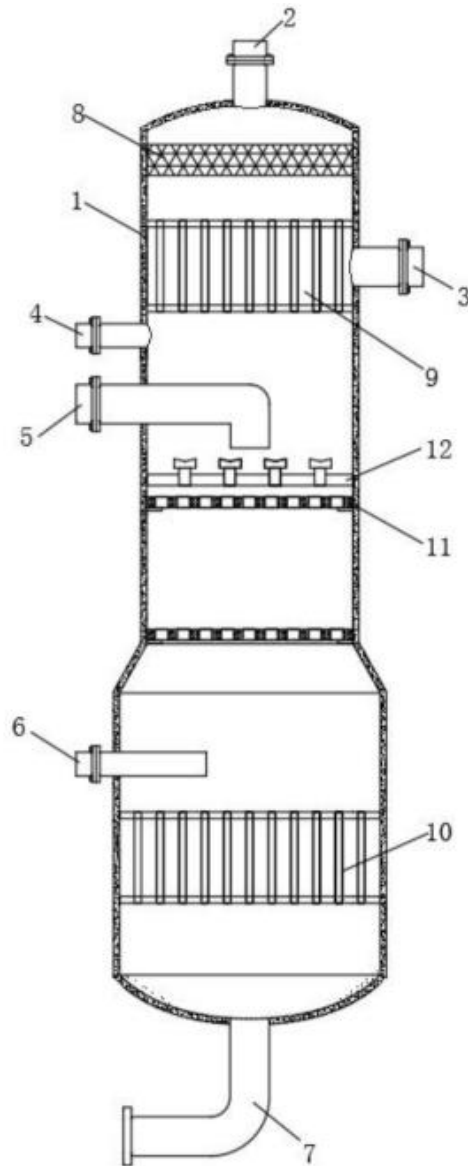


Рисунок 1 – Схема колони запропонованої в роботі [2]

Така конструкція дозволяє оптимізувати тепловий режим в колоні. Проте запропоновані теплообмінники недостатньо ефективні через низьку інтенсивність теплообміну в міжтрубному просторі, тому така колона потребує модернізації, схема якої показана на рисунку 2.

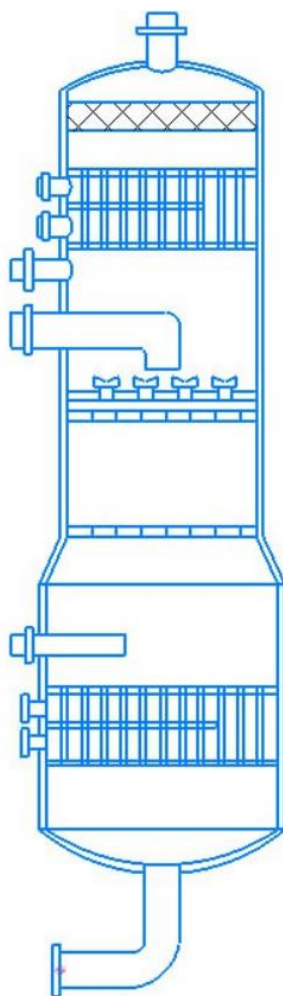


Рисунок 2 – Схема ідеї модернізації

Ідея модернізації полягала в тому, що в міжтрубному просторі теплообмінників буде встановлені перегородки, які дозволять збільшити швидкість руху теплоносіїв, а отже і інтенсивність тепловіддачі в міжтрубному просторі. Тому така конструкція дозволить підвищити ефективність теплообміну в колоні, а відповідно і саму роботу колони в цілому.

#### **Перелік посилань:**

1. Вакуліна А.Д. Модернізація установки алкілування бензену / Вакуліна А.Д., Сачок Р.В., Гулієнко С.В. // Збірник тез доповідей XXXI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і

молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" 5-7 грудня 2022 р. м. Київ) К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – с. 52-55

2. Патент № CN217909028U, Китай, МПК B01D3/166 Інтегрована ректифікаційна колона з подвійним теплообмінником. Опубл. 2022-11-29

УДК 66.048.3.069.82(048.83)

## IMPROVEMENT OF THE CONTACT PLATE OF THE MASS TRANSFER APPARATUS

Anastasiia Dovhopol, Igor Andreiev

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

***Annotation.** The design of the plate of the mass transfer apparatus with the arrangement of holes with bent scales in a checkerboard pattern on the entire contact area of the web is proposed, which further intensifies the process of mass transfer between phases. To create a pulsation movement of the light phase at the outlet from under the flakes into the heavy phase layer, the flakes can be made wavy or with transverse corrugations.*

*The proposed design significantly improves the conditions of mass transfer on the plate of the mass transfer apparatus in a wide range of plate loads for the processed phases.*

**Key words:** MASS-TRANSFER APPARATUS, CONTACT PLATE, BUBBLING.

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТАКТНОЇ ТАРИЛКИ МАСООБМІННОГО АПАРАТА

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

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

***Анотація.** Запропоновано конструкцію тарілки масообмінного апарата з розташуванням отворів з відігнутими лусочками у шаховому*

*порядку на всій контактній ділянці полотна, що додатково інтенсифікує процес масообміну між фазами. Для створення пульсаційного руху легкої фази на виході з-під лусочок у шар важкої фази лусочки можуть бути виконані хвилеподібними або з поперечними гофрами.*

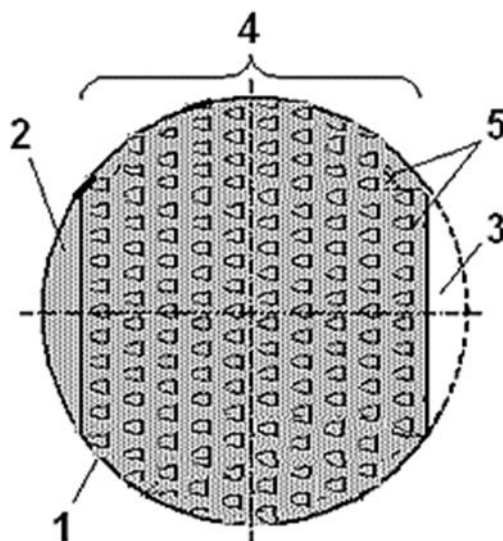
*Пропонована конструкція істотно поліпшує умови масопередачі на тарілці масообмінного апарата в широкому діапазоні навантажень тарілки по оброблюваних фазах.*

**Ключові слова:** МАСООБМІННИЙ АПАРАТ, КОНТАКТНА ТАРІЛКА, БАРБОТАЖ.

In the mesh plates of mass transfer devices, due to the large number of small holes, steam (gas) enters the liquid in the form of many bubbles, which ensures good interaction with the liquid. In addition, during periodic rectification, the liquid on the mesh plates does not remain on the plates after the operation, but completely flows down through the holes.

The main direction of improving the contact plates of mass transfer apparatus nowadays is to increase the efficiency of technological processes [1]. The authors propose an improvement of the contact plate [2] with round holes and scales bent upward above them and directed towards the drainage area, which consists in arranging holes with scales in a staggered pattern on the entire contact area of the web. This increases the number of holes with scales, which leads to intensification of mass transfer between the phases (see Fig.).





1 – round horizontal web, 2 – receiving area, 3 – drainage area,  
4 – contact area, 5 – flake

Figure 1 - Contact plate of the mass transfer apparatus (a) and a separate scale (b)

The proposed contact plate of a mass transfer apparatus contains a circular horizontal web 1 with a receiving section 2 in the form of a continuous segment, a drain section 3 formed by a removed segment of the circular horizontal web 1, and a contact section 4 located between the said sections 2 and 3 with scales 5 bent upward and directed towards the drain section 3. The flakes 5 can be made with transverse corrugations or wavy to create a pulsation movement of the light phase at the outlet from under the flakes into the heavy phase layer moving along the round horizontal plate, which further intensifies the process of mass transfer between the phases.

During the operation of the mass transfer apparatus, the heavy phase from the upstream contact plate enters the receiving section 2 of the round horizontal web 1 of this contact plate. Then the heavy phase begins to move along the contact area 4 in the direction of the drain area 3, from which it flows to the downstream contact plate. At the same time, the light phase from under the scales 5 enters the

heavy phase layer moving along the round horizontal plate 1. While the phases are within the contact area 4, a mass transfer process occurs between them.

### References:

1 Anastasiia Dovhopol, Igor Andreiev. Modern directions of improvement of contact plates of column apparatus: збірник тез доповідей XXXI всеукраїнської наук.-прак. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених „Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів”, м. Київ, 5–7 грудня 2022 р., Київ: 2022. С. 85–88.

2 Контактна тарілка масообмінного апарата: пат. 140913 U Україна: МПК В01D 3/18 (2006.01). № u201909745; заявл. 11.09.2019; опубл. 10.03.2020, Бюл. № 5.

UDC 662.73

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНОГО АПАРАТА УСТАВНОКИ  
ВИРОБНИЦТВА АМОФОСУ**

Студент Фурман А.В., к.т.н., доцент Гулієнко С.В., асистент Подиман Г.С

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ:** *Розглянуто виробництво амофосу, використання випарного апарату у виробництві, його роль. Запропонована модернізація патента випарного апарату для збільшення ефективності використання випарного апарату.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *АМОФОС, ВИПАРНИЙ, АПАРАТ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.*

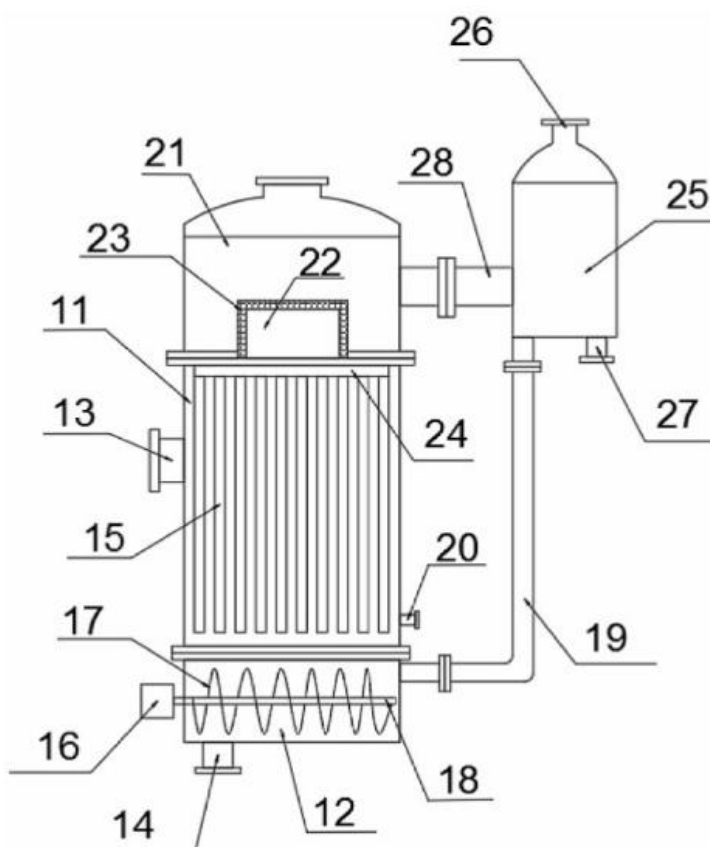
Амофос - це мінеральне добриво, яке містить фосфор і азот, і використовується для підживлення рослин. Він допомагає підвищити врожайність, покращити якість плодів та зменшити витрати на добрива.[1]

Для виробництва амофосу використовують фосфоритні сировини, які піддають фізико-хімічній обробці. Сировину змішують з кислотою або лужною речовиною, щоб утворити фосфатну сіль. Потім отриману сіль обробляють амонієм, що дає амоній фосфат - основну складову амофосу.

Випарний апарат грає важливу роль в процесі виробництва амофосу. Він використовується для видалення зайвої води з рідинного фосфату, що дозволяє концентрувати його і збільшувати продуктивність виробництва. У випарному апараті розчин фосфатної солі нагрівається та випаровується, а потім конденсується, щоб знову стати рідиною. Процес випаровування відбувається за допомогою високотемпературного пару, що утворюється в котлі. Після випаровування вода з випаровувальної камери відводиться, а

фосфатна сіль залишається в апараті і далі використовується для виготовлення амофосу.

Випарний апарат займає важливу роль в схемі з виробництва амофосу. Так як він займає велику площу за потребує багато ресурсів для роботи його потрібно модернізувати та покращити роботу всієї схеми виробництва амофосу.



11 — середня частина випарника; 12 — нижня частина випарника; 13 — отвір для введення пари; 14, вхідний отвір для матеріалу; 15 труба опалення; 16, двигун А; 17 — лопатка, що обертається; 18 — обертовий вал; 19 - зворотна труба; 20 - вихід конденсату; 21 — верхня частина випарника; 22, двигун В; 23 — теплоізоляційний шар; 24, фіксована нижня пластина; 25 — сепаратор; 26 вихід вторинної пари; 27 вихід концентрату; 28, транспортна труба.

Рисунок 1 – Схема випарного апарата, запропонованого в роботі [3]

Так як випарний апарат має велике значення для виготовлення амофосу тому обравши патент була запропонована модернізація установки випарного апарату для покращення всього процесу.[2]

Обертювий вал дозволяє рівномірно транспортувати матеріали в середню частину випарника, щоб уникнути накопичення матеріалів на торцевій поверхні нагрівальної труби.

Недоліком даної конструкції є те що не задіяна сила тяжіння що є не енергоефективним методом вивантаження упареного розчину. Також одним з недоліків є присутність зон де все одно залишаються застійні зони

Для усунення недоліків запропонована нова конструкція показана на рисунку 2.

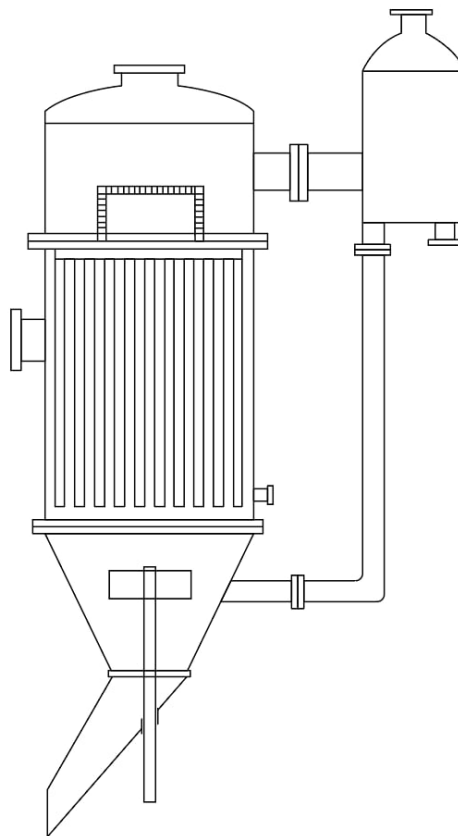


Рисунок 2 – Схема запропонованої модернізації

Перевагою даної модернізації є те що нова конструкція дозволяє зберегти переваги прототипу і усунути застійні зони, також пришвидшити

вивантаження за рахунок рушійної сили та зменшити затрати енергії використовуючи силу тяжіння.

### **Список літератури**

1. Попов Н.П. Випарні апарати у виробництві мінеральних добрив. Л.: Хімія, 1974. 128 с.
2. Фурман А.В. Теплообмінник для охолодження біогазу технологічної схеми процесу очищення біогазу / Фурман А.В., Гайдай С. С., Гулієнко С. В. // Збірник тез доповідей XXXI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" 5-7 грудня 2022 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – 59-62
3. Патент № CN216824840U. Китай. Швидкісний концентраційний пристрій. МПК В01D1/06. Опубл. 28. 06.2022.

UDC 665.642.26

**MODERNIZATION OF THE STEAM GENERATOR FOR THE  
INSTALLATION OF SEPARATION OF THE METHANOL-BENZENE  
MIXTURE**

assistant Podyman Hryhorii, student Shumeiko Yehor

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

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

**KEY WORDS :** STEAM GENERATOR, BOILER, PATENT REVIEW

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАРОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ УСТАНОВКИ  
РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ МЕТАНОЛ-БЕНЗОЛ**

асистент Подиман Г. С., студент Шумейко Є.А.

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

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

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПАРОГЕНЕРАТОР, КИП'ЯТИЛЬНИК,  
ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД

When obtaining benzene from coal tar and coke gas, a large proportion of the methanol-benzene mixture is also obtained, for its separation, the most productive and energy-efficient is the use of a distillation column, for which it is necessary to use a boiler.

The main task of the patent review is to study the advantages and disadvantages of known designs of steam generators, with the determination of ways to solve the problem to improve the efficiency of the device.

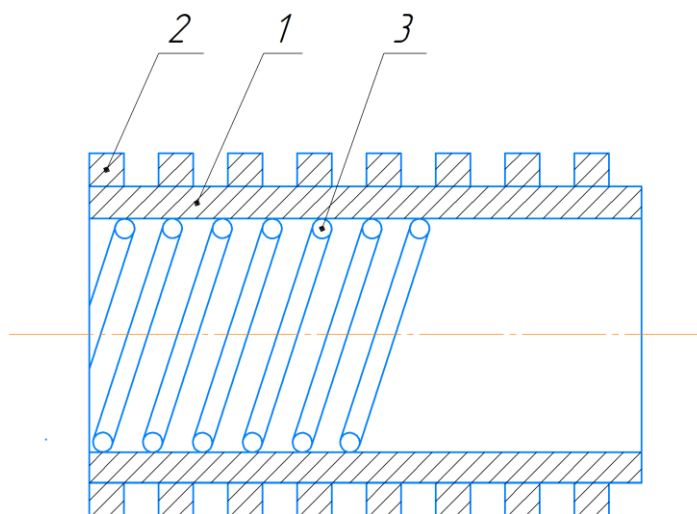
As you know, the boiler consists of a body with steam space, fittings, and pipe elements. The efficiency of the boiler depends on the shape and location of these elements [4].

After reviewing new developments over the past five years [1-3], it is possible to conditionally divide the tasks of modernization into the following categories:

- intensification of the heat exchange of the steam generator;
- increasing the reliability of the structure;
- increasing productivity while reducing overall dimensions.

One of the most common solutions for intensifying heat exchange is tubulating the heat carrier in the middle of the pipe, which increases the efficiency of heat exchange, but due to the presence of a turbulator, or more precisely, empty zones between the turbulator and the pipe, an air layer is formed there, which creates, albeit insignificant, thermal resistance in that point. The formation of this thermal resistance worsens the heat exchange at the point of contact of the coolant with the pipe. Therefore, to improve heat exchange, it is also necessary to change the surface of the pipe (Fig. 1).





1 – pipe; 2 – ribbed surface of the pipe; 3 – turbulator

Figure 1 – modernized pipe of the steam generator

This modernization will make the design more complex but will allow increasing the area of heat exchange, which will ensure faster heat exchange. In addition, increasing the area of heat exchange will allow reducing the length of the device, due to the reduction of the length of the pipes. In this way, two problems will be solved at once - increasing productivity while reducing the overall dimensions and intensifying the heat transfer of the steam generator.

#### Literature:

1. Patent for the invention UA 119374 C2, Steam generator. The date from which the invention rights are valid: 10.06.2019
2. Utility model patent UA 134990 U, Tubular element of a steam generator. Date from which utility model rights are valid: 06/10/2019
3. Invention patent UA 123300 C2, Electric steam generator. Date from which the intellectual property rights are valid: 11.03.2021
4. Pavlov K.F., Romankov P.G., Noskov A.A. " Examples and tasks for the course of processes and devices chemical technologies ", Leningrad : Chemistry , 1987

УДК 66.081.63

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ  
ГІДРОДИНАМІКА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НАНОФІЛЬТРАЦІЇ**

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

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

**Анотація:** Розглянуто основні підходи щодо застосування методів обчислювальної гідродинаміки для моделювання процесу нанофільтрації. Визначено особливості застосовування спеціалізованого програмного забезпечення для реалізації CFD методів у розглянутому випадку.

**Ключові слова:** НАНОФІЛЬТРАЦІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ГІДРОДИНАМІКА, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

**THE SPECIFIC ASPECTS OF APPLICATION OF THE  
COMPUTATIONAL HYDRODYNAMICS METHODS FOR  
NANOFILTRATION SIMULATION**

Student Vovk M. Y., associate professor, Ph.D. Huliienko S.V.

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

**Abstract:** The main approaches about application of computational fluid dynamics for nanofiltration process are considered. The specific aspects of using of specialized software for CFD realization in considered case are determined.

**Keywords:** NANOFILTRATION, SIMULATION, COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS, SOFTWARE

Нанофільтрація – це баромембранний процес, який за своєю природою проміжний між зворотним осмосом та ультрафільтрацією. На

практиці він застосовується для обробки води питного призначення, також використовується в виробництві харчових продуктів, очищенні стічних вод та газів, фармацевтичній промисловості, електрофоретичній депозиції. Нанофільтрація широко застосовується в паливній, оптичній та космічній промисловості. [1].

Математичне моделювання – важливий метод дослідження, аналізу роботи та проектування баромембранного обладнання, зокрема і нанофільтрації. Серед сучасних підходів до моделювання таких процесів особливе місце займають методи обчислювальної гідродинаміки (computational fluid dynamics - CFD). Цей метод полягає у числовому розв'язку систем рівнянь, що описують течію рідини, а за потреби і масообміну, в каналі мембранного модуля, а саме системи рівнянь Нав'є-Стокса, рівняння нерозривності та рівняння збереження маси. Враховуючи складність таких рівнянь, для їх розв'язку доцільно застосовувати комп'ютерні методи, в тому числі і спеціалізоване програмне забезпечення [1, 2].

В роботі [1] було розглянуто потакання моделювання нанофільтрації за період 2000-2010 роки. За наступний період – з 2011 по 2020 роки в провідних тематичних журналах, таких як *Journal of Membrane Science*, *Desalination*, *Membranes* та ін. було опубліковано понад 20 статей, присвячених моделюванню нанофільтрації методами CFD. В цих публікаціях використовувалося таке програмне забезпечення: ANSYS FLUENT, COMSOL Multiphysics, Open FOAM, ROSA Розподіл цих програм за частотою використання показаний на рисунку 1.

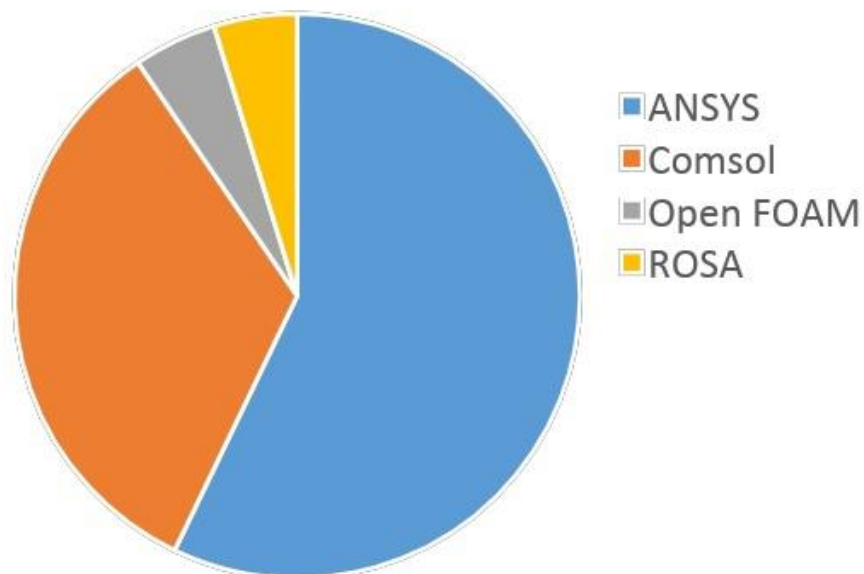


Рисунок 1 - Розподіл програм за частотою використання.

Отже, найбільш часто використовуваними програмами є ANSYS FLUENT який отримав найбільше поширення в 12 працях і серед іншого програмного забезпечення широко застосований COMSOL, застосовувався в 7 розглянутих публікаціях. Імовірно, надалі ці програми залишатимуться найбільш поширеними. Однак, варто також відзначити зростання використання середовища Open FOAM, яке має відкритий код.

#### **Перелік посилань:**

1. Huliienko S. V., Korniienko Y. M., Gatilov K. O. (2020). Modern trends in the mathematical simulation of pressure-driven membrane processes. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 7(1), pp. F1–F21, doi: 10.21272/jes.2020.7(1).f1
2. Huliienko S. V., Korniyenko Y. M., Muzyka S. M., Holubka K. (2022). Simulation of reverse osmosis process: Novel approaches and development trends. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 9(2), pp. F6-F36, doi: 10.21272/jes.2022.9(2).f2

УДК 66. 663.635.048

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА СОЛІ З  
РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ**

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

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ:** *Зменшення енергозатрат в процесі виробництва солі є ключовим завданням для підприємств, що працюють у харчовій та споріднених галузях промисловості. Одним із способів оптимізації роботи барабанних сушарок є розробка лопастних насадок з отворами, через які буде висипатись сіль під час обертання насадки. Коректний розрахунок габаритних розмірів та розташування цих отворів дозволить збільшити інтенсивність сушіння та зменшити енерговитрати. Для розробки фізичної моделі були враховані конструктивні умови та теплофізичні властивості речовини, а також втрати теплоти в навколишнє середовище. Припущено, що температура повітря значно вища за температуру солі, що призводить до теплообміну між речовиною та повітрям, що в свою чергу призводить до висушування. В анотації розглянуто ключові поняття: барабанна сушарка, лопастні насадки, висипання солі через отвори та процес сушіння. Оптимізація виробництва солі, що базується на застосуванні лопастних насадок з отворами, дозволить збільшити продуктивність апарата та зменшити енерговитрати, що є важливими завданнями для виробництва високоякісної та конкурентоспроможної продукції.*

**Ключові слова:** БАРАБАННА СУШАРКА, ЛОПАСТНІ НАСАДКИ, ПРОЦЕС СУШІННЯ, ЕНЕРГОВИТРАТИ.

**Метою** даної роботи є покращення ефективності роботи барабанної сушарки шляхом встановлення додаткових вентиляційних отворів. Оптимізація роботи сушарки дозволить зменшити витрати енергії та збільшити продуктивність промислового виробництва. Для досягнення мети було проведено експериментальні дослідження з визначенням оптимальної кількості та розташування вентиляційних отворів, розроблено та виготовлено необхідні конструкційні зміни для встановлення вентиляційних отворів, та проведено аналіз отриманих результатів.

Відповідно до технологічної документації, затвердженої у встановленому порядку і дотримуючись санітарних норм та вимог цього стандарту, сіль виготовляють за технологічною схемою, яка зображена на рисунку 1 [1]. Морська вода після фільтрування в фільтрі 1, підігрівається на підігрівачі 2, що дозволяє отримати підігріту суміш. Далі, ця суміш подається до випарного апарату 3, після чого охолоджується в теплообміннику 4 і потрапляє до кристалізатора 5, де додатково кристалізується на поверхні вже наявних кристалів. Після завершення процесу кристалізації, сіль подають в центрифугу 6, де за допомогою відцентрової сили відділяється від води. Потім сіль промивають водою в апараті 7, фільтрують в фільтрі 8 та висушують у барабанній сушарці 9.

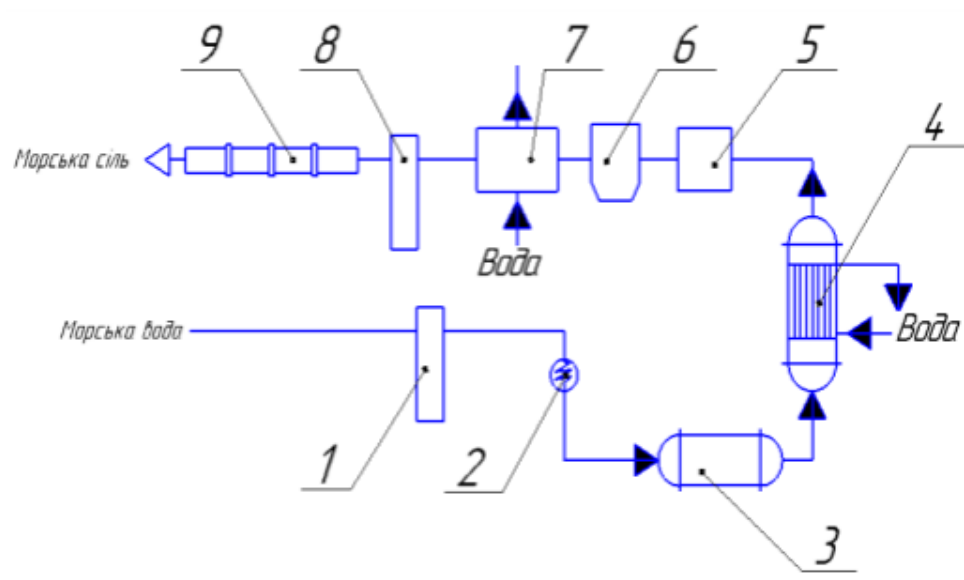
Технологічна схема установки переробки солі зображена на рисунку 1 [2].

Барабанна сушарка є важливим обладнанням для сушіння різних матеріалів, таких як зерно, деревина, помет тварин тощо.

Одним із найважливіших елементів сушарки є лопастні насадки, які розподіляють сушену сировину по всій поверхні барабану для досягнення рівномірного висушування.

Проте, існує проблема неефективного висушування при використанні стандартних лопастних насадок. З метою покращення роботи сушарки та

збільшення її продуктивності, можна виконати модернізацію, яка полягає в створенні отворів в лопастних насадках.



1 – фільтр; 2 – підігрівач; 3 – випарний апарат; 4 – теплообмінник; 5 – кристалізатор; 6 – центрифуга; 7 – апарат для промивання водою; 8 – фільтр; 9 – барабанна сушарка.

Рисунок 1 - Технологічна схема установки переробки солі [2]

Ця модернізація дозволяє підвищити продуктивність сушарки за рахунок збільшення кількості повітря, яке потрапляє в барабан. Отвори в лопастних насадках допомагають розподілити повітря рівномірно по всій поверхні барабану, забезпечуючи ефективне висушування сировини.

Таким чином, модернізація барабанної сушарки шляхом створення отворів в лопастних насадках є важливою технологічною інновацією, яка дозволяє підвищити продуктивність та ефективність роботи обладнання. Це може бути важливим аспектом для підвищення економічної рентабельності та зниження витрат на виробництво в різних галузях промисловості.

Барабанна сушарка, яка показана на рисунку 2, складається з корпусу 1, який нахилено до горизонту під кутом  $1,5^\circ$  та приводиться до руху за допомогою привідної станції 3, яка включає в себе двигун та редуктор. Для

передачі навантаження барабану та його складових передбачено бандажі, які опирають на опорну 4 та упорно-опорну станції. Для завантаження та вивантаження матеріалу встановлені камери 5, 6 з обох боків корпусу, також через ці камери подається та відводиться сушильний агент. Камери з'єднуються з корпусом через лабиринтні ущільнення 7, 8. Матеріал, що потрібно висушити, подається через трубу 9 та потрапляє у завантажувальну камеру, протитечією подається сушильний агент через вивантажувальну камеру. Кінцевий продукт, а саме морська сіль вивантажується з камери 5.

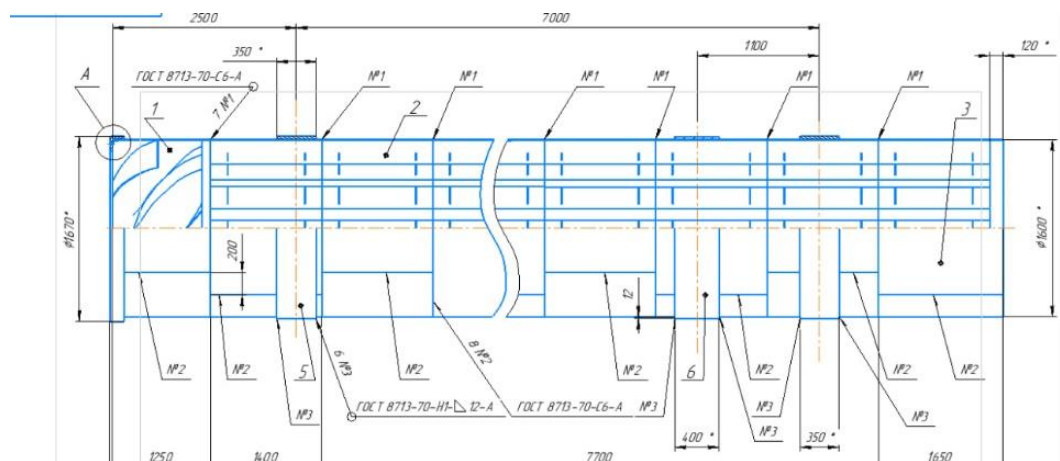


Рисунок 2 – Схема барабанної сушарки

Модернізація лопастної насадки в барабанній сушарці (рис.3), за допомогою отворів, може покращити ефективність процесу сушіння та знизити споживання енергії.

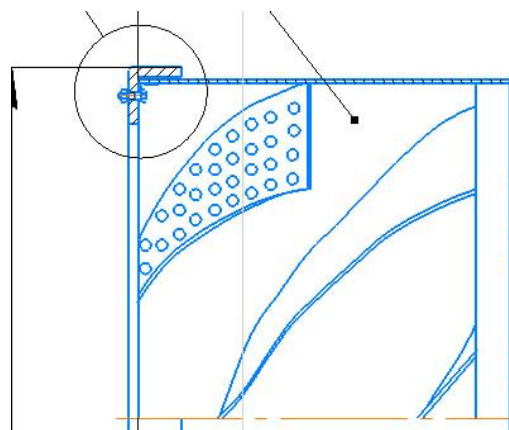


Рисунок 3 – Схема модернізації насадки



Отвори в лопастях можуть забезпечити кращу циркуляцію повітря в барабані сушарки, що дозволить рівномірніше розподілити тепло та зменшити час сушіння. Також, це допоможе уникнути перегрівання деяких частин речовин, що може призвести до їх пошкодження.

Застосування отворів у лопастях також дозволить знизити споживання електроенергії, оскільки необхідна потужність для обертання насадки буде менша. Крім того, це може позитивно вплинути на тривалість роботи мотора та інших компонентів сушарки, що збільшить їх термін служби.

### **Перелік посилань**

1. URL: <http://www.manfredinieschianchi.com/206-5RU.htm>
2. Серов, В. Ю. (2018). Модернізація процесу виготовлення солі в Україні. Вісник Вінницького політехнічного інституту, (3), 117-123.
3. Благодарская, Н. (2015). Совершенствование процесса сушки пищевых продуктов: учебное пособие.

УДК 66.047

**MODERNIZATION OF THE RECTIFICATION COLUMN OF THE  
WATER-ETHANOIC ACID MIXTURE SEPARATION UNIT**

Student Lozoveno O.S., Head Associate Professor, Ph.D. Stepaniuk A.R

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**ANNOTATION:** *The separation of water and ethanolic acid, obtained by its retriification, is considered. A technological scheme for the separation of water and ethanoic acid and its description are also given.*

**KEYWORDS:** WATER, ETHANOIC ACID, RECTIFICATION, COLUMN.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ БЛОКУ  
РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ ВОДА-ЕТАНОВА КИСЛОТА**

студентка Лозовенко О.С., доцент, к.т.н. Степанюк А.Р

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ:** *Розглянуто розділення води та етанолової кислоти, отримання шляхом його ретрифікації. Також наведено технологічну схему розділення води та етанолової кислоти та її опис.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ВОДА, ЕТАНОВА КИСЛОТА, РЕКТИФІКАЦІЙНА, КОЛОНА.

Етанова кислота ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), також відома як оцтова кислота, має декілька застосувань у нафтопереробній промисловості. Використовується

для виробництва етилену шляхом окислення ацеталдегіду ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ), як корозійний інгібітор в нафтопереробних установках, що допомагає запобігти пошкодженню обладнання від корозії, як розчинник для видалення різних забруднень і відкладень з обладнання, для виробництва ефірів, таких як етиловий ефір ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ ), метиловий ефір ( $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ) та інших, як мономер для виробництва полімерних матеріалів, таких як полівінілхлорид (PVC) і ацетатної целюлози, як добавка до харчових продуктів і напоїв для надання їм характерного кислого смаку і запаху, а також як консервант для зберігання харчових продуктів.

Отже, етанова кислота має широке застосування в нафтопереробній промисловості і інших галузях, що зумовлює її значення для промисловості в цілому.

Зазвичай під час виробництва етанової кислоти використовується процес ректифікації, це масообмінний процес, який здійснюється здебільшого у протиточних колонних апаратах з контактними елементами (насадки, тарілки), аналогічними використовуваним у процесі абсорбції. Тому методи підходу до розрахунку та проектування ректифікаційних та абсорбційних установок мають багато спільного.

Велика різноманітність тарілчастих контактних пристроїв ускладнює вибір оптимальної конструкції тарілки. При цьому поряд із загальними вимогами (висока інтенсивність одиниці об'єму апарату, його вартість та ін.) ряд вимог може визначатися специфікою виробництва: великим інтервалом стійкої роботи при зміні навантажень по фазах, здатністю тарілок працювати серед забруднених рідин, можливістю захисту від корозії. Найчастіше ці якості стають превалюючими, що визначають придатність тієї чи іншої конструкції для використання у кожному конкретному процесі.

Метою роботи є модернізація представленої ретрифікаційної колони, далі розрахунку масообмінного апарату визначення конструктивних розмірів,

тобто. висоти та діаметра колони, гідромеханічних та економічних показників її роботи.

Перегородка в ретрофікаційній колоні грає ключову роль у розділенні рідин та газів (рис.1). Зміна кута перегородки дозволить розмістити на тарілці більше ковпачкових елементів, а , як наслідок, вплинути на ефективність розділення та потужність колони. Тому для модернізації пропоную змінити кут перегородки на 15 градусів (рис.2).

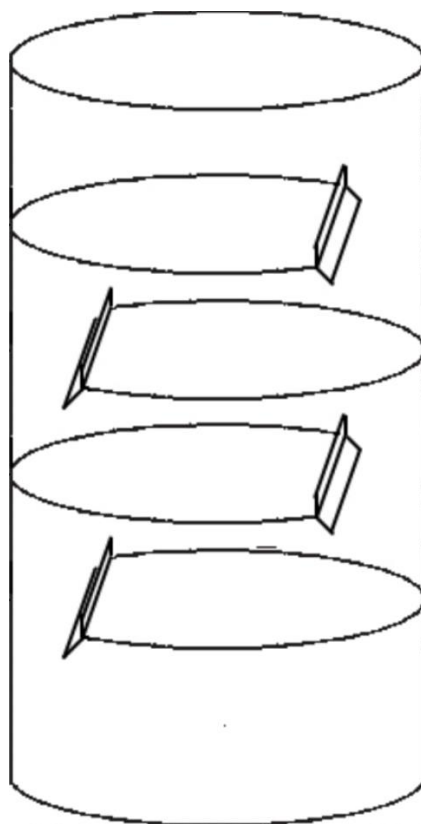


Рисунок 1 – Модернізовані перегородки ретрофікаційної колони

За допомогою зміни кута перегородки можна досягти наступних результатів:

Підвищення ефективності розділення: збільшення кута перегородки може збільшити контакт поверхні рідини з поверхнею підтримки, що дозволяє краще розділяти компоненти.

Зменшення опору руху рідини: зміна кута перегородки може зменшити опір руху рідини, що зменшує втрати тиску і покращує потужність колони.

Підвищення стійкості: зміна кута перегородки може зменшити вібрацію колони, що збільшує її стійкість та тривалість експлуатації.

Однак, необхідно враховувати, що зміна кута перегородки може мати вплив на відносну висоту рідини в колоні та на її стійкість в умовах сильного вітру.

Додавання додаткового ряду ковпачків на тарілці колони також може покращити ефективність розділення та потужність колони. Це може збільшити контакт поверхні рідини з поверхнею підтримки, що покращує розділення компонентів.

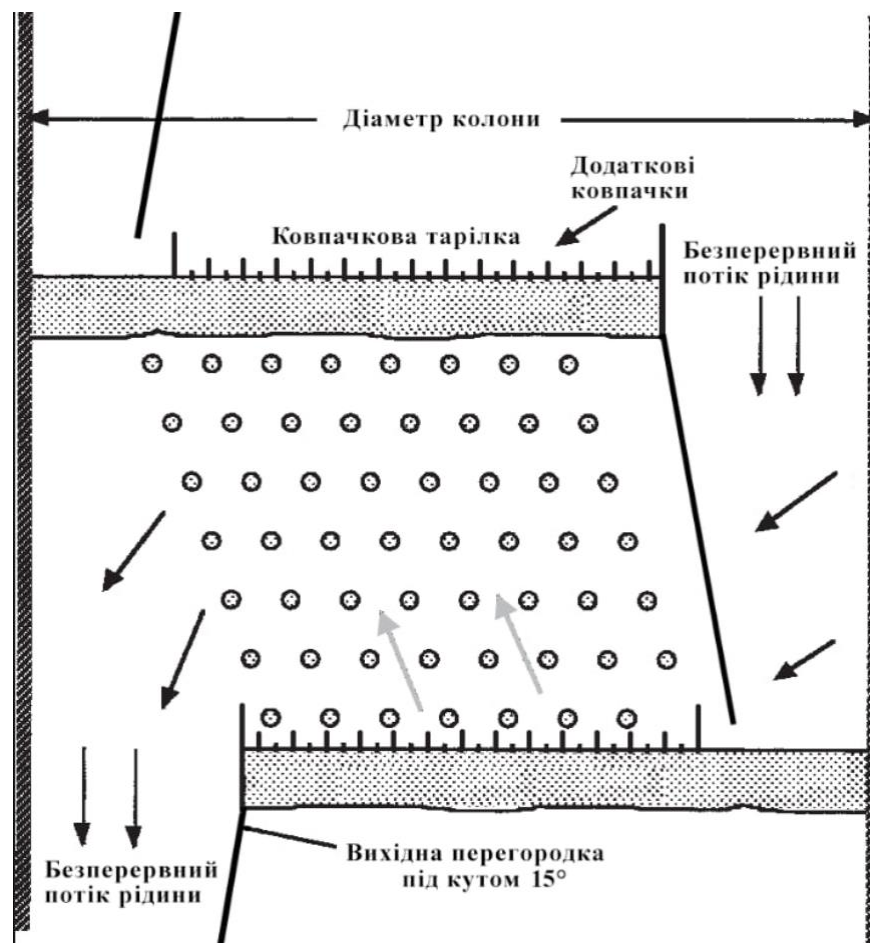


Рисунок 2. Схематичне зображення модернізації всередині колони

Однак, такі зміни можуть вимагати збільшення висоти колони, що може збільшити витрати на будівництво та експлуатацію. Також, необхідно враховувати вплив додаткових ковпачків на термодинамічні параметри розділення та дефлекторів, які використовуються в колоні.

**Перелік посилань:**

Александров І.А. Ректифікаційні та абсорбційні апарати. 3-тє вид.-М.: Хімія, 1978.-280с.

2. Стабников В. Н. Процеси і апарати харчових виробництв. – Київ: Вища школа, 1975. – 376 с.

3. Касаткін А.Г. Основні процеси та апарати хімічної технології. 9-е вид., перероб. та дод. - М: Хімія, 1973. - 754 с.

4. Конструкторське проектування обладнання: курсовий проект [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньої програми «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А.Р. Степанюк, О.Г Зубрій – Електронні текстові данні (1файл: 5,3 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 93 с.

УДК 621

## ПРИНЦИП РОБОТИ ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСА

студентка Процюк М. О., к.т.н., доцент Степанюк А. Р.

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

**АНОТАЦІЯ.** Описано призначення плунжерного насоса та його недоліки та переваги.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА.** ПЛУНЖЕРНИЙ НАСОС, ПРИНЦИП ДІЇ, ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ.

Плунжерний насос-це гідравлічний насос, витісняльною деталлю якого є плунжер, що відрізняється від поршня меншим діаметром, завдяки чому можна досягти вищого напору при меншій подачі [1].

Плунжерний насос працює наступним чином (рисунок 1):

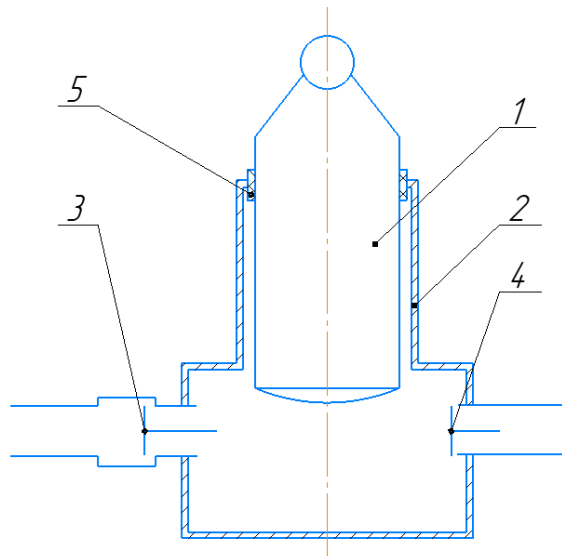
1. Плунжер насоса з'єднаний з колінчастим валом шатуном. Цей вал додатково приєднаний до електродвигуна. Оскільки двигун передає потужність на вал, він перетворює рух двигуна на зворотно-поступальний рух. Колінчастий вал далі передає цю потужність до плунжера через шатун;

2. Коли поршень отримав зворотно-поступальний рух, він починає рухатися вгору та вниз всередині циліндра. В результаті у камері насоса утворюється вакуум. Через вакуум виникає різниця тисків, саме через що відбувається всмоктування рідини в камеру;

3. Коли насос всмоктує перекачувану рідину, всмоктувальний клапан закривається, а плунжер рухається вгору. В результаті чого об'єм камери зменшується, а рідина створює тиск;

4. Коли внутрішній тиск рідини стає вищим за тиск нагнітального резервуару, випускний клапан відкривається і рідина надходить у напірний резервуар[2].

Існує безліч плунжерних насосів, але всі вони працюють за однаковим принципом, змінюється тільки кількість плунжерів та циліндрів.



1.Плунжер; 2.Циліндр; 3.Всмоктувальний клапан; 4.Випускний клапан; 5.Ущільнення.

Рисунок 1- Схема плунжерного насосу

Переваги:

1. Здатні створювати більший тиск, ніж поршневі насоси (до 200 МПа);
2. Здатність до самовсмоктування;
3. Перекачування рідин та газів;
4. Перекачування в'язких рідин, таких як нафта;

Недоліки:

1. Висока собівартість;
2. Високі витрати на обслуговування;



3. Перекачування рідини з низькою швидкістю потоку;
4. Громіздкі та важкі.

Плунжерні насоси використовують в різних галузях промисловості, включаючи нафтогазову, нафтопереробну, хімічну, харчову та інші.

**Перелік посилань:**

1. Плунжерний насос

URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Плунжерний\\_насос](https://uk.wikipedia.org/wiki/Плунжерний_насос)

2. What is a plunger pump? How does a plunger pump work?

URL: <https://mechanicalboost.com/plunger-pump/>

УДК 66.06

## МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТА ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Анотація:** Розглянуто спірально-навитий модуль фільтрації, який використовується для зворотного осмосу. Запропоноване рішення модернізації устаткування. Також наведено технологічні схеми та їх опис.

**Ключові слова:** ЗВОРОТНИЙ ОСМОС, МЕМБРАННА ДИСТИЛЯЦІЯ, ОПРІСНЕННЯ ВОДИ, КАСЕТНИЙ МОДУЛЬ, РУЛОННИЙ (СПІРАЛЬНИЙ) МОДУЛЬ, СІТКА-СЕПАРАТОР

**Abstract:** The article considers a spiral-wound filtration module used for reverse osmosis. A solution for modernisation of the unit is proposed. Figures and their descriptions are also provided.

**Keywords:** REVERSE OSMOSIS, MEMBRANE DISTILLATION, WATER DESALINATION, CASSETTE-LIKE MODULE, ROLL (SPIRAL) MODULE, SEPARATOR SCREEN

Сьогодні розвиток суспільства тісно пов'язаний з наявністю води, тому потреба у цьому цінному та дефіцитному активі зростає. Адже дефіцит ресурсів прісної води став глобальною кризою, основними причинами якої є кліматичні зміни, потепління, зменшення кількості опадів і збільшення споживання прісної води. Хоча море є найбільш стійким джерелом великої кількості води, воно, у свою чергу, вимагає її опріснення, щоб мати можливість використовувати її в промислових, сільськогосподарських і побутових цілях [1].

Серед мембранних методів розділення рідких сумішей важливе місце займають зворотний осмос та ультрафільтрація [2-4]. Установки опріснення морської води апаратів зворотного осмосу є дуже важливими для забезпечення доступу до прісної води в умовах, коли прісна вода є дефіцитною або недоступною.

Ключовим елементом в апараті ЗО є мембранний модуль, а найважливіше практичне значення мають рулонні (спіральні) модулі. Основна функція рулонних модулів полягає в розділенні джерел води на дві складові: пермеат та концентрат. Під час проходження через рулонний модуль вода піддається високому тиску, що сприяє проникненню молекул води через мембрану і утворенню пермеату - очищеної води з вмістом розчинених речовин нижчим за початковий. В цих модулях важливе значення має сітка-сепаратор [4].

З патенту US11311841 від 26.04.2022р. відомо спірально-навитий на циліндричний каркас модуль фільтрації, який використовується для зворотного осмосу. У запропонованому рішенні йдеться про використання сітки з волокнами, які йдуть у два ряди (один через два), тобто волокна покриваються один з одним в зигзагоподібний спосіб, як показано на рисунку 1. Але при цьому впливає декілька недоліків, якими не варто нехтувати. Тому даний спірально-навитий модуль пропонуємо модернізувати.



Рисунок 1 – Сітка з волокнами (один через два) з патенту US11311841

Суть модернізації полягає в тому, щоб сітку з волокнами, залишити в два ряди, але при цьому, щоб волокна покривалися один з одним два через два в П-подібний зигзаговий спосіб, як зображено на рисунку 2.

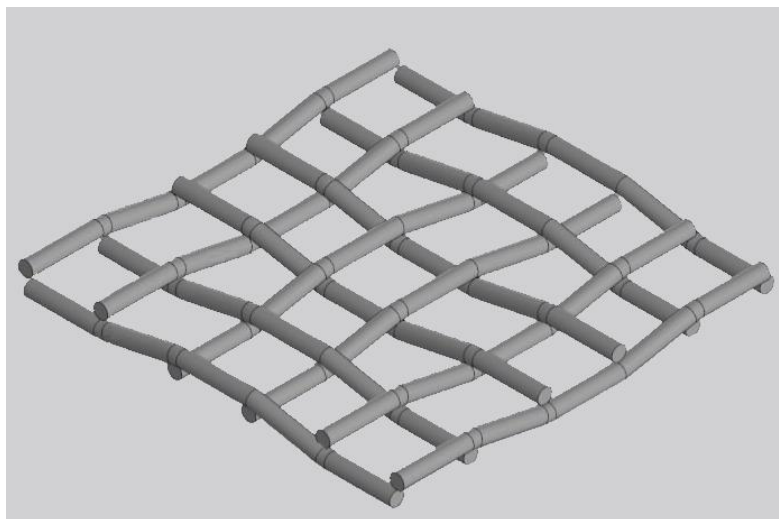


Рисунок 2 – Модернізована сітка з волокнами (два через два)

Дана конструкція сітки набагато ефективніше, бо дозволяє пом'якшити недоліки та негативні ефекти як незвитої, так і звитої сітки. Незвита сітка простіша у виготовленні та має менший гідравлічний опір, але при цьому має гірший масообмін і містить застійні зони, в той час як звиті сітки характеризуються більшим ступенем турбулізації і, відповідно, більш інтенсивним масообміном, а також меншою кількістю застійних зон, але збільшує гідравлічний опір. Застосування запропонованою сітки дозволить зменшити кількість поворотів рідини, що зменшує гідравлічний опір, водночас підтримується вищий ступінь турбулізації, що дозволить зберегти високу інтенсивність масообміну та уникнути формування застійних зон.

#### **Перелік посилань:**

1. Atefe E., Mir Mahdi Z., Morteza Z. (2019) Economic analysis for process optimization of Chabahar Maritime University reverse osmosis desalination plant: a case study. – Applied Water Science 9:114.

2. Don W. Green, Robert H. Perry, James O. Maloney (1997) Perry's chemical engineers' handbook. – 2641 P.
3. Mark C. Porter (1990) Handbook of industrial membrane technology. – 619 P.
4. Richard W. Baker (2000) Membrane technology and applications. – 545 P.

**УДК 621**

## **ДОБУВАННЯ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ ГІДРОРОЗРИВОМ**

Студентка Ю. С. Чухліб, к.т.н., доц. А. Р. Степанюк

**Національний технічний університет України**

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

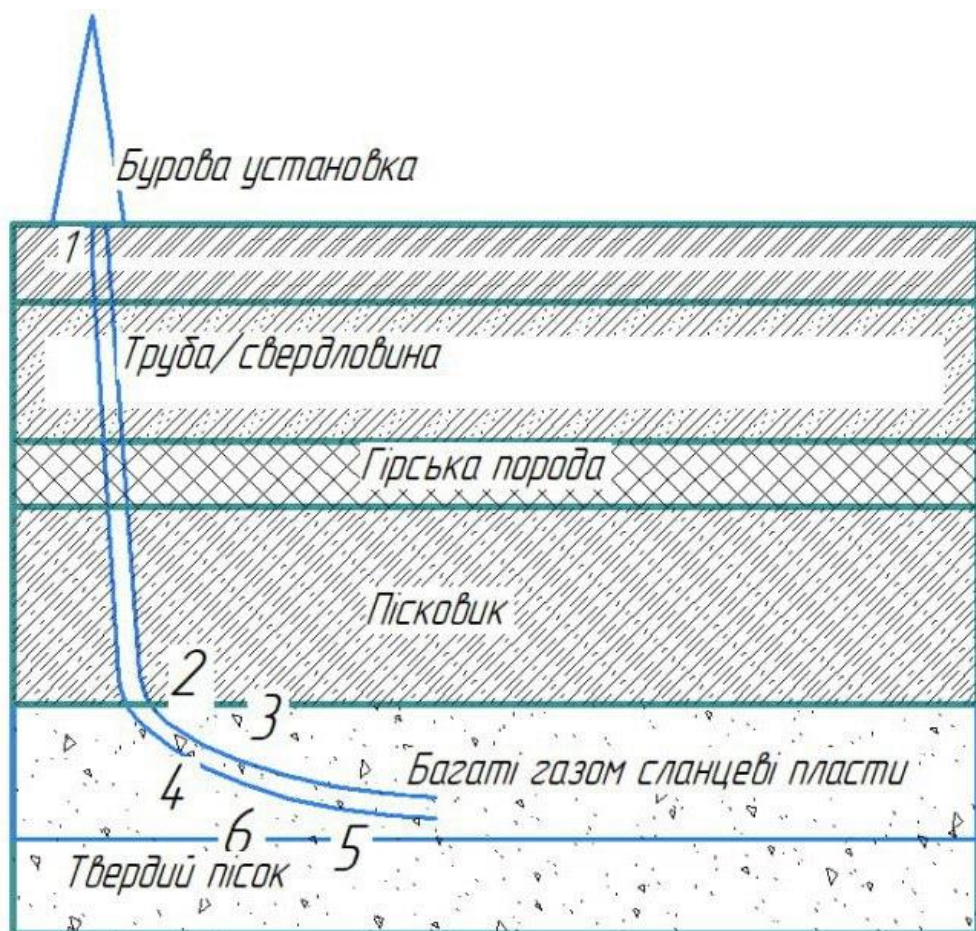
**АНОТАЦІЯ.** Описано метод добування газового конденсату, наведено його недоліки та переваги.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДОБУВАННЯ, ГАЗОВИЙ КОНДЕНСАТ, ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ.

Добування газового конденсату гідророзривом є одним з найбільш ефективних способів отримання природного газу. Але якщо дивитись з іншої сторони, то цей процес також може бути пов'язаний з великою кількістю важливих та серйозних проблем, таких як забруднення навколишнього середовища та деякі інші погані наслідки. Гідророзрив - це процес, в якому штучно створюються тріщини на великій відстані у глибині Землі для отримання природного газу або нафти. Для добування газового конденсату р земного пласту використовуються спеціальні засоби та обладнання це: вода під високим тиском, пісок та різноманітні хімічні речовини. Ці матеріали вводяться у попередньо створену свердловину, після чого відбувається розрив породи, з наступним вивільненням газового конденсату та подальшим його транспортуванням на поверхню Землі [1-3].

Добування газового конденсату гідророзривом дозволяє добувати газ у значних кількостях. А вважаючи на те, що газовий конденсат дуже чистий вид палива, в якому забруднення є в незначних кількостях, порівнюючи з вугіллям та нафтою, добування газового конденсату є надзвичайно перспективним. Проте добування газового конденсату гідророзривом

складний технологічний процес. До недоліків цього процесу можна віднести забруднення навколишнього середовища. Це зумовлено тим, що під час добування використовують різні хімічні речовини, які вводять для того, щоб стався розрив породи а також під час добування виникає велика кількість відходів. Також при руйнуванні різних порід хімічні речовини, які вводять в свердловини можуть стати джерелом забруднення пластових вод та ґрунтів. Також при добуванні методом гідророзриву виникає шкідливий вплив на повітря [4]. Схема добування газового конденсату зображена на рисунку 1.



- 1 – вертикальна свердловина; 2 – місце відхилення свердловини;  
3 – горизонтальна свердловина; 4 – місце заглишування свердловини;  
5 – місце гідророзриву пласта; 6 – місце надходження газу в свердловину

Рисунок 1 – Схема добування газового конденсату

Для добування газового конденсату гідророзривом найчастіше використовують саме бурові установки, які здатні створювати свердловини значної довжини. При добуванні газового конденсату використовуються насосні станції, спеціальні гідророзривні установки, обладнання для збору та підняття газового конденсату, та обладнання для очищення та зберігання цього газу. Насосна станція використовується для подачі різних хімічних речовин у пласт, та створення в ньому тиску. Гідророзривна установка застосовується для створення тиску у свердловині та дроблення породи. Після того як конденсат добувають з свердловини, він потрапляє до резервуару для зберігання. Далі газовий конденсат проходить через установки очищення та, в подальшому, зберігається у спеціальних резервуарах.

У перспективі необхідно створення нових технологій для ефективнішого та безпечнішого використання газконденсатних родовищ. Також необхідно розробити альтернативні хімічні матеріали та речовини для зменшення рівня забруднення пластової води та ґрунтів. Один із напрямів, це мінімізація використання води при гідророзриві.

#### **Перелік посилань:**

1. URL: <https://studfile.net/preview/9313077/page:92/>
2. URL: [http://8ref.com/17/referat\\_171525.html](http://8ref.com/17/referat_171525.html)
3. URL: [https://www.wiki-data.uk-ua.nina.az/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%B8%D0%B2\\_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B0.html](https://www.wiki-data.uk-ua.nina.az/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%B8%D0%B2_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B0.html)
4. URL: [http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/53556/1/visnyk\\_KhPI\\_2021\\_1\\_CCTE\\_Zezekalo\\_Problemy.pdf](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/53556/1/visnyk_KhPI_2021_1_CCTE_Zezekalo_Problemy.pdf)



УДК 621

## ГВИНТОВИЙ НАСОС

студент Д.В. Постовий, к.т.н., доц. А. Р. Степанюк

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

**АНОТАЦІЯ.** Описано призначення гвинтового насосу наведено його недоліки та переваги.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ГВИНТОВИЙ НАСОС, ПРИНЦИП ДІЇ, ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ.

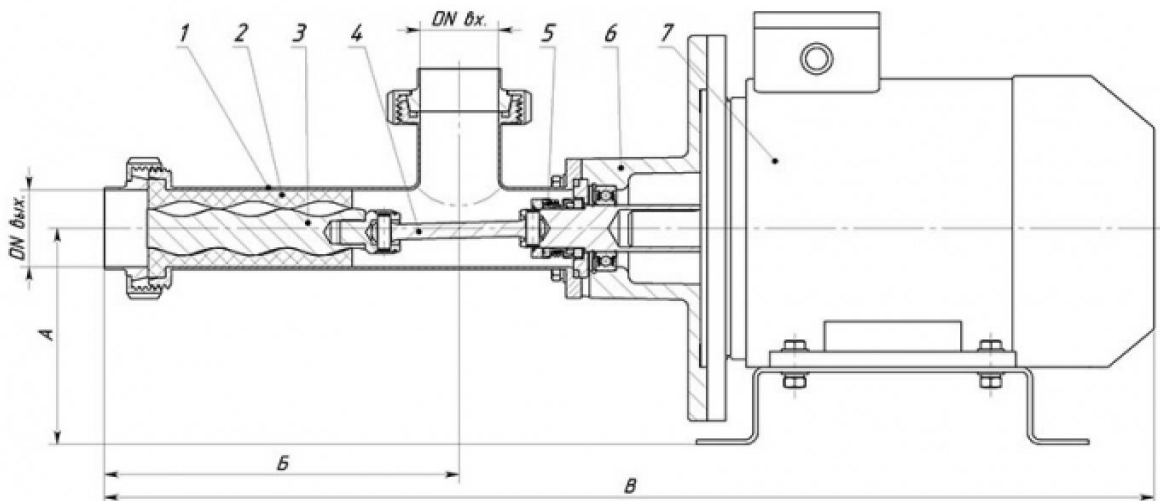
Насоси гвинтового типу – найчастіше використовують для свердловин водопостачання, видобутку газу, нафти, перекачування пара, рідин варіативної в'язкості. Широке застосування обладнання отримало у виробництві текстильних виробів, в сфері переробки відходів, обробки металів, в паперовій, хімічній, фармацевтичній, харчовій промисловості [1-4].

Зазвичай гвинтові насоси використовують для перекачування високовязких речовин, наприклад дизельного палива, мазуту, парафіну, масла або не переробленої нафти. Для харчової промисловості спеціально розроблені санітарні гвинтові ексцентрикові моделі, їх простий принцип роботи підкріплений міцністю, високою ремонтпридатністю.

В будівельній галузі використовують для подачі гідроізоляційних сумішей покрівельних покриттів, наливних підлог, в комунальних господарствах агрегати використовуються при організації опалювальних магістралей, зневоднення природного газу. У бальнеологічних галузях - для видобутку мінеральних вод та ін.

Принцип дії гвинтового насоса: обертаючись, ротор змінює об'єм порожнин і змушує вміст просуватися по спіралі від всмоктувального патрубку до нагнітального. Тим часом на місце рідини, яка пішла в трубопровід, надходить нова порція. Зворотного шляху у рідини немає, оскільки конструкція забезпечує замкнутий простір.

Схема гвинтового насоса наведена на рисунку 1. Електродвигун (7) обертає вал торсіонної передачі (4) який прикріплений до ротора (3). Речовина, через патрубок всмоктування всмоктується невеликими порціями ротором, що обертається (3) та проштовхує вперед, ротор (3) і статор (4) зроблені таким чином, щоб утворювався замкнутий простір та не давати рідині рухатися в зворотному напрямку. Крутний момент від двигуна (7) через торсіонну передачу (4) передається на ротор (3). Ущільнення здійснюється за рахунок торцевого ущільнення (5).



1 – Корпус насоса, 2 – Статор, 3 – Ротор, 4 – Торсіонна передача,  
5 – Торцеве ущільнення, 6 – Підшипниковий вузол, 7 – Електродвигун

Рисунок 1 – Схема гвинтового насоса

Переваги гвинтового насоса:

- Здатність перекачувати особливо в'язкі і неоднорідні середовища.

- Здатність перекачувати середовища з твердими, абразивними включеннями, а також з включеннями, які вимагають дбайливого транспортування без руйнування.
  - Відсутність пульсації потоку.
  - Самовсмоктування, тобто застосування навіть при різниці висот до 8 м.
  - Гвинтові насоси є об'ємними, тобто існує прямо пропорційна залежність продуктивності насоса від кількості обертів ротора, що дає можливість використовувати дане обладнання для точного дозування.
  - Сталий тиск, який не залежить від продуктивності насоса і кількості оборотів ротора.
  - Характеризуються високим К.К.Д. від 80% до 85% в широкому діапазоні навантажень.
  - Надійна конструкція, яка передбачає лише одну деталь, що рухається.
  - Простота монтажу, обслуговування і ремонту; низький рівень шуму і вібрації за рахунок збалансованого механізму.
- До недоліків гвинтового насоса можна віднести:
- Як і інші об'ємні насоси, гвинтові не можна запускати вхолосту без рідини. Відсутність рідини може спровокувати перегрів і поломку.
  - На відміну від відцентрових або мембранних, де з рідиною контактує метал або пластик, у цих моделях важливу роль відіграє еластомер. А його термостійкість хоч і досить висока, але все ж таки має межі, набагато менші за метал.
  - Ротор і статор постійно перебувають у стані тертя, а це, незважаючи на їх міцність, усе ж сприяє значному зносу.

### **Перелік посилань**

1. URL: [https://www.youtube.com/watch?v=vNYm2\\_0zGNA&t=1s](https://www.youtube.com/watch?v=vNYm2_0zGNA&t=1s)

2. URL: <http://www.mukachevo.net/ua/news/view/367733>
3. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Гвинтовий\\_насос](https://uk.wikipedia.org/wiki/Гвинтовий_насос)
4. URL: <https://tapflo.ua/ua/blog-tapflo-2/1634-screw-pumps-principle-of-operation-blog>

УДК 661

**МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ БЛОКУ  
РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ МЕТАНОЛ-ЕТАНОЛ**

студент КРАВЧЕНКО Андрій, к.т.н, доц. СТЕПАНЮК Андрій

**Національний Технічний Університет України  
«Київський Політичний Інститут імені Ігоря Сікорського»**

**АНОТАЦІЯ.** Проведено аналіз обладнання технологічної схеми ректифікаційної колони блоку розділення суміші метанол-етанол, а саме конструкції абсорбера та обрано найбільш раціональний тип конструкції.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА.** РЕКТИФІКАЦІЯ, ПАРА, КОНДЕНСАЦІЯ, МЕТАНОЛ, ЕТАНОЛ.

Випаровування пари завжди пов'язане з одночасним і спільним протіканням процесів тепла і масообміну. При цьому утворена маса конденсату визначає кількість переданої речовини, а теплота пароутворення - кількість переданої теплоти одиницею маси сконденсованої речовини [1].

На даний час існує багато глобальних екологічних проблем, які виникли із початком швидкого розвитку промисловості у ХХ сторіччі. Тепер суспільство розв'язує задачі по зменшенню негативного впливу виробництв на довкілля.

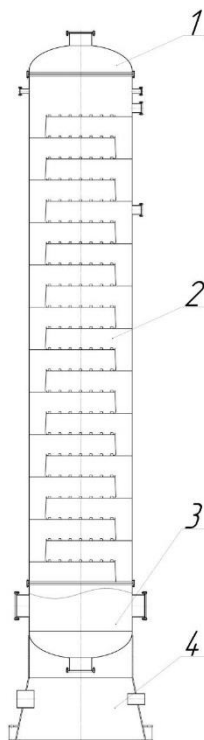
*Ректифікація* — розділення рідких сумішей, що містять два або кілька компонентів різної питомої ваги, багаторазовим випаровуванням суміші й конденсацією пари [1].

Тарілчасті колони ректифікації являють собою пристрої, в яких замість насадки встановлюються класичні тарілки. Зазвичай, ці колони використовуються для отримання, нехай і не ректифікованого спирту, але

дуже якісного та очищеного дистиляту – ступінь його зміцнення становить 90-95% до просто спирту [1].

В даній роботі проведено модернізацію (зміни конструкції) ректифікаційної колони блоку розділення суміші метанол-етанол. Проведена модернізація призведе до підвищення інтенсифікації процесу масообмінну, яка є основою ректифікації, дистиляції, абсорбції, екстракції, розчинення та інших процесів. Також, дана модернізація підвищить ефективність виробництва і зменшить витрати на енергію та матеріали. За допомогою додаткових отворів в ковпачку збільшиться кількість стадій розділення, що в свою чергу збільшить ефективність процесу та покращить якість розділених компонентів.

Схема ректифікаційної колони наведено на рисунку 1, схема тарілки ректифікаційної колони наведено на рисунку 2, схема модернізація ковпачка ректифікаційної колони наведено на рисунку 3.



1 - кришка, 2 - корпус, 3 - днище, 4 - опора

Рисунок 1 – Схема ректифікаційної колони

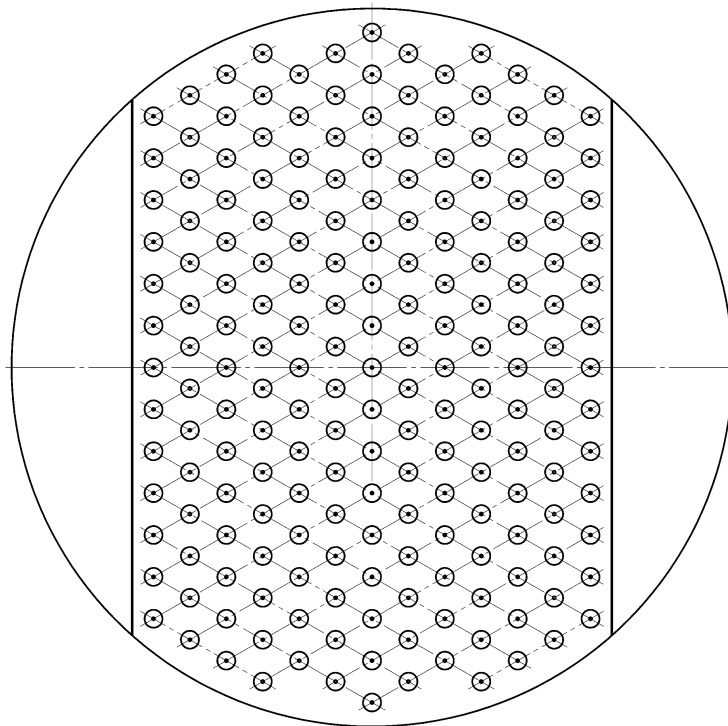


Рисунок 2 – Схема тарілки ректифікаційної колони

Збільшення кількості отворів в ковпачку ректифікаційної колони може бути ефективним рішенням для модернізації процесу розділення суміші метанол-етанол. Додаткові отвори в ковпачку дозволяють збільшити об'єму інверсійного шару, що в свою чергу збільшує ефективність процесу та покращує якість розділених компонентів.

При збільшенні кількості отворів в ковпачку необхідно враховувати такі фактори, як перенаправлення рідини, якість випаровування, зволоження та заповнювання тарілок. Для досягнення найкращих результатів, можливо збільшення діаметра тарілки, або встановлення спеціальних корпусів у тарілках, призначених для розміщення додаткових отворів.

Збільшення кількості отворів в ковпачку ректифікаційної колони є ефективним методом модернізації процесу розділення суміші метанол-етанол.

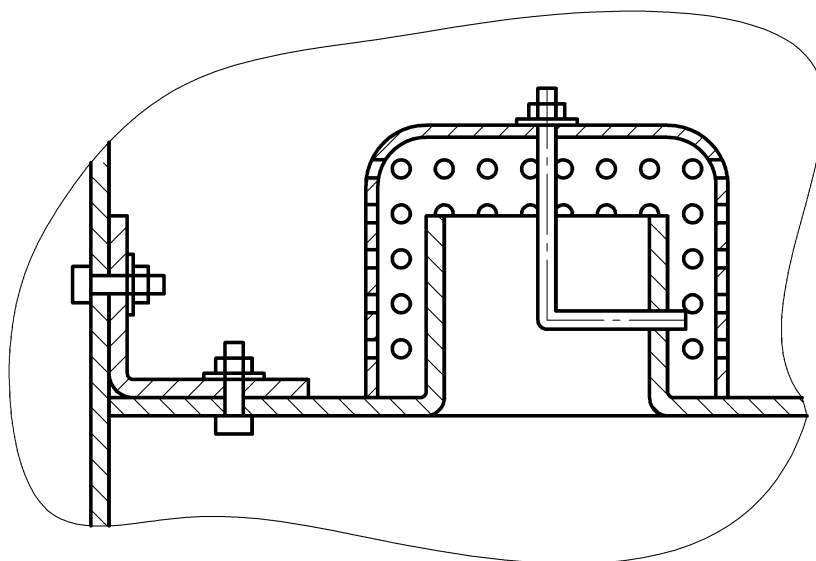


Рисунок 3 – Схема модернізація ковпачка ректифікаційної колони

Висновок: запропонована модернізація ректифікаційної колони призведе до підвищення інтенсифікації процесу масообмінну, яка є основою ректифікації, дистиляції, абсорбції, екстракції, розчинення та інших процесів. Також, дана модернізація підвищить ефективність виробництва і зменшить витрати на енергію та матеріали.

**Перелік посилань:**

1. URL: [http://4ua.co.ua/physics/tb2ac69a5c43b89421306d27\\_0.html](http://4ua.co.ua/physics/tb2ac69a5c43b89421306d27_0.html) від 11.05.2023 р



УДК 66.084; 628.316; 628.32.

**ЗАСТОСУВАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ  
ОЩАДЛИВОГО СПОЖИВАННЯ ПРИРОДНОЇ ВОДИ В  
КОМУНАЛЬНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ**

к.т.н. Целень Б.Я.<sup>1</sup>, д.т.н. Іваницький Г.К.<sup>1,2</sup>, к.т.н. Радченко Н.Л.<sup>1</sup>,  
к.т.н. Недбайло А.Є.<sup>1</sup>, Шуляк В.В.<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.** Розглянуто переваги та недоліки існуючих методів вилучення діоксиду вуглецю з конденсату продуктів згоряння природного газу. Запропоновано спосіб вирішення проблеми утилізації цього конденсату і можливість його повторного використання для зменшення споживання природної води в технологічних процесах і зменшення викидів стічних вод. Проведено аналітичне дослідження еволюції окремих парогазових бульбашок до досягнення критичного значення газовмісту в рідині, досліджено закономірності впливу кавітаційних механізмів на вилучення діоксиду вуглецю з рідини.

**Ключові слова:** КАВІТАЦІЙНІ МЕХАНІЗМИ, ДЕГАЗАЦІЯ, НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ, ДІОКСИД ВУГЛЕЦЮ, ГАЗОВМІСТ, PH, КОНДЕНСАТ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ.

## APPLICATION OF CAVITATION MECHANISMS FOR RATIONAL CONSUMPTION OF NATURAL WATER IN COMMUNAL ENERGY

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

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

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

**ABSTRACT:** *The advantages and disadvantages of existing methods for extraction of carbon dioxide from condensate of natural gas combustion products are considered. A way to solve the problem of utilization of this condensate and the possibility of its reuse to reduce the consumption of natural water in technological processes and reduce wastewater emissions has been proposed. An analytical study of the evolution of individual vapor-gas bubbles to achieve a critical value of gas content in a liquid is carried out; the patterns of influence are investigated.*

**Key words:** CAVITATION MECHANISMS, DEGASSING, NEUTRALIZATION, CARBON DIOXIDE, GAS CONTENT, PH, CONDENSATE OF NATURAL GAS COMBUSTION PRODUCTS.

Дослідження проводили з метою вирішення проблеми утилізації конденсату продуктів згоряння природного газу та можливість його повторного використання для зменшення споживання природної води в технологічних процесах та зменшення викидів стічних вод.

Розглянуто переваги та недоліки існуючих методів вилучення діоксиду вуглецю з конденсату – хімічної нейтралізації, декарбонізації, термічної деаерації, вакуумної деаерації, ультразвукової та гідродинамічної кавітації. Встановлено, що найбільш ефективними з цих методів виділення конденсату з діоксиду вуглецю є методи ультразвукової та гідродинамічної

кавітаційної дегазації рідин. Хоча ефективність ультразвукової кавітаційної дегазації заснована на можливості максимально швидкого вилучення вільного газу з рідини і можливості дегазації практично будь-якої рідини, цей метод ще не отримав широкого застосування через значні питомі енергетичні витрати. Серед розглянутих методів перспективним є процес гідродинамічної кавітаційної дегазації рідини, який можна розглядати як суттєву альтернативу акустичній кавітаційній дегазації в напрямку підвищення продуктивності та зниження питомих енерговитрат.

Базуючись на процесах гідродинамічної кавітаційної дегазації рідини нами запропоновано новий альтернативний метод нейтралізації конденсату без використання хімічних реагентів з низькими питомими енергетичними витратами, заснований на фундаментальних дослідженнях в рамках наукового напрямку дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) та використанні таких механізмів, як високочастотні гідродинамічні коливання, що супроводжуються високою окружною швидкістю та зсувними напруженнями, кавітацією і фазовими переходами.

На базі створених універсальних математичних моделей динаміки одиничних парогазових бульбашок та ансамблю бульбашкової динаміки проведено чисельне моделювання зростання парогазових бульбашок у конденсаті. В рамках математичної моделі динаміки ансамблю бульбашок проведено аналітичне дослідження еволюції окремих парогазових бульбашок до досягнення критичного значення газовмісту в рідині.

Також досліджено закономірності впливу механізмів ДІВЕ на вилучення діоксиду вуглецю з рідини шляхом обробки рідини на лабораторному стенді, що складався з двох основних робочих вузлів – роторно-пульсаційного апарата спеціальної конструкції і камери термічної вакуумної обробки рідини. Отримано залежність зміни рН конденсату продуктів згоряння природного газу та модельної рідини (дистильованої

води, насиченої діоксидом вуглецю) від тривалості обробки. Встановлено, що основна кількість вуглекислого газу видаляється протягом 2 хвилин обробки. Також було виявлено, що після переробки конденсат знаходиться в нестабільному стані і його рН продовжує зростати, що пояснюється перебігом процесів релаксації в рідині. Після 7 годин витримки рН конденсату стабілізується на рівні 6.5, що відповідає практично повній відсутності в ньому вуглекислого газу. Отриманий конденсат за фізико-хімічними показниками подібний до дистильованої води з низьким вмістом розчиненої вугільної кислоти.

Застосування запропонованого методу нейтралізації конденсату може створити умови для зниження негативного впливу на навколишнє середовище за рахунок зменшення кількості стоків (хімічно забрудненого нейтралізованого конденсату і відходів установок підготовки води іонообмінним способом) і раціонального використання водних ресурсів за рахунок зменшення потреби в природній воді.

УДК 514; 532.5.013

**ВИЗНАЧЕННЯ В ЧАСІ ЖИВОГО ПЕРЕТИНУ ОТВОРІВ КРУГЛОЇ  
ФОРМИ РОТОРА(СТАТОРА) РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО  
АПАРАТА**

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

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

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

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

**Ключові слова:** РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНИЙ АПАРАТ, ОТВІР, ЖИВИЙ ПЕРЕТИН, ЛІНІЙНА ШВИДКІСТЬ

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

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

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

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

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

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

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

## **Матеріали і методи**

### **Результати**

1. В загальному випадку час одного повного відкриття складає

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

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

де

$d_{hole}$  – діаметр отвору, мм

$r_{hole}$  – радіус отвору, мм

$R_{rot}$  – радіус ротора, мм

$v$  – лінійна швидкість, м/с

## 2. Визначення зміни площі отвору круглого перерізу в часі

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

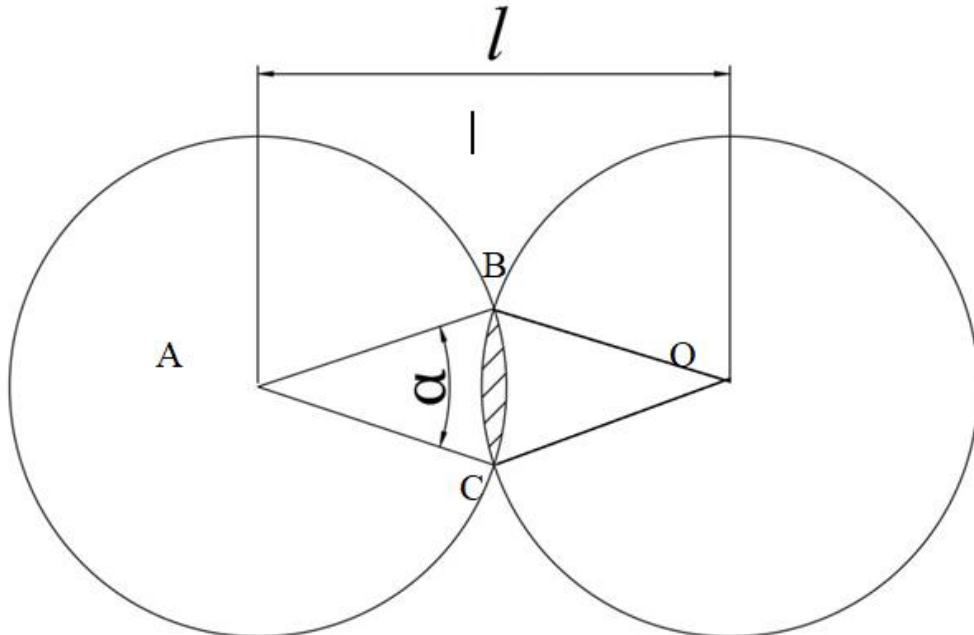


Рис. 1. Схема перекриття отворів ротора (статора)

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

де  $\alpha$  – кут сегмента окружності, сікуча якої проходить крізь точки стикання двох отворів, град

Площа рівнобічного трикутника ABC

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

звідки площа сектора

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

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

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

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

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

Розглядаючи трикутник ABO, що є рівнобедреним, визначаємо, що

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

звідки

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

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



**Висновок:**

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

**Перелік посилань:**

1. Zhang, J., Xu, S., & Li, W. High shear mixers: A review of typical applications and studies on power draw, flow pattern, energy dissipation and transfer properties. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2012. 57-58, P. 25-41. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2012.04.004>

2. Xu, Shuangqing & Shi, Jintao & Cheng, Qin & Li, Wei & Zhang, Jinli. Residence time distributions of in-line high shear mixers with ultrafine teeth. *Chemical Engineering Science*. 2013. 87, P. 111–121.

<https://doi.org/10.1016/j.ces.2012.10.017>

3. Горобець, В. Г., Гескін, Д. В. Доцільність використання роторно – пульсаційного апарата для приготування рідкого корму. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК*. 2014. 194(1). С. 63-67. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_tech\\_2014\\_194\(1\)\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2014_194(1)_11)

4. Larysa A. Sablii, Oleksandr M. Obodovych, Vitalii V. Sydorenko, Tamila, V. Sheyko Study of wheat straw delignification in a rotary-pulsation apparatus. *Acta Periodica Technologica*. 2020. Vol. 51. 103-111. <https://doi.org/10.2298/APT2051103S>

5. Polyakovs, Aleksandrs & Mironovs, Viktors & Korjakins, Aleksandrs & Shishkin, Andrei & Baronins, Janis. Preparation of coal-water slurry using a high-speed mixer-disperser: 4-th International Conference CIVIL ENGINEERING`13 Proceedings Part II. ENVIRONMENT AND

ENVIRONMENTAL EFFECTS. Vol. 4 Jelgava: Latvia University of Agriculture,  
2013. P. 77-81.

УДК 637.072

**ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ  
СТАБІЛІЗАЦІЇ БІЛКІВ У КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНАХ**

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

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

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

***АНОТАЦІЯ:** В ІТТФ НАН України в рамках методу дискретно-імпульсного введення енергії досліджувався процес кавітації, а на його основі розроблено технології, що знайшли застосування у різних галузях промисловості. В роботі висвітлено доцільність використання такої технології при виробництві рослинного молока, та вплив технології на його седиментаційну стійкість та мікробіологічні показники.*

***Ключові слова:** РОСЛИННЕ МОЛОКО, ТЕРМОСТАБІЛЬНІСТЬ, СЕДИМЕНТАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ*

**USE OF HYDRODYNAMIC CAVITATION FOR STABILIZATION OF  
PROTEINS IN COLLOIDAL SOLUTIONS**

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

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

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

***ABSTRACT:** In the ITTF of the National Academy of Sciences of Ukraine, within the framework of the method of discrete-pulse energy input, the cavitation process was studied, and on its basis, technologies were developed that found application in various industries. The work highlights the expediency of using this*

*technology in the production of vegetable milk, and the impact of the technology on its sedimentation stability and microbiological indicators.*

**Key words:** *VEGETABLE MILK, THERMAL STABILITY, SEDIMENTATION RESISTANCE*

На сьогоднішній день є споживацький запит на виготовлення рослинного молока. Для його виробництва можуть бути використані горіхи, бобові, злаки та олійні культури. Рослинне молоко є суспендованою емульсією, стабільність якої істотно впливає на його якість. Тому вплив на колоїдну стійкість рослинних білків є пріоритетним завданням при створенні технологій виробництва напоїв. Аналіз сучасної літератури показав, що багато дослідників пропонують використовувати ультразвукову кавітацію підвищення колоїдної стійкості рослинних білків під час виробництва рослинного молока. У цих дослідженнях описано отримання позитивного ефекту впливу процесу на термостійкість білків у водному розчині. Як альтернативу ультразвуковій кавітації, ми пропонуємо використовувати гідродинамічну, так як вона має низку переваг перед ультразвуковою, серед яких менша енерговитратність та можливість організації безперервного процесу. Окрім того, великою перевагою кавітаційної обробки рідких середовищ є можливість нетермічного впливу на мікрофлору, що обумовлює можливість низькотемпературної пастеризації продукту та забезпечення відносно довгих термінів його зберігання. Попередні експерименти отримання молока на основі рослинних емульсій з вівса та сої методом гідродинамічної кавітації (використовувався роторний апарат в якості кавітатора) показали можливість отримання високих показників седиментаційної стійкості емульсії. Проте, наступні дослідження мають бути спрямовані на відпрацювання режимів обробки з метою забезпечення її оптимальних параметрів з точки зору енергетичних показників та якості продукту.

УДК 66.047

**DRUM DRYER AS A MODERNIZATION IN THE TECHNOLOGICAL  
SCHEME OF COKE PRODUCTION FACILITY**

Student Dmytro Solomianiuk., Head Associate Professor, Ph.D. Andriy Stepaniuk

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

**ANNOTATION:** *An analysis of the equipment used in the technological process of coke production was conducted. The selection of the most rational type of apparatus for design in the diploma project was justified, namely, a rotary drum dryer.*

**KEY WORDS:** *COKE, PROCESS OF DESICCATION, DRUM DRYER.*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КОКСУ З  
РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ**

студент Солом'янюк Д.О., доцент, к.т.н. Степанюк А.Р

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

**АНОТАЦІЯ:** *Проведено аналіз обладнання технологічної схеми виробництва коксу. Обґрунтовано вибір найбільш раціональний тип конструкції апарата для проектування у дипломному проекті, а саме – барабанної сушарки.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *КОКС, ПРОЦЕС СУШІННЯ, БАРАБАННА СУШАРКА.*

**Метою** роботи є модернізація установки коксування з розробкою барабанної сушарки

У виробництві коксу з нафти, сушіння коксу є важливим етапом, який впливає на якість та енергетичну цінність кінцевого продукту, а також на забруднення довкілля та термін експлуатації печей. Одним із способів поліпшення якості виробництва коксу є розробка та впровадження нової барабанної сушарки для сушіння коксу.

Кокс - це тверда та пориста речовина, яка утворюється після переробки нафти. Після переробки нафти, отриманий кокс має певну кількість вологи, яка може бути від 5% до 10%. Сушіння коксу є процесом видалення цієї вологи, що є важливим для наступних етапів переробки.

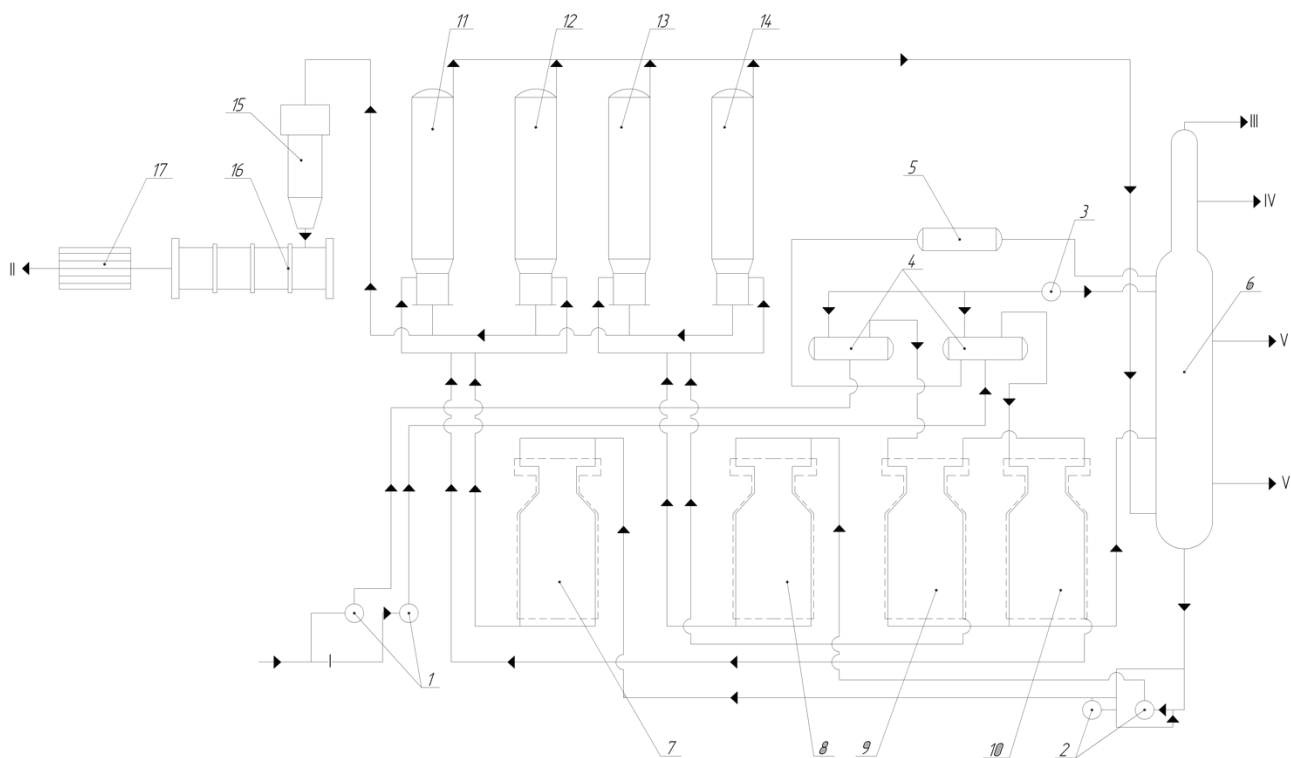
Основні причини, чому сушіння є важливим етапом виробництва коксу нафтового походження [1]:

- Наявність вологи у коксі призводить до погіршення його якості та зменшення енергетичної цінності.
- Волога також може викликати зміну температурного режиму в печах, де використовують кокс, що може спричинити їх пошкодження та зменшити термін їх експлуатації.
- Сухий кокс має більшу енергетичну цінність та менше забруднює довкілля при його використанні як паливо у виробництві сталі та інших промислових процесах.

Технологічна схема установки виробництва коксу наведена на рисунку 1 [2].

Для сушіння коксу можуть використовуватись різні типи сушарок, включаючи барабанні, тунельні, роторні, термічні та інші. Кожен з цих типів має свої переваги та недоліки. Один з найбільш ефективних та поширених типів сушарок для коксу - барабанна сушарка. Цей тип сушарки має багато переваг, серед яких:

1. Висока ефективність: барабанна сушарка забезпечує швидке та ефективне видалення вологи з коксу, що знижує вартість виробництва та забезпечує високу якість кінцевого продукту.



1,2,3 – насоси, 4 – теплообмінники, 5 – конденсатори повітряного охолодження, 6 – ректифікаційна колона, 7, 8, 9, 10 – печі, 11,12,13,14 – коксові камери, 15 – циклон, 16 – барабанна сушарка, 17 – калорифер

I – сировина, II – кокс, III – газ, IV - бензин, V – реактивне паливо, IV – дизельне паливо

Рисунок 1 – Технологічна схема модернізованої установки виробництва коксу

Висока продуктивність: барабанні сушарки можуть мати велику потужність та високу продуктивність, що дозволяє обробляти великі обсяги коксу.

2. Надійність: барабанні сушарки мають просту конструкцію та мало елементів, що знижує ймовірність виникнення поломок та забезпечує надійну роботу.

3. Енергоефективність: барабанні сушарки мають високу енергоефективність, що знижує витрати на енергію та знижує вплив виробництва на навколишнє середовище.

Недоліки барабанних сушарок включають:

1. Обмежена універсальність: барабанні сушарки призначені для сушіння конкретних матеріалів, таких як кокс, тому їхнє використання може бути обмеженим у випадку, якщо необхідно сушити різні типи матеріалів.

2. Великі розміри: барабанні сушарки можуть мати великі розміри, що знижує їх мобільність та може бути обмеженим у випадку, коли потрібно переміщувати їх між різними пунктами виробництва або між різними місцями. Також великі розміри можуть потребувати значних інвестицій на будівництво та обслуговування відповідної інфраструктури. Крім того, барабанні сушарки можуть бути складні для очищення та обслуговування, що може призвести до зменшення продуктивності та збільшення часу простою у разі необхідності проведення ремонтів або профілактичних робіт. Також слід зазначити, що барабанні сушарки можуть бути складні для контролю вологості та температури, що може впливати на якість кінцевого продукту [3].

На сьогоднішній день існує багато типів барабанних сушарок, які використовуються в різних галузях промисловості, включаючи сільське господарство, хімічну промисловість та виробництво будівельних матеріалів. Деякі з найбільш поширених типів барабанних сушарок для коксу, які використовуються в промисловості, включають:

– Конвекційна барабанна сушарка: цей тип сушарки працює на принципі конвекції повітря. У такій сушарці повітря нагрівається та

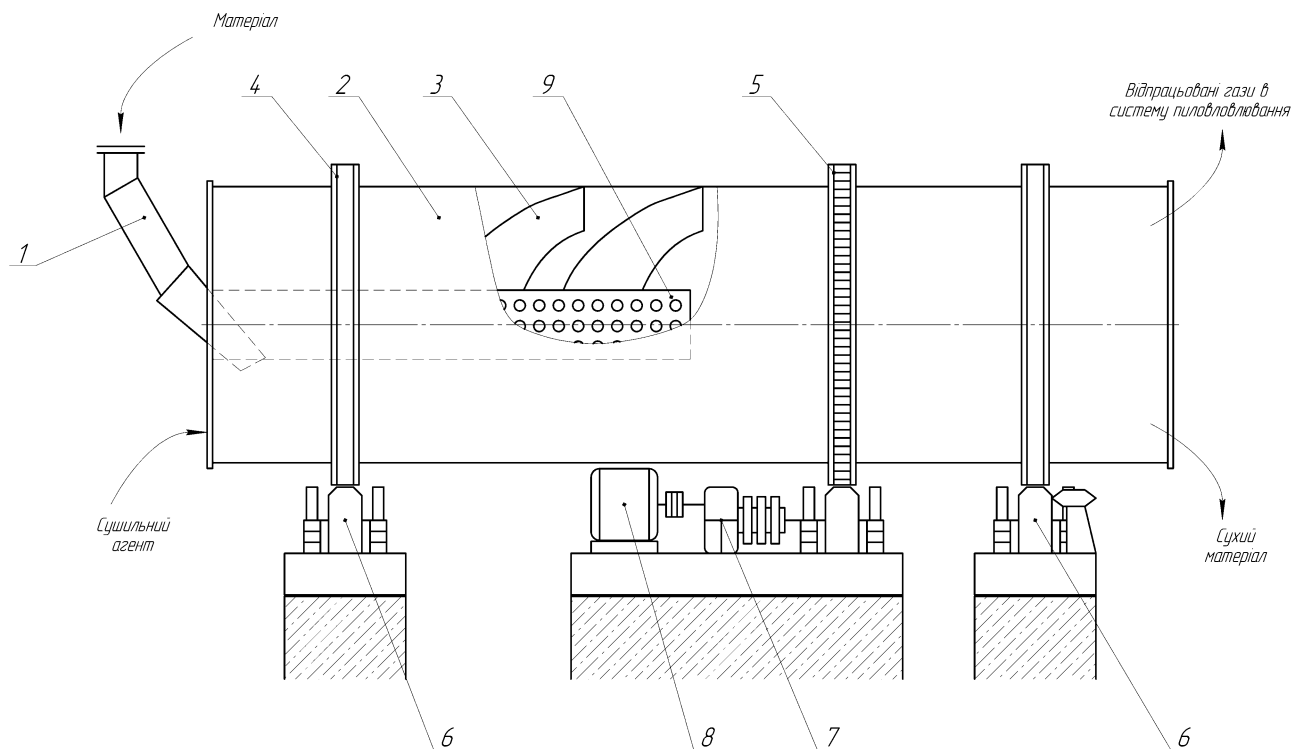


циркулює через камеру сушіння, що забезпечує швидке та ефективне видалення вологи з коксу. Для нагрівання повітря використовуються різні джерела енергії, такі як природний газ, електрика та інші.

– Реактивна барабанна сушарка: цей тип сушарки використовується для сушіння коксу за допомогою хімічних реакцій. У такій сушарці кокс нагрівається до високих температур у наявності реактивних речовин, що прискорює процес сушіння. Реактивні барабанні сушарки можуть бути більш ефективними за конвекційні сушарки, але вони також потребують більш складної інфраструктури та контролю.

- Вакуумна барабанна сушарка: цей тип сушарки використовується для сушіння коксу в низькому тиску. У такій сушарці використовується вакуум, що забезпечує більш ефективне видалення вологи з коксу. Вакуумні барабанні сушарки можуть бути менш енергоефективним способом сушіння порівняно з іншими типами сушарок, такими як ротаційні сушарки або сушарки на основі гарячого повітря. Проте, вони зазвичай забезпечують більш високу якість сухого продукту і меншу втрату палива, тому їх використовують там, де якість кінцевого продукту є критично важливою, наприклад, у виробництві високоякісного коксу.

У цій роботі описано конструкцію конвекційної барабанної сушарки (рисунок 2). Сушильний барабан 2 є циліндром з листової сталі, який має насадки 3 на внутрішній стороні стінок. Барабан 2 підтримується на двох бандажах 4 і обертається за допомогою електродвигуна 8 і редуктора 7, які приводять його в рух за допомогою привідної вінцевої шестерні 5, що знаходиться на зовнішній поверхні барабана [4].



1 – завантажувальний лоток; 2 – барабан; 3 – насадки; 4 – бандаж; 5 – привідна вінцева шестерня; 6 – котки; 7 – редуктор; 8 – електродвигун; 9 – перфорована труба.

Рисунок 2 – Модернізована барабанна сушарка.

Для втілення модернізації барабанної сушарки пропонується встановити перфоровану трубу 9 в центрі сушильного барабану 2 для подачі додаткового гарячого повітря (сушильного агенту) (Рисунок 2). Це може покращити ефективність сушіння, дозволити зменшити час сушіння, що у свою чергу знизить споживання електроенергії та скоротить витрати на сушіння. Крім того, додаткова подача гарячого повітря може поліпшити якість сушеного продукту шляхом зменшення кількості вологи в продукті. Також, модернізація барабанної сушарки може підвищити її надійність та довговічність. Збільшення продуктивності та зменшення часу сушіння можуть зменшити навантаження на сушильний барабан, що може допомогти зменшити знос та збільшити термін його служби. Крім того, більш ефективно

використання енергії може зменшити витрати на експлуатацію та збільшити ефективність виробничого процесу в цілому.

**Перелік посилань:**

1. "Handbook of Petroleum Processing" edited by David S.J. Jones and Peter R. Pujadó, Chapter 14: Delayed Coking, pages 309-310.

2. Збірник тез доповідей XXIII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (5-7 грудня 2022 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. –с. 81. [https://ci.kpi.ua/METODA/23\\_teza\\_mizhnarodna.pdf](https://ci.kpi.ua/METODA/23_teza_mizhnarodna.pdf) від 01/05/2023 р.

3. "Rotary Dryers: Coolers and Calciners", автор: George S. Davenport  
Смирнов В. О., Сергєєв П. В., Білецький В. С. Технологія збагачення вугілля. Навчальний посібник. — Донецьк: Східний видавничий дім, — 2011. — 476 с.

**УДК 621**

## **ПРИНЦИП РОБОТИ ДИСКОВОГО НАСОСА**

студент Мурашов Г. І., к.т.н., доцент Степанюк А. Р.

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ:** Описано призначення дискового насоса та його недоліки та переваги.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ДИСКОВИЙ НАСОС, НЕДОЛІКИ, ПЕРЕВАГИ, ПРИЗНАЧЕННЯ.

Дисковий насос - це гідродинамічний насос, який працює за рахунок доцентрової сили. Він складається з одного або декількох дисків, які знаходяться паралельно один одному і між ними є невеликі відстані, через які протікає рідина. Диски зазвичай мають спеціальну форму, що дозволяє створювати доцентрову силу і змушувати рідину рухатися від центру насоса до його ободу. Дисковий насоси зазвичай використовуються для перекачування рідин з низькою в'язкістю, таких як вода, нафта, розчинники та інші. Вони можуть бути використані в різних галузях, таких як нафтова промисловість, хімічна промисловість, промисловість продуктів харчування та багато інших [3].

Дисковий насос працює наступним чином (рисунок 1):

1. Робоче колесо дискового насоса складається з кількох тонких скріплених поміж собою по периферії дисків (1), між якими є невеликі зазори (3) для проходження рідини, та відповідного пристрою.

2. При обертанні колеса рідина, що знаходиться між дисками, закручується ними за рахунок сил тертя, які залежать від відносної швидкості

між рідиною та поверхнею тертя, і енергія від робочого колеса передається рідині.

3. У наступних елементах – спіральному (5) та конічному дифузорах (6) – кінетична енергія перетворюється у значній мірі в енергію тиску. Із зменшенням витрат через колесо ця швидкість також зменшується, викликаючи збільшення окружної складової абсолютної швидкості, тобто збільшення напору, що має наслідком зменшення небезпеки відриву потоку.

Порівняння дискового насоса з насосами лопатевими за умов однакових втрат у підвідних та відвідних пристроях свідчить про те, що коефіцієнт корисної дії дискового насоса за умов однакових втрат у підвідних та відвідних пристроях дорівнює лише 0,5 – 0,6 від ККД лопатевого насоса.

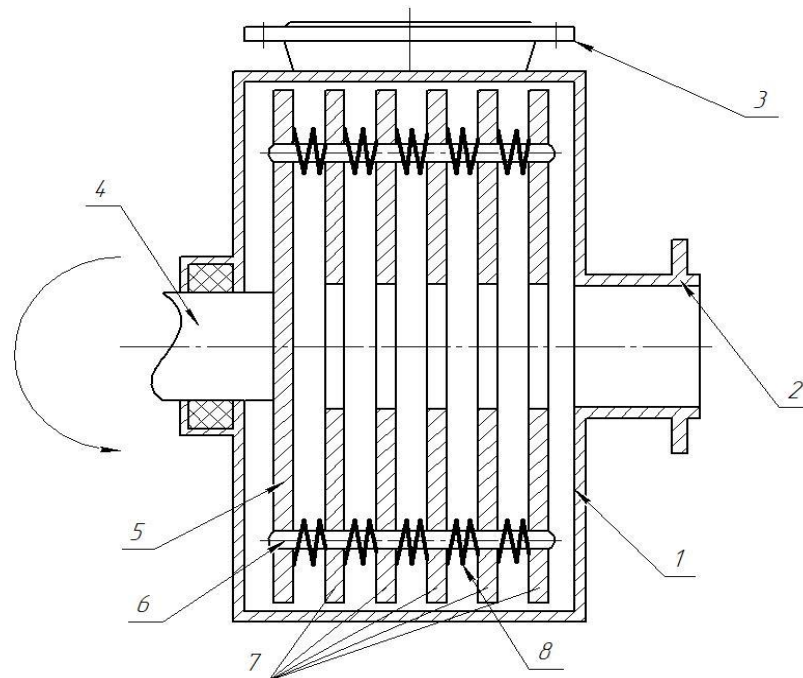
Знаходить застосування у нафтовій промисловості, а також може бути рекомендованим для використання в системах з малими витратами робочої рідини та підвищеними вимогами до антикавітаційних якостей при стійкій роботі, зокрема, дискового насоса може встановлюватись перед основним насосом, що має гіршу кавітаційну характеристику.

До переваг дискових насосів можна віднести можливість перекачування високов'язких рідин, а також рідин з невеликими абразивними домішками; простий дизайн; високі кавітаційні якості і низький рівень шуму.

До недоліків дискових насосів можна віднести :

1. Висока ціна: дискові насоси відносяться до високотехнологічного обладнання, тому їх вартість може бути значно вищою порівняно з іншими типами насосів.

2. Відносно низька продуктивність: хоча дискові насоси досить ефективні, їх продуктивність може бути нижчою порівняно з іншими типами насосів. Це означає, що для великих обсягів рідини може знадобитись більше часу на її перекачування.



1 – робоче колесо; 2 – вал приводу; 3 – корпус;

4 – радіальний відвідний пристрій

A – робоча площа між двома обертальними дисками;

B – порожнина між обертальним диском та нерухомою стінкою

Рисунок 1 – Схема дискового насоса

3. Високі вимоги до монтажу та обслуговування: дискові насоси мають складну конструкцію, тому для їх монтажу та обслуговування може знадобитись спеціальна кваліфікація. Крім того, для забезпечення ефективності та тривалого терміну служби дискового насоса необхідно регулярне технічне обслуговування та заміна деяких деталей.

4. Високі вимоги до монтажу та обслуговування: дискові насоси мають складну конструкцію, тому для їх монтажу та обслуговування може знадобитись спеціальна кваліфікація. Крім того, для забезпечення ефективності та тривалого терміну служби дискового насоса необхідно регулярне технічне обслуговування та заміна деяких деталей.

### Перелік посилань

1. URL:

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81\\_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9) від 01.05.2023 р

2. URL: <https://www.mxq-usa.com/blog/disk-pumps-how-do-they-work/>

від 01.05.2023 р

3. URL: <https://studfile.net/preview/2787619/page:32/> від 01.05.2023 р

УДК 621

## ПРИНЦИП РОБОТИ ПОРШНЕВОГО НАСОСА

Студент Правосудович О.Д., к.т.н., доцент Степанюк А. Р.

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

**АНОТАЦІЯ.** Описано принцип роботи поршневого насоса. Приклади використання. Недоліки та переваги.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА.** ПОРШНЕВИЙ НАСОС, ПРИНЦИП ДІЇ, ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ, ЗАСТОСУВАННЯ.

Поршневий насос - гідравлічний насос, який працює за допомогою поршня, що рухається в металевому корпусі. При русі поршня відбувається зміна об'єму камери насоса, що в результаті призводить до втягування рідини (або іншої робочої речовини) в камеру насоса через вхідний клапан, а потім викидання її через вихідний клапан [1-4]

Поршневі насоси використовуються в різних галузях, таких як нафтогазова промисловість, промисловість харчових продуктів, медичне обладнання та інші. Вони можуть мати різні розміри і форми, залежно від їх призначення та вимог до продуктивності.

Основний принцип роботи поршневого насосу полягає в зміні об'єму камери насоса за допомогою поршня, що рухається в металевому корпусі. Для більш детального опису принципу роботи можна виділити такі етапи:

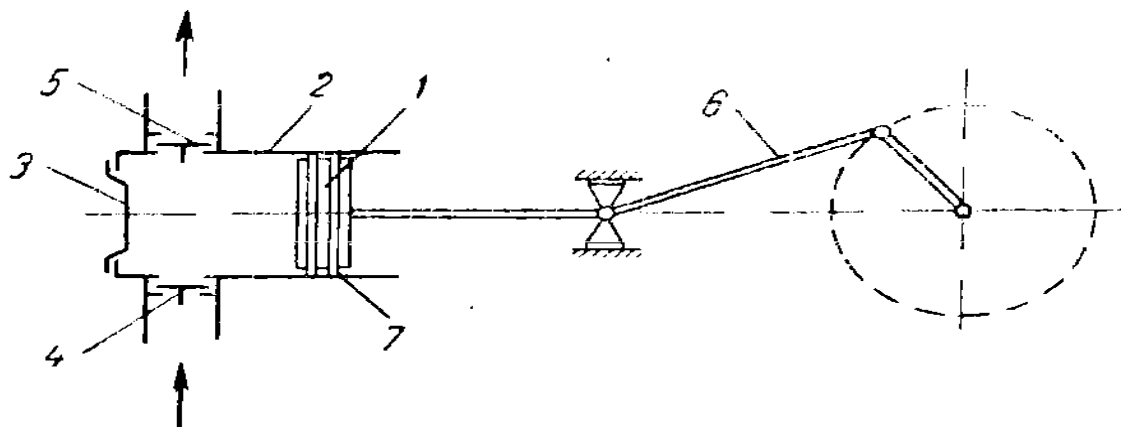
1. Початковий етап. Поршень (1) перебуває в верхньому положенні, вихідний клапан (5) закритий, а вхідний клапан (4) відкритий. Камера насоса наповнюється робочою рідиною (або іншою робочою речовиною) через вхідний клапан (4).



2. Робочий етап. Поршень (1) зміщується вниз, зменшуючи об'єм камери насоса, тим самим створюючи тиск, який змушує робочу рідину пересуватися через вихідний клапан (5).

3. Кінцевий етап. Поршень (1) повертається вгору, збільшуючи об'єм камери насоса та забезпечуючи зміну тиску, яка знову ж таки змушує робочу рідину зайти в камеру насоса через вхідний клапан (4). Вихідний клапан (5) при цьому закривається.

Цей процес повторюється протягом робочого циклу поршневого насоса, що залежить від технічних характеристик насоса та вимог до продуктивності. Наприклад, у великих поршневих насосах може бути кілька поршнів, які працюють паралельно, щоб забезпечити великий об'єм перекачування. схема поршневого насоса наведена на рисунку 1.



1 – поршень; 2- циліндр; 3 – кришка циліндру; 4 – вхідний клапан; 5 – нагнітаючий клапан; 6 – кривошипно-шатунний механізм; 7 – ущільнювальне кільце.

Рисунок 1 – Схема поршневого насоса

### Переваги поршневих насосів:

– Висока ефективність: поршневі насоси можуть виконувати важкі завдання, такі як перекачування в'язких рідин або рідин з великою в'язкістю, завдяки великій потужності та високому тиску.

– Довговічність: поршневі насоси мають просту конструкцію та мінімальну кількість частин, що рухаються, тому вони можуть працювати протягом довгого часу без заміни деталей або ремонту.

– Надійність: поршневі насоси можуть працювати в різних умовах, включаючи високі температури та агресивні середовища, і не зазнають значних пошкоджень.

### **Недаліки поршневих насосів:**

– Великий розмір: поршневі насоси можуть бути досить великими та важкими, що може зробити їх незручними для застосування в деяких випадках.

– Підвищений рівень шуму та вібрації: поршневі насоси можуть бути досить шумними та вібруючими під час роботи.

– Пульсуюча подача

– Вимоги до обслуговування: поршневі насоси потребують регулярного обслуговування та заміни деяких деталей з часом, щоб забезпечити надійну та безперебійну роботу.

– Поршневі насоси широко використовуються в різних галузях промисловості та машинобудування. Ось декілька прикладів їх використання:

– Видобувна промисловість: поршневі насоси використовуються для підняття нафти та газу з глибини. Вони можуть працювати в умовах високого тиску та температури, що дозволяє ефективно здійснювати видобуток.

– Хімічна промисловість: поршневі насоси використовуються для перекачування різних рідин, включаючи кислоти, луки та розчинники. Вони можуть витримувати агресивні середовища та хімічні реакції, що дозволяє їх використовувати в багатьох галузях хімічної промисловості.

– Водопостачання та водовідведення: поршневі насоси використовуються для перекачування води, як у водопостачанні, так і в системах водовідведення. Вони можуть працювати в умовах великих об'ємів води та високого тиску, що дозволяє забезпечувати ефективну роботу систем.

– Автомобільна промисловість: поршневі насоси використовуються в двигунах внутрішнього згорання для постачання палива та мастила. Вони можуть працювати в умовах високих температур та тиску, що дозволяє забезпечувати ефективну роботу двигуна.

– Фармацевтична промисловість: поршневі насоси використовуються для виробництва лікарських засобів, наприклад, для змішування та перекачування рідинних компонентів. Вони можуть працювати в умовах високої чистоти та точно

#### **Перелік посилань:**

1. URL:

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%80%D1%88%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%80%D1%88%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81) від 01.05.2023 р.

2. URL: <https://www.panagonsystems.com/how-does-hydraulic-piston-pump-work/> від 01.05.2023 р.

3. URL:

[https://www.shevchenkove.org.ua/person\\_syte/Lusak/%D0%93%D0%86%D0%94%D0%A0%D0%9E%D0%9F%D0%A0%D0%98%D0%92%D0%9E%D0%94/Document/Lekzia/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F%20%E2%84%967.htm](https://www.shevchenkove.org.ua/person_syte/Lusak/%D0%93%D0%86%D0%94%D0%A0%D0%9E%D0%9F%D0%A0%D0%98%D0%92%D0%9E%D0%94/Document/Lekzia/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F%20%E2%84%967.htm) від 01.05.2023 р.

4. URL:

<https://www.ksb.com/en-global/centrifugal-pump-lexicon/article/piston-pump-plunger-pump-1118830> від 01.05.2023 р.

УДК 66.532

## СТРУМЕНЕВИЙ НАСОС

студента Вовк М.Є., доц., к.т.н. Степанюк А.Р.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**АНОТАЦІЯ:** Розглянуто принцип роботи струменевого насоса, його переваги та недоліки, а також основні використання у промисловості.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СТРУМЕНЕВИЙ НАСОС, ПЕРЕКАЧУВАННЯ РІДИН, ПРОМИСЛОВІСТЬ, В'ЯЗКІСТЬ, АБРАЗИВНІ ЧАСТКИ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

## JET PUMP

Student Vovk M. Y., associate professor, Ph.D. Stepaniuk A.R.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

**ABSTRACT:** The working principle of a jet pump, its advantages and disadvantages, as well as its main industrial applications are discussed in this paper.

**KEY WORDS:** JET PUMP, LIQUID TRANSFER, INDUSTRY, VISCOSITY, ABRASIVE PARTICLES, EFFICIENCY.

Струменевий насос – це пристрій, який використовується для перекачування рідини за допомогою струменя води або повітря. Цей тип насосів широко використовується в різних галузях промисловості, включаючи хімічну, нафтову та газову промисловість, а також в системах водопостачання. Вони також відомі як ежекторні насоси. Струменеві насоси менш ефективні, ніж типові відцентрові насоси. Вони функціонують на

основі ефекту Вентурі принципу Бернуллі – використання звуження для зниження тиску та забезпечення всмоктування [1]. Струменеві насоси не мають в своїй конструкції деталей, які рухаються. Це гідравлічні апарати динамічного типу.

Принцип роботи струменевого насоса полягає в тому, що рідина піднімається до певної висоти за допомогою струменя води або повітря. Він складається з трьох основних частин: засмоктувального пристрою, насосного блоку та випускного штуцера [2].

Засмоктувальний пристрій використовується для забезпечення подачі рідини до насосного блоку. Він може мати різні конструкції, такі як засмоктувальна трубка, вільна забірна труба або насосний фільтр.

Насосний блок складається з сопла, яке створює вакуум для забору рідини з засмоктувального пристрою. Під час переміщення середовища через сопло, воно створює розрідження, що забезпечує всмоктування рідини з засмоктувального пристрою. Після цього рідина переміщується до випускної труби.

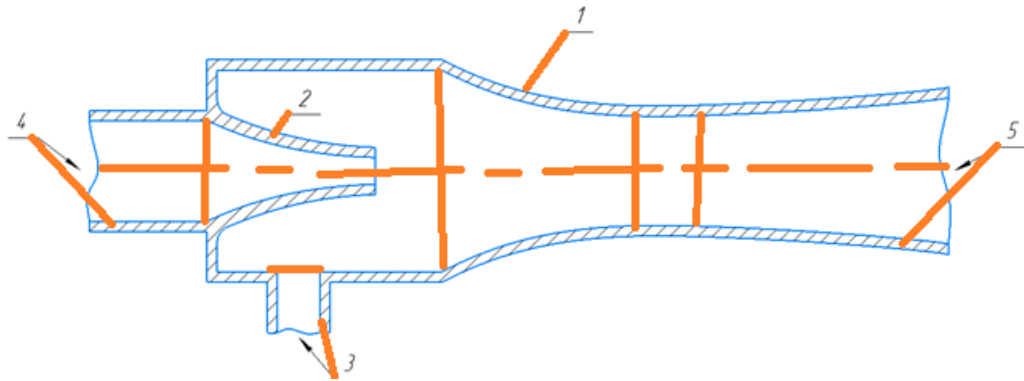
Випускна труба призначена для відведення рідини з насоса до потрібного місця. Вона може мати різні розміри та конструкції, залежно від застосування насоса.

Струменевий насос може бути різних видів, з різними складовими. На рисунку 1 наведена схема ежекторної частини струменевого насоса.

Однією з переваг струменевого насоса є те, що він може перекачувати рідину з великою швидкістю та великим тиском. Крім того, він може працювати з різними типами рідин, включаючи рідини з великою в'язкістю та абразивними частками.

Однак, струменевий насос має деякі недоліки. Наприклад, він може працювати тільки з рідинами, що мають певну консистенцію та в'язкість, і не підходить для перекачування газів та рідин з високою температурою. Крім

того, струменевий насос може бути складним у використанні та потребує певних знань та навичок для налагодження та обслуговування.



1 – дифузор; 2 – сопло; 3 – вхід середовища що ежектуються;  
4 – вхід середовища що ежектуює; 5 – конфузор (вихід)

Рисунок 1 - Схема ежекторної частини струменевого насоса

Незважаючи на це, струменевий насос є досить популярним у різних галузях промисловості. Він забезпечує ефективну та швидку перекачування рідин, що дозволяє підвищувати продуктивність та ефективність роботи. Крім того, він може бути використаний у складних умовах та відповідати вимогам безпеки та надійності.

Існує чотири основні типи струменевих насосів, які відрізняються залежно від застосування та розміру [3]:

- глибинні;
- насоси для неглибоких колодязів;
- конвертовані;
- мініатюрні.

Струменеві насоси бувають:

- ежекторного типу - тобто відсмоктувальними;
- інжекторного типу - нагнітаючими.

Апарати цього типу застосовуються для: рідини; газу; пари.

Струменевий насос може застосовуватися як апарат:

- рідинноструменевий (для змішування і перекачування робочої і пасивної рідини з різними рівнями тиску);
- аерліфтовий або ерліфтовий (працює, як пневматичний пристрій для підйому рідин).

Якщо насос використовується тільки для води, то він називається водоструменевий і може бути всього двох модифікацій:

- вакуумний - лабораторний інструмент;
- гідроелеватор - для колодязів або свердловин глибиною не більше 16 метрів, в яких немає можливості встановити насос що занурюється.

Основними характеристиками, які слід враховувати при виборі струминних насосів, є витрата, напор насоса, тиск, потужність, номінальна потужність, вихідний діаметр і робоча температура.

У підсумку, струменевий насос є важливим пристроєм у промисловості, який забезпечує швидке та ефективне перекачування рідин. Він має свої переваги та недоліки, але за правильного використання та обслуговування може бути надійним та ефективним пристроєм для різних галузей промисловості.

#### **Перелік посилань:**

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81) від 27.04.2023 р.
2. [https://www.globalspec.com/learnmore/flow\\_transfer\\_control/pumps/jet\\_pumps](https://www.globalspec.com/learnmore/flow_transfer_control/pumps/jet_pumps) від 27.04.2023 р.
3. <http://stroyka-gid.com.ua/kerivniztv/14297-strymenevy-nasos.html> від 27.04.2023 р.

## **ПРИНЦИП РОБОТИ ШЕСТЕРНОГО НАСОСА**

Студент Єрмуракі С.Л. , к.т.н., доцент Степанюк А. Р.

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

**АНОТАЦІЯ.** Описано принцип роботи шестерного насоса. Приклади використання. Недоліки та переваги.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА.** ШЕСТЕРНИЙ НАСОС, ПРИНЦИП ДІЇ, ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ, ЗАСТОСУВАННЯ.

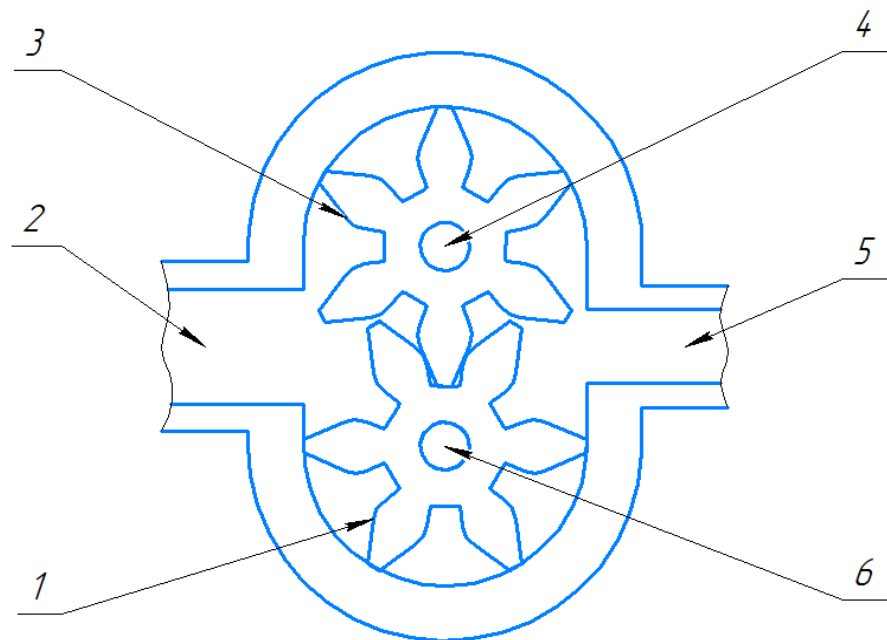
Шестеренні насоси - це пристрої для перекачування рідин або газів (рис.1). Принцип його роботи полягає в тому, що дві зубчасті шестерні рухаються вздовж однієї осі в напрямку, що збігається. Одна з шестерень діє як привідна, а інша - як ведена. Рух шестерень призводить до того, що рідина або газ всмоктуються зі зменшеною об'ємною часткою і виводяться зі збільшеною об'ємною часткою.

Іншими словами, принцип роботи шестеренного насоса заснований на зміні об'єму між шестернями, викликаній їх рухом: рух однієї шестерні змінює об'єм робочої камери на стороні всмоктування, дозволяючи насосу всмоктувати рідину або газ. Коли робоча камера повністю заповнена рідиною або газом, рух другої шестерні зменшує об'єм робочої камери з боку нагнітання, змушуючи рідину або газ виходити з насоса.

Цей насос є різновидом шестеренного насоса, в якому дві шестерні, розташовані на валу, взаємодіють для передачі робочої рідини від одного кінця насоса до іншого. Основний принцип роботи шестеренного насоса полягає в тому, що робоча рідина потрапляє в насос через вхідний отвір на одному кінці і заповнює простір між шестернями. При обертанні валу шестерні починають рухатися, і поверхні шестерень ковзають одна проти



одної. При цьому між зубцями шестерень утворюється замкнута камера і робоча рідина рухається по корпусу насоса [1-3].



1 – ведена шестерня; 2- всмоктувальний канал; 3 – привідна шестерня;  
4 – приводний вал; 5 – нагнітаючий канал; 6 – вісь веденої шестерні;

Рисунок 1 – будова шестеренного насоса

Для більш детального опису принципу роботи можна виділити такі етапи:

1. Всмоктування: Робоча рідина всмоктується через всмоктувальний отвір в корпусі насоса, зазвичай з нижньої частини насоса.

2. Заповнення міжшестерневого простору: Робоча рідина заповнює міжшестерневий простір, який утворюється між двома шестернями.

3. Рух шестерень: При обертанні валів шестерні починають рухатися, що приводить до того, що зубчасті обличчя шестерень заходять одна в одну.

4. Стиснення робочої рідини: Коли зубці шестерень знаходяться в контакті, об'єм камери між зубцями шестерень зменшується, що призводить до стиснення робочої рідини.

5. Вивід робочої рідини: Стиснена робоча рідина виходить з камери через вихідний отвір на протилежному кінці насоса.

6. Розходження шестерень: Після виведення робочої рідини з камери, зубці шестерень розходяться, і між ними утворюється нова камера, яка заповнюється робочою рідиною зі всмоктувального отвору.

7. Повторення процесу: Цей процес повторюється знову і знову, створюючи постійний потік робочої рідини через насос.

### **Переваги шестеренного насоса**

1. Простий у використанні та обслуговуванні. Шестеренні насоси - це компактні насоси, що складаються лише з двох шестерень, корпусу, передньої та задньої кришок. У порівнянні з іншими насосами, шестеренні насоси легші. Невелика вага шестеренних насосів також робить їх більш зручними у використанні при однаковому обсязі робіт. У той же час, їх проста конструкція і невелика кількість деталей роблять їх зручними для ремонту в разі виникнення проблем.

2. Низька вартість. Шестеренні насоси легші за вагою і їх легше транспортувати, ніж звичайні насоси, що дозволяє заощадити деякі транспортні витрати. Шестеренні насоси також дешевші завдяки своїй простій конструкції та низьким виробничим витратам. Процедури технічного обслуговування також простіші і дешевші в майбутньому. Тому в цілому шестеренні насоси економічні і можуть ефективно заощаджувати гроші.

3. Нечутливий до в'язкості та щільності рідини. Зміни в'язкості або щільності рідини не дуже впливають на роботу шестеренних насосів. Якщо з боків нагнітального патрубку встановлені сітчасті фільтри або обмежувачі, шестеренчастий насос буде проштовхувати рідину через них. Якщо фільтр забруднюється або засмічується, шестеренний насос може підтримувати постійну швидкість потоку до тих пір, поки не буде досягнута механічна межа найслабшої частини обладнання. Це також призводить до того, що

шестеренні насоси нечутливі до забруднення маслом, що робить їх придатними для використання в нафтохімічній промисловості.

### **Недоліки шестеренного насоса**

1. Непросто відремонтувати після зносу. Компоненти шестеренних насосів нелегко замінити, а в разі зносу їх нелегко відремонтувати. Процес ремонту шестеренних насосів простий, але коли деталі зношені, відремонтувати весь шестеренний насос практично неможливо.

2. Великий шум. Шестеренні насоси можуть бути дуже гучними через незбалансовані радіальні сили. При встановленні в зонах з екологічними вимогами до рівня шуму або при використанні посеред ночі шестеренні насоси можуть впливати на роботу і відпочинок інших людей і створювати неприємні незручності. Наявність незбалансованих радіальних сил також може певною мірою вплинути на термін служби підшипників.

3. Нерегульоване зміщення. Міжзубчаста канавка торцевої кришки та шестерні являє собою кілька фіксованих герметичних робочих камер, тому робочий об'єм шестеренного насоса не регулюється, і його можна використовувати лише як дозуючий насос [4-5].

### **Перелік посилань:**

1. [http://www.pumpschool.com/applications/Gear\\_Pumps/gear\\_pumps.htm](http://www.pumpschool.com/applications/Gear_Pumps/gear_pumps.htm)

2. [https://en.wikipedia.org/wiki/Gear\\_pump](https://en.wikipedia.org/wiki/Gear_pump) від 10.05.23 р.

3. <https://www.thomasnet.com/articles/pumps-valves-accessories/working-principle-gear-pump/> від 10.05.23 р.

4. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B3%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D0%B3%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0) від 10.05.23 р.

5. <https://www.minipowerunit.com/uk/news/advantages-and-disadvantages-of-gear-pump> від 10.05.23 р.



УДК 66.532

## **ШЛАНГОВИЙ (ПЕРИСТАЛЬТИЧНИЙ) НАСОС**

студентка Гурківська Т.В., доц., к.т.н. Степанюк А.Р.,

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ:** Розглянуто питання, пов'язані з принципом роботи шлангового (перистальтичного) насоса, його переваги та недоліки порівняно з іншими типами насосів, а також основні застосування у промисловості.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ШЛАНГОВИЙ (ПЕРИСТАЛЬТИЧНИЙ) НАСОС, ПЕРЕКАЧУВАННЯ РІДИН, ПРОМИСЛОВІСТЬ, САМОВСМОКТУВАННЯ, НАДІЙНІСТЬ, ВИТРАТИ ЕНЕРГІЇ.

## **HOSE (PERISTALTIC) PUMP**

Student Hurkivska T.V., associate professor, Ph.D. Stepaniuk A.R.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**ABSTRACT:** Issues related to the principle of operation of the hose (peristaltic) pump, its advantages and disadvantages compared to other types of pumps, as well as the main applications in industry are considered.

**KEY WORDS:** HOSE (PERISTALTIC) PUMP, LIQUID TRANSFER, INDUSTRY, SELF SUCTION, RELIABILITY, ENERGY CONSUMPTION.

У сучасному світі науки та техніки постійно з'являються нові пристрої, які допомагають забезпечити більш ефективне та точне функціонування систем. Один з таких пристроїв - шланговий насос, який має безліч переваг порівняно з іншими насосами.

Шланговий насос, також відомий як перистальтичний насос, — це тип об'ємного насоса, який працює за простим принципом стиснення та розслаблення гнучкої трубки або шлангу.

Перистальтичний насос працює за допомогою гнучкого шлангу, через який протікає рідина. Простота його конструкції дає ряд переваг перед іншими технологіями. Шланг, який може бути виготовлений з будь-якого матеріалу, розташований у корпусі насоса. Рухомий ротор стискає та розширює шланг, що приводить до переміщення рідини через насос. Швидкість ротора може бути налаштована для контролю точності подачі рідини, створюючи безперервний потік рідини.

Оскільки блок не містить клапанів, він відомий як насос без засмічення. Перистальтичні насоси є самовсмоктуючими, які можуть створювати підйоми всмоктування до 8м із сухого повітря, що працює без проблем. Обертний рух перистальтики дуже повільний, тому для зниження швидкості двигуна до 1 об/хв у напорі насоса використовується коробка передач[1].

Існує два різних механізми роботи перистальтичних насосів [2]:

- з роликівим приводом;
- башмаковим приводом.

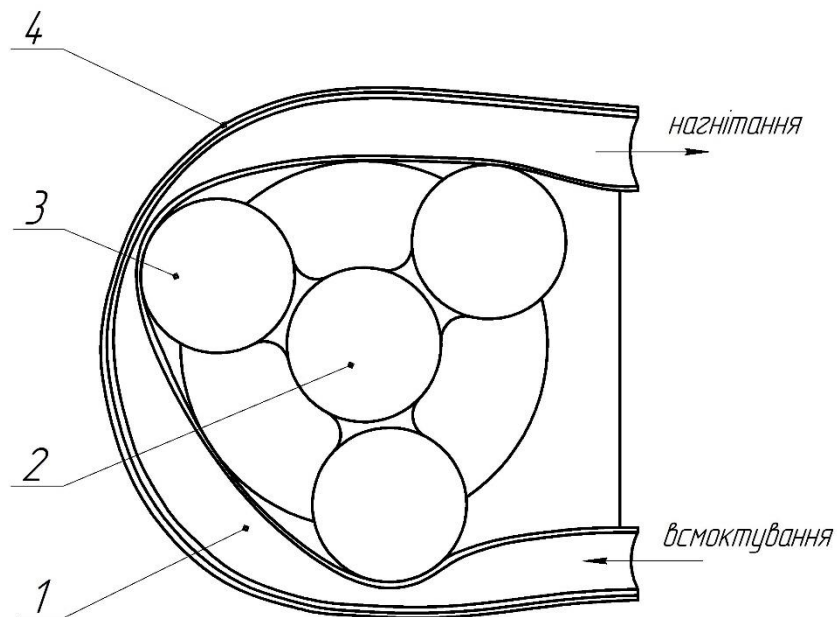
На рисунку 1 наведена схема шлангового (перистальтичного) насосу з роликівим приводом.

Шлангові насоси є важливим елементом в багатьох промислових та наукових дослідженнях, де необхідно точне та надійне перекачування рідин. Однак вони також мають свій перелік переваг та недоліків в порівнянні з насосами інших типів.

Переваги:

- насос не контактує з рідиною, лише з матеріалом еластичної трубки;

- невеликі розміри, надійність та простота конструкції;
- здатність до самовсмоктування;
- відсутність механічного ущільнення;
- малі витрати енергії;
- стійкість до агресивних речовин;
- можливість регулювання подачі рідини.



1 – еластична трубка (шланг); 2 – ротор; 3 – прижимний ролик;  
4 – корпус

Рисунок 1 – Схема шлангового (перистальтичного) насоса з роликівим приводом

Недоліки:

- малі об'єми перекачування рідини;
- гнучка трубка з часом руйнується та потребує періодичної заміни;
- імпульсивний потік, особливо при низьких швидкостях обертання.

Незважаючи на перелік переваг і недоліків шлангові (перистальтичні) насоси мають великий потенціал для розвитку технологій перекачування рідин та покращення продуктивності й надійності виробничих процесів у різних галузях промисловості. Однак, їх використання повинно бути обґрунтовано, враховуючи конкретні умови виробництва та вимоги до продуктивності та надійності.

Перистальтичні насоси є ідеальним рішенням для тих випадків, коли інші насоси виходять з ладу. Оскільки вони можуть працювати з високов'язкими та твердими рідинами, не пошкоджуючи їх, мають просту та доступну технічну обслуговування, вони є популярним вибором для вимогливих та абразивних застосувань.

Шлангові (перистальтичні) насоси використовуються в багатьох галузях, зокрема в медицині, фармації, промисловості, нафтогазовій галузі, харчовій промисловості та інших сферах. Вони дозволяють перекачувати різні види рідин і різні типи середовищ з високою точністю та безпекою. У нафтогазовій галузі їх використовують для перекачування нафти, газу та інших продуктів. В харчовій промисловості вони використовуються для перекачування харчових продуктів, таких як молоко, сік, паста та інші рідини. Також, перистальтичні насоси знаходять своє застосування в медичних процедурах, наприклад, при переливанні крові під час операцій та лікарських препаратів.

Крім того, перистальтичні насоси є ефективними інструментами для водопостачання та відведення води в системах з високим рівнем автоматизації, таких як басейни та ірригаційні системи.

Основні характеристики, які слід враховувати при виборі перистальтичного насоса, можуть варіюватися залежно від застосування та конкретних потреб використання. Однак, деякі загальні характеристики, які слід враховувати при виборі перистальтичного насоса: продуктивність,



розмір трубки, матеріали, з яких зроблений насос та його компоненти, рішень шуму, тиск та вартість.

Загалом, шлангові насоси стали невід'ємною частиною промисловості та технологій перекачування рідин. Завдяки своїй унікальній конструкції, яка базується на перистальтичному русі, ці насоси забезпечують безшумну та безвібраційну роботу, шлангові насоси можуть бути використані в різних процесах, де потрібна точна регуляція витрати рідин. Перистальтичні насоси знайшли своє місце в різних галузях промисловості та науки, завдяки своїм унікальним характеристикам та перевагам.

#### **Перелік посилань:**

1. What are Peristaltic Hose Pumps URL: [https://www.northridgepumps.com/article-213\\_what-are-peristaltic-hose-pumps](https://www.northridgepumps.com/article-213_what-are-peristaltic-hose-pumps) від 30.04.2023 р.
2. Peristaltic Pumps Guide URL: <https://www.castlepumps.com/info-hub/peristaltic-pump-guide/> від 30.04.2023 р.

УДК 661.56, 66.045

## FEATURES OF THE NITRIC ACID COOLING PROCESS

Student Kot Anton, Ph.D., Associate Professor Novokhat Oleh

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ АЗОТНОЇ КИСЛОТИ

Студент Кот Антон, к.т.н, доц. Новохат Олег

Національний Технічний Університет України

«Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»

*ABSTRACT:* Possible options for compensating the temperature voltage in the heat exchanger are considered

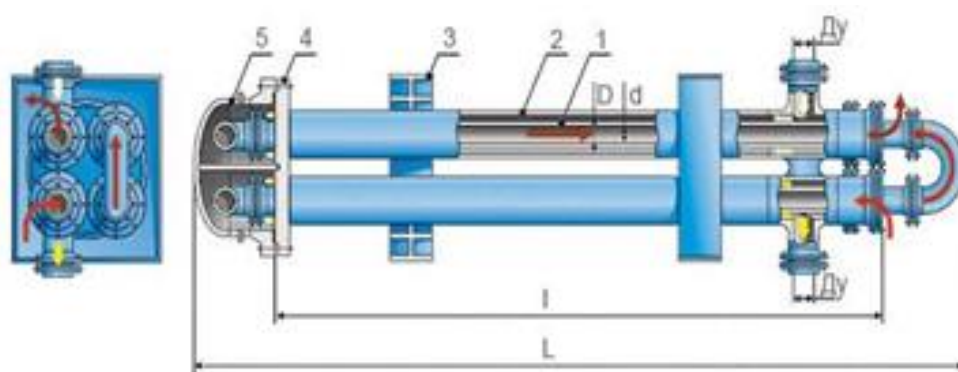
**KEYWORDS.** *TEXCHANGER, KTPG, MODERNIZATION, NITRIC ACID IMPROVEMENT.*

During the cooling time of nitric acid, there is a large temperature difference between the coolants, so there are high temperature stresses. To compensate for them, it is impossible to use a typical shell-and-tube heat exchanger of rigid construction. It is necessary to use as a refrigerator a heat exchanger with a compensating element% heat exchanger with a floating head, or a heat exchanger with U-shaped pipes.

Shell-and-tube floating head heat exchanger (KTPG) is a type of heat exchange equipment in which the heat exchanger head can move freely along pipes.

Modern versions of KTPG have some common features, but may differ in the design of pipes, casing and floating head.

One of the most common options are heat exchangers with transverse tubes (Fig. 1), in which the floating head is connected to an annular support that ensures its buoyancy. This variant of KTPG can be made of various materials such as steel, copper or titanium.



1-Pipe heat exchange; 2-Pipe casing; 3-support; 4-Lattice of casing pipes;  
5-kaerma

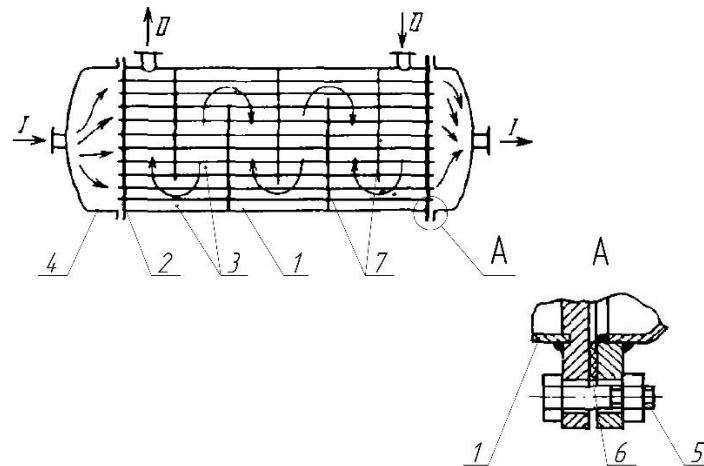
**Figure 1** Heat exchanger with transverse tubes

Another variant of the KTPG has a more complex design with straight tubes and a head, which consists of two half rings connected together (Fig. 2).

This variant of KTBG is used in cases where it is necessary to exchange heat between liquids with high and low pressure.

There are also KTPG with a leveling segment in which the floating head is connected to a screw clutch, which allows it to move smoothly along the pipes when the temperature changes.

Regardless of the design, modern versions of KTPH have high heat transfer efficiency and can be used to pump various liquids, gases and vapors in industrial processes.



1 – casing; 2 – pipe gratings; 3 – pipes; 4 – cover; 5 – bolt; 6 – gasket; 7 – partitions; I and II – coolants.

**Figure 2** - KTPG with straight pipes

There are various ways to upgrade shell-and-tube floating head heat exchangers (CCBGs) in order to improve their efficiency and reduce energy costs.

One of these methods is to replace traditional pipes with more efficient heat exchange elements, for example, tubular or leaf blades. This can provide more efficient heat transfer and reduce heat transfer resistance.

Also, systems for automatic control over temperature, embossing and flow of working fluids can be installed, which allows maintaining optimal operating conditions of the heat exchanger and reducing its energy costs.

Another upgrade could be the replacement of older heat exchangers with more modern models with reduced heat transfer resistance, which provides more efficient heat transfer and lower energy costs.

In addition, additional devices can be installed, such as thermometers, pressure gauges, valves and heat exchanger cleaning systems from contamination, which allows to increase the life of the heat exchanger and reduce its maintenance costs.

Consequently, upgrading the CCPG can help increase its efficiency, reduce energy costs and increase its lifespan.

Conclusion: using the above types of heat exchanger as a heat exchanger will provide the possibility of temperature differences between the coolants without destroying the heat exchanger structure.

**Source:**

1. <https://www.pumpindustry.com.ua/plavajuch-golovki-dlya-udoskonalennya-ktpg/>
2. <https://www.worldpumps.com/rotodynamic-pumps/features/upgraded-twin-screw-pumps-improve-productivity/>
3. Xavier Dourif Jean-Pierre Kerezin, "Twin-Screw Pumps with Floating Head: Theory and Application",
4. Pier Galileo, "Optimization of a Twin Screw Pump with Floating Head",

UDC 66.047

**MODERNIZATION OF THE METHANOL-BENZENE MIXTURE  
SEPARATION INSTALLATION WITH THE DEVELOPMENT OF AN  
AIR COOLER**

student Turkeyych Y.V., assistant Podyman H.S.

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

**ANNOTATION:** *THIS WORK PRESENTS A STUDY OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL IMPROVEMENT IN THE PERFORMANCE OF AN AIR COOLER. THE DIRECTIONS FOR MODERNIZATION OF THE REFRIGERATOR ARE SUBSTANTIATED.*

**KEY WORDS :** PATENT EXAMINATION, AIR COOLER.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ  
МЕТАНОЛ-БЕНЗОЛ З РОЗРОБКОЮ ПОВІТРЯНОГО  
ХОЛОДИЛЬНИКА**

студент Туркевич Ю. В., ас. Подиман Г. С.

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

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

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД, ПОВІТРЯНИЙ  
ХОЛОДИЛЬНИК.

When obtaining a steam-gas mixture from the rectification column, it must undergo a cooling stage in an air cooler. The speed of receiving cooled benzene to the specified temperature depends on the quality and productivity of this device.

Using an air cooler allows you to save cooling water, thereby reducing the amount of wastewater and reducing the costs of cleaning the device due to the absence of scale and salt deposition.

Therefore, looking at new patents, it was possible to notice some patterns in the direction of development.

Patents [1-4] are aimed at improving production automation technologies, reducing maintenance costs, and increasing the efficiency of machines. They use modern methods of data analysis and artificial intelligence to monitor and manage the condition of machines. These patents can be useful for enterprises involved in the production and maintenance of machines.

The advantages of these inventions can be summarized as follows:

- intended for forecasting machine operation parameters based on data from sensors and other sources;
- can be useful for production, where an accurate forecast of machine operation is required;

However, they also have several disadvantages, such as:

- all these techniques do not provide additional functionality for detecting and diagnosing machine malfunctions;
- they are focused on extracting and predicting parameters, and not on improving the process or increasing the productivity of the device.

Therefore, as a modernization, the design is shown in

Figure 1 is proposed. Such an air cooler will differ in that its pipes will be elliptical with fins located at an angle so that the long part of the ellipse is parallel to the movement of the airflow. Since the ribs should be at an angle, they capture

air flows as much as possible, increasing the heat exchange area, which will allow intensifying heat exchange.

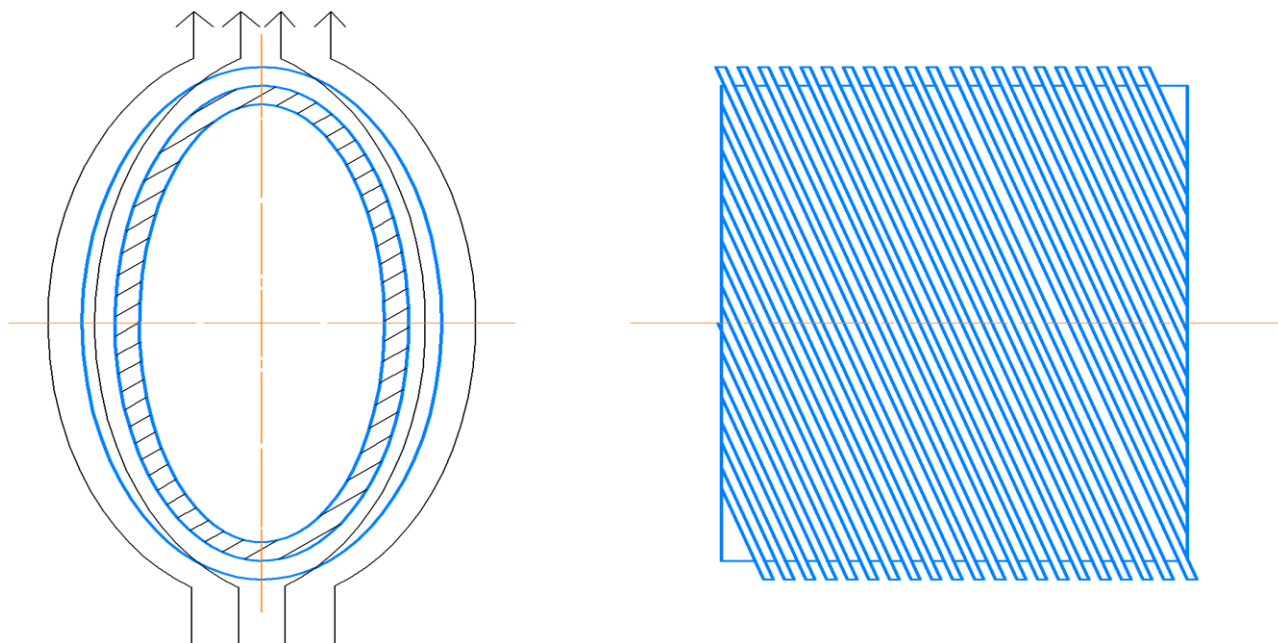


Figure 1 – scheme of modernization of the pipe of the air cooler

This modernization will make the design more complex but will allow increasing the area of heat exchange, which will ensure faster cooling. In addition, increasing the area of heat exchange will allow reducing the length of the device, due to the reduction of the length of the pipes. In this way, two problems will be solved at once - increasing productivity while reducing the overall dimensions and intensifying the heat transfer of the steam generator.

#### References :

1. Pat. US2022333875A1 Heat exchanger. July 5, 2022.
2. Pat. US11512876B2 Refrigeration apparatus. Mar. 2, 2022.
3. Pat. US2022113067A1 Refrigeration unit. December 1, 2020.
4. Pat. US2022186998A1 Refrigeration unit with atmosphere control system access panel. Jun.16, 2020.
5. Kasatkin AH Basic processes and devices of chemical technology . - M.: Chemistry . - 1971 - 784 с .



УДК 621

## ПРИНЦИП РОБОТИ ГВИНТОВОГО НАСОСА

Студент Правосудович О.Д. , к.т.н., доцент Степанюк А. Р.

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

**АНОТАЦІЯ.** Описано принцип роботи гвинтового насоса. Приклади використання. Недоліки та переваги.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА.** ГВИНТОВИЙ НАСОС, ПРИНЦИП ДІЇ, ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ, ЗАСТОСУВАННЯ.

**Гвинтовий** або **шнековий насос** — це пристрій, для перекачування рідин або газів, що працює за допомогою гвинтового ротору, або декількох, які обертаються в одному напрямку та змушують рідину пересуватися від входу до виходу насоса [4].

Під час обертання роторів, рідина засмоктується через вхідні отвори та пересувається вздовж внутрішньої поверхні корпусу насоса, де вона згущується та виходить через вихідні отвори.

Основні етапи роботи гвинтового насосу можна описати таким чином [1], [6]:

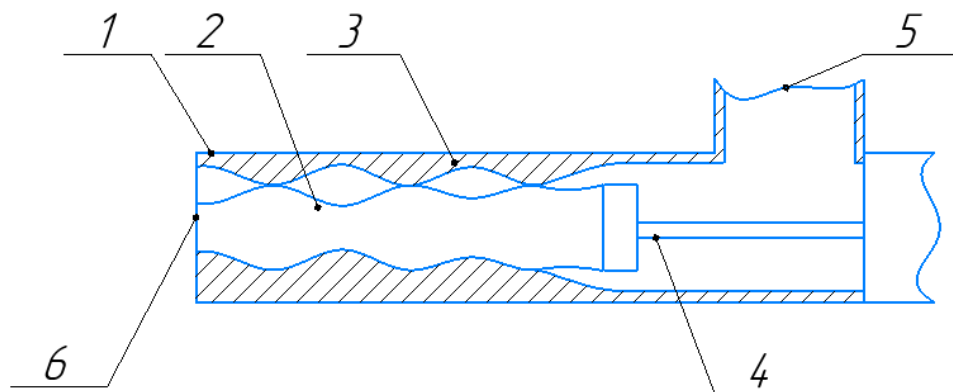
1. Засмоктування рідини: Гвинтовий насос має вхідний отвір або канал, через який рідина потрапляє до корпусу насоса. При обертанні ротора вакуум, створюваний між гвинтами ротора та стінками корпусу, засмоктує рідину в корпус. Рідина потрапляє в інтервал між гвинтами роторів та стінками корпусу.

2. Переміщення рідини: Ротори насоса починають обертатися в одному напрямку, пропелерними лопатями гвинтів та взаємодією зі стінками

корпусу змушуючи рідину пересуватися вздовж корпусу в напрямку вихідного отвору насоса. Як тільки гвинти роторів починають обертатися, рідина стискається між гвинтами та переміщується вздовж корпусу насоса.

3. Вихід рідини: Під час переміщення рідини вздовж корпусу, вона згущується, що забезпечує утворення внутрішнього тиску. Цей тиск змушує рідину виходити через вихідний отвір насоса в трубопровід або іншу систему.

4. Повторення циклу: Після виходу рідини з вихідного отвору насоса, цикл засмоктування, переміщення та виходу рідини повторюється знову, щоб продовжувати перекачувати рідину.



1 – корпус; 2 – гвинт; 3 – статор; 4 – шнек; 5 - вхідний клапан;  
6 – вихідний отвір

Рисунок 1 – Схема гвинтового насосу

Переваги гвинтових насосів [2]:

- прості в обслуговуванні;
- можна використовувати для всіх рідин;
- має компактну структуру;
- забезпечують постійний і непульсуючий потік рідини;

- тиха робота;
- можливість перекачувати високов'язкі рідини;

Недоліки гвинтових насосів [2]:

- Відносно висока ціна
- Складна конструкція;
- Висока чутливість до зносу;
- Відсутня можливість зміни робочого об'єму;
- Чутливі до високих температур;

Гвинтові насоси є ефективними та надійними пристроями для перекачування рідин і газів. Вони використовуються в різних галузях, таких як нафтогазова, хімічна, продовольча та інші промисловості, а також у медичній техніці. Завдяки своїй конструкції та принципу дії, гвинтові насоси забезпечують стабільний та безперебійний потік рідини або газу, що дозволяє їх використовувати в різних вимогливих умовах.

Основні сфери застосування гвинтових насосів включають наступні:

- Хімічна промисловість: гвинтові насоси зазвичай використовуються для перекачування агресивних рідин і хімічних реагентів. Гвинтові насоси здатні перекачувати рідини з високим рівнем корозії [5].

- Нафтова та газова промисловість: гвинтові насоси використовуються для перекачування нафти, газових конденсатів і інших рідин, які містяться у пластах нафти і газу. Перекачування природного газу зі складів до споживачів або до газопереробних заводів для подальшої переробки. Використання у системах відкачування газу на платформах для видобутку нафти та газу у відкритому морі. Перенесення нафтопродуктів, таких як бензин, дизельне паливо та мастильні матеріали, до зберігальних ємностей, зокрема на АЗС [1].

- Промисловість харчових продуктів: гвинтові насоси використовуються для перекачування рідин, таких як молоко, сиропи та інші

харчові інгредієнти. Гвинтові насоси використовують для дозування і перемішування інгредієнтів, що використовуються у виробництві харчових продуктів, наприклад, цукор, сіль, спеції, барвники, тощо [5].

– Водопостачання та каналізація: гвинтові насоси використовуються для перекачування стічних вод із забрудненням, а також для підкачування води у системах водопостачання [4].

– Енергетика: гвинтові насоси використовуються для перекачування теплоносіїв та інших рідин у системах опалення та охолодження [5].

– Медична техніка: гвинтові насоси використовуються в медичних пристроях для перекачування крові та інших рідин.

Гвинтові насоси широко використовуються у медичній техніці для різних застосувань. Наприклад: для перекачування крові та інших рідин в терапії та хірургії, для розфасовування та дозування ліків із великою точністю, для вакуумної екстракції та збору біологічних зразків, для виготовлення та дозування аерозолей у дихальній терапії, для екстрагування та збору біологічних рідин із організму у лабораторних дослідженнях [7].

#### **Перелік посилань:**

1. **HAOSHYPUMP, How does a screw pump work? URL:**

<https://www.haoshypump.com/what-is-a-screw-pump/>

2. **Everything You Need To Know About Screw Pumps URL:**

<https://www.andersonprocess.com/everything-you-need-to-know-about-screw-pumps/>

3. **Гвинтовий насос, Вікіпедія URL:**

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9\\_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81)

4. Гвинтові насоси, Wiki ТНТУ URL:

[https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%93%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%96\\_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81%D0%B8](https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%93%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%96_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81%D0%B8)

5. Особливості гвинтових насосів, URL:

<https://steiner.com.ua/uk/%D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96-%D0%B3%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%85-%D0%BD%D0%B0/>

6. What is a Screw Pump? | How does a Screw Pump work? URL:

<https://mechanicalboost.com/screw-pump/>

7. Pump Applications in the Medical Industry, URL:

<https://pumpsolutions.com.au/pump-applications-in-the-medical-industry/>

УДК 66.047

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

Pugach Y. R., Serhii Haidai, Stepaniuk A.R.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

***ANNOTATION:** An analysis of the equipment of the technological scheme for the production of ethanol by hydration of ethylene was carried out. It substantiated the choice of the apparatus for designing in the diploma project, as well as its construction design, namely the shell-and-tube heat exchanger.*

***KEYWORDS:** Ethanol, Ethylene, hydration, shell-and-tube, heat exchanger.*

**АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ  
ЕТАНОЛУ ІЗ ВИБОРОМ ТЕПЛООБМІННОГО ОБЛАДНАННЯ**

Студент Пугач Я. Р., доц., ст. викл., к.т.н. Гайдай С.С.,

к.т.н., доц., Степанюк А. Р.

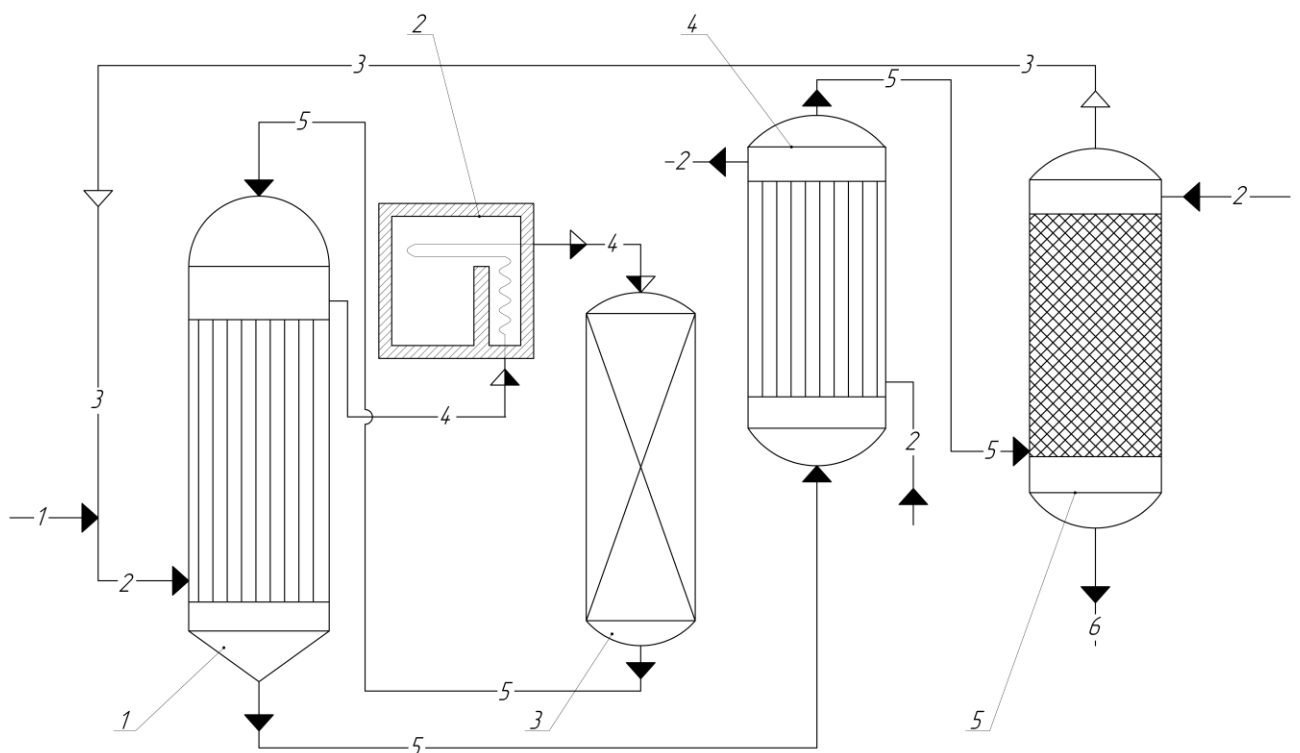
Національний технічний університет України

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

***АНОТАЦІЯ:** Проведено аналіз обладнання технологічної схеми виготовлення етанолу шляхом гідратації етилену. Обґрунтовано вибір апарата для проектування у дипломному проекті, а також його конструкції, а саме – кожухотрубного теплообмінника.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** етанол, етилен, гідратація, кожухотрубний, теплообмінник.*

The technological diagram in Figure 1 shows the process of producing ethanol by hydrating ethylene. Heat exchanger 1 performs the important process of cooling the water-ethanol mixture, which enters the second loop after separator 5. The cooling process plays a main role in the process, as the rate of separation in the separator depends on it. Therefore, it is advisable to choose the most energy-efficient design of the heat exchanger, which will ensure the required productivity with minimal resource and energy costs for the process.



1, 4 – shell heat exchanger; 2 – tube furnace; 3 – hydrator; 5 – separator;

Figure 1 – Piece of technological scheme of ethanol hydration [1]

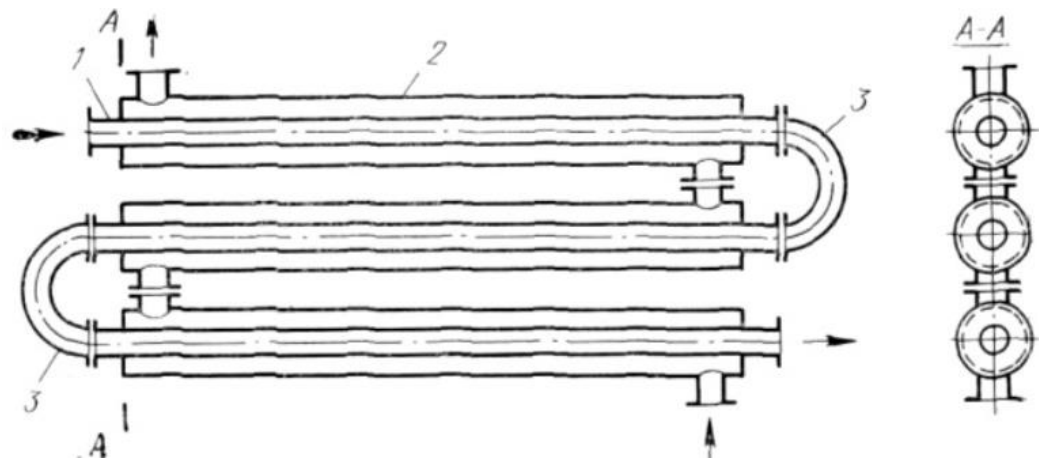
In order to choose the most energy-efficient heat exchange equipment, it is necessary to analyze the main types of heat exchangers, based on the method of heat transfer, namely: surface, mixing, and regenerative heat exchangers.

In surface heat exchangers, heat transfer occurs through the heat exchange surface, which separates the heat carriers, i.e. through a closed wall. In this case, the streams do not mix, which is one of the most important factors in this case.

In mixing heat exchangers, heat is transferred through direct contact with heat carriers by mixing them, which is unacceptable in this case.

In regenerative heat exchangers, heat is transferred through a special heat transfer element that accumulates heat. In this case, the heat carriers move sequentially: first the hot, then the cold. Therefore, in addition to partially mixing the heat carrier streams, the productivity of such heat exchangers is low. Therefore, for this technological scheme, it is decided to choose a heat exchanger construction with a surface method of heat transfer.

One of the most common surface heat exchangers is double-tube heat exchangers, or tube-in-tube heat exchangers, shown in Figure 2, which consist of several sequentially connected tubular elements formed by two concentrically arranged tubes.



1 – inside pipe, 2 – cover pipe, 3 – pipe band.

Figure 2 – Heat exchanger «tube-in-tube» [2]

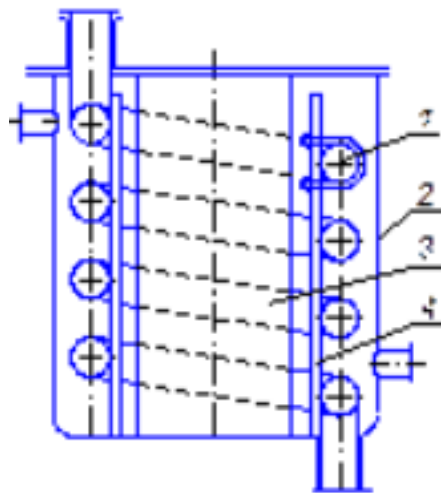
In such heat exchangers, one heat carrier flows through the internal tubes, while the other flows through the space formed by two tubes. Due to the small cross-sectional area of the inter-tube space, even at low flow rates of the heat carriers, high velocities are achieved: 1÷2.5 m/s, which ensures turbulence of the flow and, as a result, high heat transfer coefficients. However, such heat exchangers are used in cases where low performance values are required.



The spiral-tube heat exchangers, as shown in Figure 3, consist of a spiral - tube 1 located in the housing 2 of the heat exchanger.

The principle of operation is based on the exchange of thermal energy during the movement of the heat carrier (gas, steam or liquid) along the coil immersed in a liquid heat carrier.

Plate heat exchangers, as shown in Figure 4, have their heat exchange surface realized by means of corrugated ribs arranged parallel to each other in sections (plates), which provide a system of narrow channels. In this type of heat exchangers, one heat carrier flows through the even channels, and the other through the odd ones.



1 – spiral; 2 – body;

3 – inside cup; 4 – spiral tube mount

Figure 3 – Spiral tube heat exchanger[3]

Plate heat exchangers provide high values of the heat transfer coefficient due to the turbulent flow of the heat carriers and the large surface area of heat exchange, which is achieved by the use of numerous plates. Like tube-in-tube heat exchangers, plate heat exchangers have a small cross-sectional area of channels, which ensures turbulent flow at high flow velocities of heat transfer fluids and, accordingly, high heat transfer coefficients and intensive heat transfer. The main

disadvantage of such heat exchanger designs is the inability to operate at high pressures and the complexity of selecting elastic gaskets.

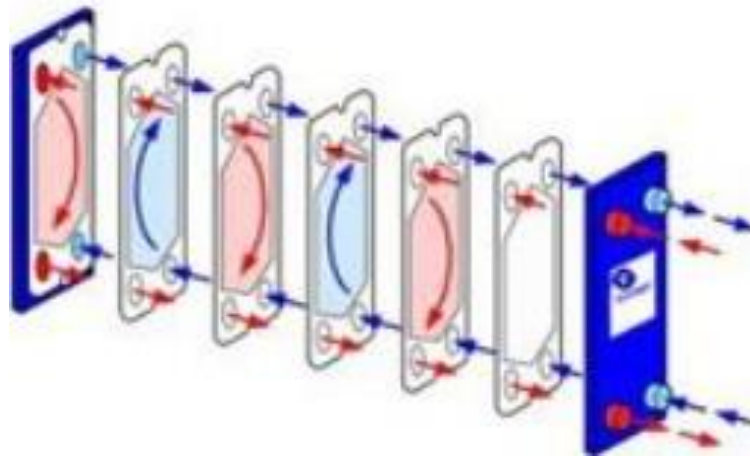
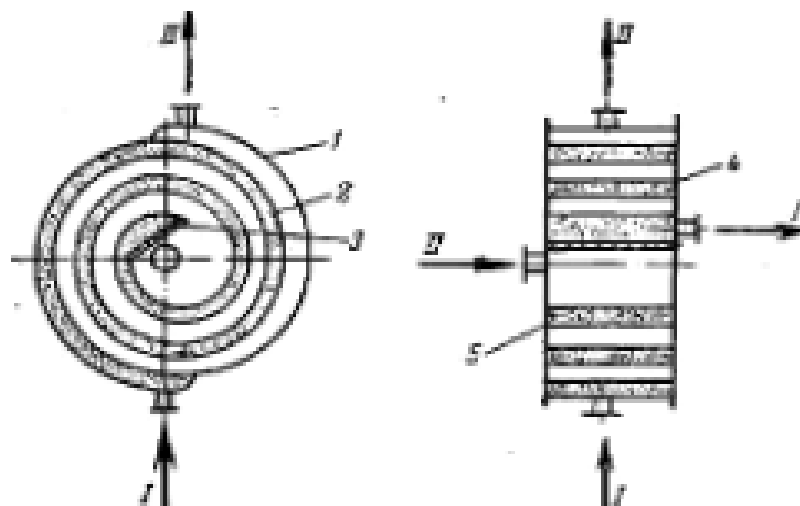


Figure 4 – Plate heat exchangers [4]

In spiral heat exchangers, as shown in Figure 5, the heat transfer surface is realized in the form of two steel plates that are spirally wound. The ends of such plates are closed by partitions to prevent mixing of the heat transfer fluids.



1, 2 – metal sheets, that revolve by spiral; 3 – baffle; 4, 5 – cap

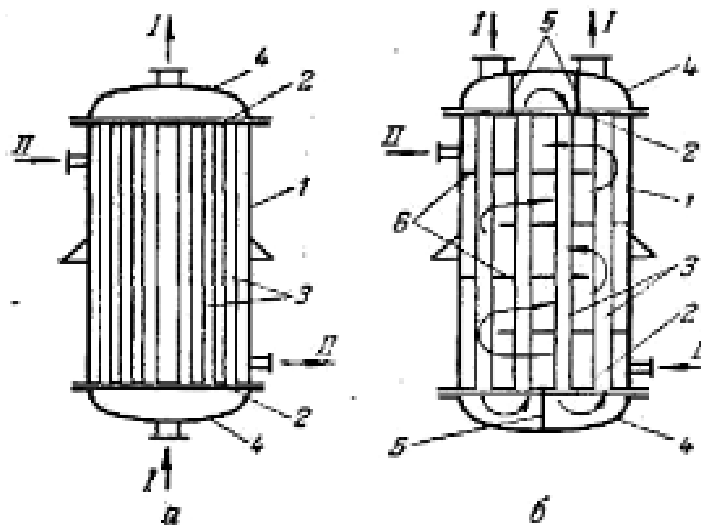
Figure 5 – Spiral heat exchanger [2]

The heat transfer fluid flows in opposite directions, and heat is transferred from one fluid to another through the metal spiral plates in spiral heat exchangers, as with tube-in-tube heat exchangers. Such heat exchangers have low hydraulic

resistance and high fluid velocity, but their construction makes maintenance of the plates more difficult.

Shell-and-tube heat exchangers, depicted in Figure 6, are the most commonly used type in the chemical industry. These heat exchangers consist of a shell or jacket, tube bundles, and distribution chambers (covers and bottoms). The tubes, which form the heat transfer surface, are secured in the tube bundles.

In shell-and-tube heat exchangers, one heat transfer fluid flows through the tubes (in the tube side), while the other flows through the shell between the tubes and baffles (in the shell side). The heated fluid is directed from bottom to top, while the cooled fluid flows in the opposite direction. These flow directions for each of the fluids coincide with the directions in which the medium will move due to changes in density caused by heating or cooling.



1 – body; 2 – tube plate; 3 – pipes; 4 – caps;

5 – baffle in the caps; 6 – baffle in the intertubular space

Figure 6 – Shell-tube heat exchanger [2]

The tubes in the grids are usually arranged at the vertices of equilateral triangles, but there are cases where it is more practical to arrange them at the corners of rectangles or concentrically. Such heat exchangers can be both single-

pass and multi-pass. In multi-pass heat exchangers, additional baffles are placed to separate the passes in the tube side, while the number of tubes in each section must be equal.

Based on the analysis of existing designs of heat exchange equipment for the process of cooling a water-alcohol mixture in the production scheme of ethyl alcohol, taking into account the requirements set, it has been concluded that the most rational solution would be to use a shell-and-tube heat exchanger.

### References

1. Виробництво етанолу гідратацією етилену. Хімічна технологія – Хімія і хімічна технологія. Віртуальна читальня освітніх матеріалів. URL: <https://subject.com.ua/chemistry/universal/175.html> (дата звернення: 17.04.2023).
2. Конструкції теплообмінників. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/5465346/page:10/> (дата звернення: 17.04.2023).
3. Змійовикові теплообмінники. Студопедія. URL: [https://studopedia.com.ua/1\\_51357\\_zanureni-teploobminniki.html](https://studopedia.com.ua/1_51357_zanureni-teploobminniki.html) (дата звернення: 17.04.2023).
4. Пластинчастий теплообмінник розрахунок, схема, креслення. JAK. URL: <https://jak.koshachek.com/articles/plastinchastij-teploobminnik-rozrahunok-shema.html> (дата звернення: 17.04.2023).

УДК 66.047

## **ABSORBER OF TAIL GAS TREATMENT PLANT**

Lykhozhon P. M., Haidai S.S.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

***ANNOTATION:** The selection of absorption equipment for the purification of tail gases of the technological scheme of sulfur production was carried out.*

***KEY WORDS:** SULFUR, ABSORBER, CLEANING, TAIL GASES.*

## **АБСОРБЕР УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ ХВОСТОВИХ ГАЗІВ**

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

**Національний технічний університет України**

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

***АНОТАЦІЯ:** Проведено вибір абсорбційного обладнання для очищення хвостових газів технологічної схеми виробництва сірки.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СІРКА, АБСОРБЕР, ОЧИЩЕННЯ, ХВОСТОВІ ГАЗИ.*

Absorption is used in industry to obtain a finished product (production of acids), gas separation, capture of harmful ( $H_2S$ , CO, moisture) and target components. During absorption, contact between liquid and gas occurs, while the mass of one of the components of the gas phase is transferred to the liquid phase or vice versa (desorption).

In the technological scheme of the tail gas purification plant, the main process of gas purification from amine takes place in the absorber. Therefore, it is

important to review the existing types of structures and choose the most optimal one.

Attachment absorbers have become the most widespread. Packed absorbers are columns filled with packing, which is laid in one or more layers (regular packing) or loaded to a certain height with a mound (irregular packing). The liquid flows down the nozzle in the form of a thin film, the surface of which is the phase interface (mass transfer surface), the gas moves countercurrently or in the direct current.

Rings, saddles, pieces of coke or quartz are used as nozzles. The choice of nozzle is determined by its chemical and mechanical resistance, as well as nozzle characteristics (specific surface area  $f$  in  $\text{m}^2/\text{m}^3$  and free volume  $V_c$  in  $\text{m}^3/\text{m}^3$ ). The absorber is used in the production of sulfur, in particular, to remove hydrogen sulfide from the tail gas.

The advantage of the nozzle absorber is low hydraulic resistance, which ensures high energy efficiency. Also, the developed phase contact surface and the simplicity of the design can be attributed to the advantages.

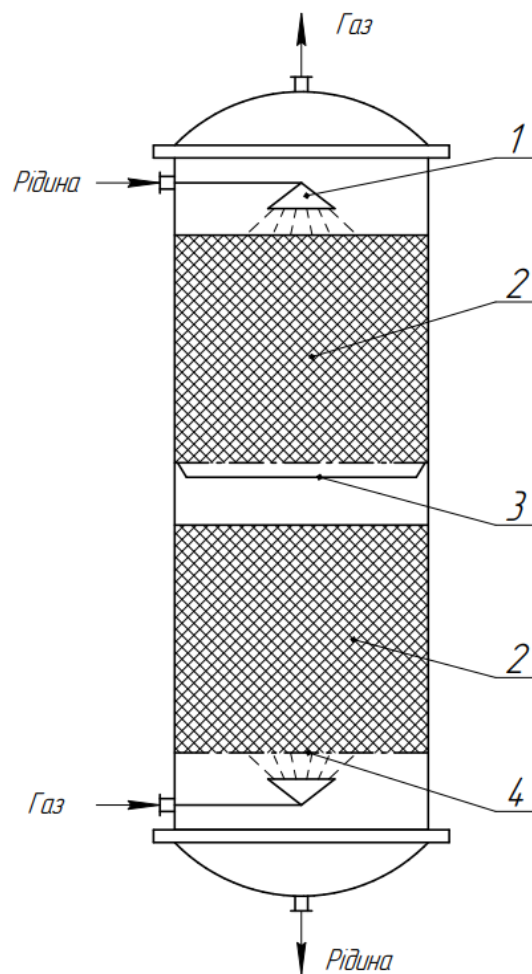
Disadvantages of the design are the impossibility of use with contaminated liquids due to contamination of the nozzle, which leads to the need to replace or clean the nozzle.

Plate columns are also used. A certain number of horizontal perforated partitions are placed in the column, which ensure the movement of liquid from top to bottom, and the movement of gas occurs in the opposite direction. The contact surface of the phases is provided when the gas passes through the liquid layer in the form of bubbles. The liquid layer is provided by the pressure of the gas supplied from below.

Plate columns are available with cap, valve, and drop sieve plates, on which there is an unorganized overflow of liquid through the holes, and with sieve plates with overflow devices. The simplest sieve plate is a sieve with round or

oblong holes. In columns with falling plates, the heavy fraction (liquid) flows from the upper plate to the lower one, and the gas (or steam) passes from below through the same holes and is distributed in the liquid layer located on the plate in the form of jets and bubbles - bubbling liquid. Such designs of plates are very sensitive to flow rate and steam pressure in the column. Disadvantages of plate columns include difficult work with low-viscosity liquids. Also, the structure of some types of plates is quite complex, for example caps.

Based on the advantages and disadvantages of these designs, a plug-in absorber was chosen for the tail gas cleaning process. The diagram of the attachment absorber is shown in Figure 1.



1 – distribution device; 2 – nozzle; 3 – redistribution device; 4 – lattice

Figure 1 – Absorber

**REFERENCES:**

1. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Приклади з курсу процесів та апаратів хімічної технології. Навчальний посібник. – Л.: Хімія. – 1987. – 576 С.
2. Дитнерський Ю. І. Процеси та апарати для хімічної технології. Навчальний посібник. Частина 2. Масообмінні процеси та апарати. – М.: Хімія. – 1995. – 368 С.
3. Конструкції і розрахунки параметрів абсорберів. Методичні вказівки для студентів спеціальності 133 Галузеве машинобудування - Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016 – 25 с.



УДК 065.143.

**ANALYSIS OF THE INSTALLATION OF AIR PURIFICATION  
FROM AMMONIA**

Tryhubets B. O., Haidai S. S.

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

***ABSTRACT:** An analysis of the equipment of the technological scheme of an air purification installation from ammonia has been carried out, specifically the design of the absorber, and the most rational type of construction has been selected.*

***KEY WORDS:** AMMONIA, PURIFICATION, MASS TRANSFER, ABSORBER, DESORBER.*

**АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ  
ВІД АМІАКУ**

Студент Тригубець Б. О., старший викладач, к.т.н. Гайдай С. С.

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

***АНОТАЦІЯ:** Проведено аналіз обладнання технологічної схеми установки очищення повітря від аміаку, а саме конструкції абсорбера та обрано найбільш раціональний тип конструкції.*

***КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АМІАК, ОЧИЩЕННЯ, МАСООБМІН, АБСОРБЕР, ДЕСОРБЕР.*

With the current state of technology and equipment, it is still not possible to completely exclude the ingress of toxic substances into the

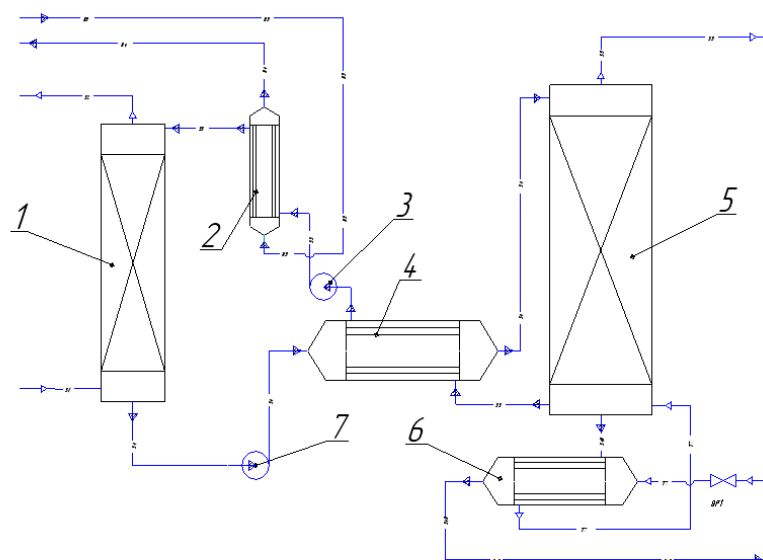
atmosphere. Therefore, at the moment, gas treatment facilities serve as an affordable way to protect it. The task of gas purification is to bring the concentration of harmful impurities in industrial emissions to the limit permissible by sanitary standards.

All methods of gas purification are mainly determined by the physical and chemical properties of impurities, their composition, aggregate state, dispersion, etc. The variety of harmful impurities in industrial emissions causes a great variety of cleaning methods and reagents. Purification of gases from gaseous and vaporous impurities is particularly characteristic of the chemical industry and is widely used at chemical enterprises. Cleaning methods can be divided into three main groups: absorption by liquids, absorption by solid absorbers, catalytic cleaning.

In the technological diagram of the air purification plant from ammonia, the main process of removing ammonia from the blown air, which is used during the cleaning of technological devices, takes place precisely in the absorber, therefore, the review of existing types of structures and the selection of the most optimal one are relevant. Among the technological schemes in the chemical industry, circular schemes are among the most widespread. Figure 1 shows an air purification plant from ammonia.

Liquid absorption is the most well-known and reliable method of gas purification. It is used in industry as the main method of extracting carbon dioxide and carbon monoxide, nitrogen oxides, chlorine, sulfur dioxide, acid vapors (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HF), various toxic acids, etc. from gases. The absorption cleaning method is based on the selective solubility of harmful impurities in the liquid (physical absorption) or their selective removal with the help of reactions with the active components of the absorber (chemisorption). Absorption cleaning is a continuous and, as a rule, cyclical process, since the absorption of impurities is usually accompanied by the regeneration of the absorbing solution (heating or

pressure reduction) and its return to the beginning of the cleaning cycle. At the same time, desorption of the absorbed gas impurity and its concentration take place.



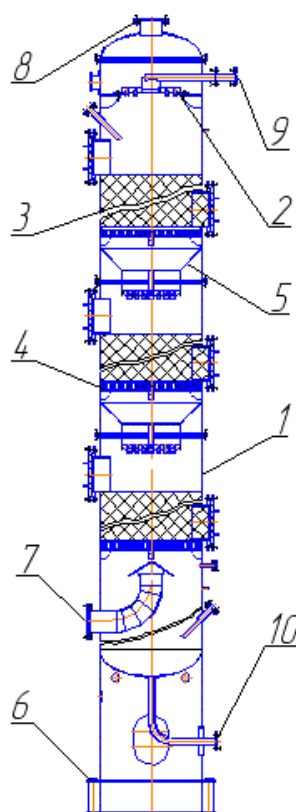
1 – absorber; 2 – refrigerator; 3, 7 – pump; 4 – heater; 5 – desorber; 6 – boiler.

Figure 1 – Installation of air purification from ammonia

Various liquids are used for gas purification. The main absorbents used for cleaning gas emissions are water, ammonia water, solutions of caustic and carbonate alkalis, potassium manganates and permanganates. Irrigation columns (hollow, with a nozzle and with a spray device), plate reactors, etc. are used as absorption reactors. The most common, universal cleaning device is a column with a nozzle, which is widely used for cleaning gases from nitrogen oxides,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{Cl}_2$ , metal vapors and other impurities. Its advantage is simplicity of design and operation.

To carry out the given process, we choose a plug-in absorber that is capable of providing a large area of phase contact. We use water as an absorbent, which is the most effective and relatively cheap absorbent.

Figure 2 shows the general view of the nozzle absorber.



- 1 – column; 2 – distribution plate; 3 – nozzle; 4 – support grid;  
 5 – redistribution plate; 6 – support; 7,8 – gas inlet and outlet fittings;  
 9, 10 – water inlet and outlet fittings

Figure 2 – Scheme of the nozzle absorber

Attachment absorbers have received the widest use in industry. They are columns filled with a nozzle - solid bodies of various shapes. Contact of the gas with the liquid occurs mainly on the wetted surface of the nozzle, along which the irrigation liquid flows. The surface of the nozzle per unit volume of the device can be large enough, and therefore, in relatively small volumes, significant mass transfer surfaces can be created. However, in some cases, the active contact surface is smaller than the geometric surface.

In the nozzle column 1, the nozzle 3 is placed on the support grids 4, which have holes or slits for the passage of gas and the flow of liquid, which sufficiently evenly irrigates the nozzle 3 with the help of a distribution plate 2

and flows down the surface of the nozzle bodies in the form of a thin film. To achieve uniform distribution of the liquid over the entire height of the absorber, the nozzle is loaded in sections, and redistribution plates 5 are installed between the sections, the purpose of which is to direct the liquid from the periphery of the column to its axis.

The liquid in the packing column moves along the packing element in the form of a thin film, so the contact surface of the phases is mainly the wetted surface of the packing. Part of the surface of the nozzle, mainly in the places of contact of the nozzle elements with each other, is wetted with a still (stagnant) liquid. This is the main feature of liquid movement in packing columns, unlike film columns, in which the film flow of liquid occurs along the entire height of the device.

As a nozzle, we choose the most common Rashiga rings, which have a height equal to the diameter and vary in the range of 15-150 mm. They are relatively cheap and easy to manufacture. The selected nozzle is irregular, that is, it is stacked in a heap. Although it has a large hydraulic resistance compared to a regular nozzle (laid in regular rows), it is more efficient and requires lighter in design sprinklers to improve wetting.

The movement of gas and liquid in plug-in absorbers is usually countercurrent. Direct current (downstream) is used quite rarely. However, recently much attention has been paid to the creation of direct-flow nozzle absorbers that work with high gas velocities (up to 10 m/s). At such velocities, which in the case of counterflow are unattainable due to the onset of choking, the process intensifies and the dimensions of the device are reduced; the hydraulic resistance during forward flow is much lower than during counterflow. The use of such absorbers is appropriate in cases where the direction of movement of the phases does not significantly affect the driving force.

Attachment absorbers have received the widest use in industry. They are columns filled with a nozzle - solid bodies of various shapes. Contact of the gas with the liquid occurs mainly on the wetted surface of the nozzle, along which the irrigation liquid flows. The surface of the nozzle per unit volume of the device can be large enough, and therefore, in relatively small volumes, significant mass transfer surfaces can be created. However, in some cases, the active contact surface is smaller than the geometric surface.

In the nozzle column 1, the nozzle 3 is placed on the support grids 4, which have holes or slits for the passage of gas and the flow of liquid, which sufficiently evenly irrigates the nozzle 3 with the help of a distribution plate 2 and flows down the surface of the nozzle bodies in the form of a thin film. To achieve uniform distribution of the liquid over the entire height of the absorber, the nozzle is loaded in sections, and redistribution plates 5 are installed between the sections, the purpose of which is to direct the liquid from the periphery of the column to its axis.

The liquid in the packing column moves along the packing element in the form of a thin film, so the contact surface of the phases is mainly the wetted surface of the packing. Part of the surface of the nozzle, mainly in the places of contact of the nozzle elements with each other, is wetted with a still (stagnant) liquid. This is the main feature of liquid movement in packing columns, unlike film columns, in which the film flow of liquid occurs along the entire height of the device.

As a nozzle, we choose the most common Rashiga rings, which have a height equal to the diameter and vary in the range of 15-150 mm. They are relatively cheap and easy to manufacture. The selected nozzle is irregular, that is, it is stacked in a heap. Although it has a large hydraulic resistance compared to a regular nozzle (laid in regular rows), it is more efficient and requires lighter in design sprinklers to improve wetting.

The movement of gas and liquid in plug-in absorbers is usually countercurrent. Direct current (downstream) is used quite rarely. However, recently much attention has been paid to the creation of direct-flow nozzle absorbers that work with high gas velocities (up to 10 m/s). At such velocities, which in the case of counterflow are unattainable due to the onset of choking, the process intensifies and the dimensions of the device are reduced; the hydraulic resistance during forward flow is much lower than during counterflow. The use of such absorbers is appropriate in cases where the direction of movement of the phases does not significantly affect the driving force.

The authors of [6] proposed a column mass exchange apparatus, which contains gas and liquid supply and extraction fittings, contact plates with channels for the passage of phases, and volume nozzles located on the support elements above the plates. The invention differs in that the nozzles are located above the liquid level on the plates and at least two layers above each one, which cross each other. Advantages: low hydraulic resistance, high efficiency, separation and productivity. Disadvantages: insignificant gas speeds, the design is complicated.

The authors of [7] proposed an element of the nozzle of the mass transfer device, which contains a closed thin-walled shell in the form of a tetraid, on the faces of which numerous holes are made. The advantages of this invention are a significant specific volume, small hydraulic resistance and manufacturability. The disadvantage is the low efficiency of the mass transfer apparatus due to the empty internal volume, which significantly reduces the efficiency of the interaction of phases in it.

Analyzing the patents, it can be concluded that the improvement of absorption is carried out by changing the method of carrying out the process, modernizing the structural elements and contact devices of the absorber. It is proposed to carry out the absorption process of the air-ammonia mixture with water in the designed absorber.

So, taking into account the advantages and disadvantages of the selected type of absorber design and analyzing analogues - for the diploma design in this technological scheme it is chosen to use a nozzle absorber and as a nozzle we choose Rashig rings.

### References

1. Рамм В.М. Абсорбція газів [текст] / В.М. Рамм.: Хімія. 1976.
2. Семенова Т. А. Очищення технологічних газів / під ред. Т. А. Семенової: Хімія, 1977.
3. Касаткін А.Г. Основні процеси та апарати хімічної технології [текст]: Посібник для хіміко-технологічних вузів / А.Г. Касаткін: Хімія, 1971.
4. Патент №2257950, МПК7 В01J 19/32. Масообмінна насадка для колонних апаратів/ Г. Г. Теляшов, В. Д. Сахаров, Е. Г. Теляшов, І. В. Сахаров; ООО «Інженерна фірма «ПНЕк». – Заявка №2004107733/15, 15.03.2004; Опубл. 10.08.2005.
5. Патент №2290992, МПК8 В01J 19/30. Елемент насадки для масообмінних апаратів/ Н. М. Ахметзянов, М. І. Фарахов, Н. Н. Ахметзянов, І. М. Шигапов, Н. Н. Маряхін, Т. М. Фарахов; ООО «Інженерно-впроваджувальний центр «ІНЖЕХІМ»». – Заявка №2005122751/15, 18.07.2005; Опубл.10.01.2007.
6. Патент №2297266, МПК8 В01D 43/04. Колонний масообмінний апарат/ Г. К. Зіберт, З. С. Фаліхов, В. В. Ключко. – Заявка №2005106478/15, 11.03.2005; Опубл. 20.04.2007.
7. Патент №6251227 (US), МПК7 В01J 35/02. Catalytic and absorptive-processes using containers for solid granular materials/ J. R. Banzaria (FR). Заявка № 08/350,116, 29.11.1994; Опубл. 26.06.2001.



УДК 66.047

**HEAT EXCHANGER FOR HEATING OF THE GAS MIXTURE COOLING  
IN TECHNOLOGICAL SCHEME OF ACETIC ACID PRODUCTION**

Gurin Y. S., Haidai S.S.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

*ANNOTATION: An analysis of various types of heat exchangers was carried out. The apparatus for the technological scheme of the production of ethanoic acid was selected.*

*KEY WORDS: METHANOL, ACETIC, ACID, CARBONIZATION, SHELL AND TUBE, HEAT EXCHANGER.*

**ТЕПЛООБМІННИК ДЛЯ НАГРІВУ ГАЗОВОЇ СУМІШІ  
ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕТАНОВОЇ  
КИСЛОТИ**

Студент Гурін Є. С., старший викладач, к.т.н. Гайдай С. С.

**Національний технічний університет України**

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

*АНОТАЦІЯ: Проведено аналіз різних типів теплообмінних апаратів. Обрано апарат для технологічної схеми виготовлення етанової кислоти.*

*КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕТАНОЛ, ЕТАНОВА, КИСЛОТА, КАРБОНІЛЮВАННЯ, КОЖУХО-ТРУБНИЙ, ТЕПЛООБМІННИК.*

In the technological scheme for the production of ethanoic acid, the heat exchanger is not the main device, but the heating process is important. Because maintaining the optimum temperature for is important for the main process.

One of the most common devices is a shell-and-tube heat exchanger. This device is quite simple in structure and consists of a body, covers and pipe boards to which pipes are welded. In a shell-and-tube heat exchanger, one of the substances moves inside the tubes (in the tube space), and the other in the intertube 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 apparatus are achieved.

Advantages: Sufficiently high speed in the pipes with large volumetric expenses of the medium moving in them. Ease of construction and operation.

Disadvantages: the total cross-section of the pipes is relatively large, which allows obtaining sufficiently high speeds in the pipes only with large volume flows of the substance; low heat transfer coefficient; a small temperature difference of the media between which heat exchange takes place.

Two-pipe heat exchangers are also used in processes that occur at high temperatures. Heat exchangers of this design consist of several tubular elements connected in series, formed by two concentrically placed pipes. One substance moves along the inner tubes, and the other between the inner and outer tubes.

Advantages: high speeds of fluid movement, the ability to work with low consumption of coolants, high heat transfer coefficients.

Disadvantages: bulky, metal-intensive.

Another type of heat exchanger is a plate heat exchanger. In this type of apparatus, the heat exchange surface is formed by parallel plates, with the help of which a system of channels with a thickness of 3-6 mm is formed. Fluids between which heat exchange occurs move in channels on opposite sides of the wall.

Advantages: easy to disassemble and clean from dirt.

Disadvantages: inability to work at high pressures.

Taking into account the advantages and disadvantages of the above types of devices, a shell-and-tube heat exchanger was chosen for the process of heating the gas mixture of the technological scheme of the ethanoic acid manufacturing process.

### **References**

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Приклади та задачі з курсу процесів та апаратів хімічної технології. – Д.: Хімія, 1981. – 560 с.
2. Основні процеси та апарати хімічної технології: Посібник із проектування/під ред. Ю.І. Дитнерського. – 2-е вид., перероб. та доп.: Хімія, 1991.– 496 с.

UDC 661.715.3

## MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER IN THE BUTADIENE PRODUCTION INSTALLATION

Student Vladimirov Z.D., senior lecturer, Ph.D. Sachok R.V., associate professor, Ph.D. Hulienko S.V.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

*Abstract:* Consideration of the production of butadiene 1,3, its importance and the role of the heat exchanger in obtaining it by separation from ethanol, a proposal for modernization is given..

*Key words:* butadiene, ethanol, shell-and-tube heat exchanger

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕЛООБМІННИКА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БУТАДІЄНУ

студент Владимиров З.Д., старший викладач., к.т.н. Сачок Р.В.  
доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

*Анотація:* Розглянуто виробництво бутадієну 1,3, його важливість та роль теплообмінника в отриманні шляхом виділення з етанолу, наведено пропозицію щодо модернізації.

*Ключові слова:* бутадієн, етанол, кожухотрубний теплообмінник.

All modern civilization exists and is supported, first of all, thanks to the production of millions of different products, without which the infrastructure that supports our life cannot work and, if these capabilities are lost, humanity will not

be able to live on. Many of these production processes are interconnected and impossible without each other. One of these production processes is the process of producing 1,3-butadiene from ethanol.

The production of 1,3-butadiene is important and relevant because this substance is necessary for production of butadiene rubbers and ABS(Acrylonitrile butadiene styrene) by polymerization.

Methods of butadiene production include: 1)Extraction from C<sub>4</sub> hydrocarbons by mixing them with steam and briefly heating to very high temperatures hydrocarbons give up hydrogen to produce a complex mixture of unsaturated hydrocarbons, including butadiene.[1]

2) From dehydrogenation of n-butane which This entails treating butane over alumina and chromia at high temperatures.

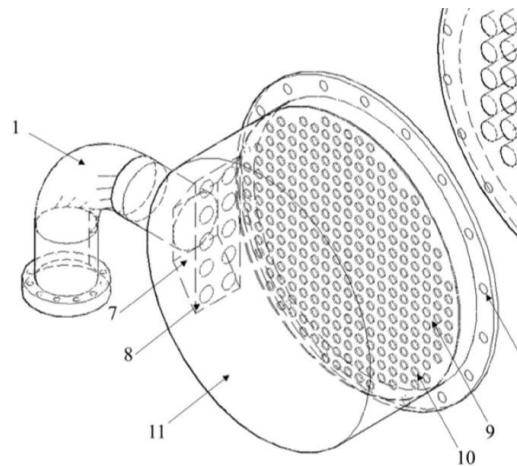
3) by catalytic dehydrogenation of normal butenes

4)From ethanol by simultaneous dehydrogenation and dehydration of ethyl alcohol in the presence of aluminum and zinc oxides.

Shell-and-tube heat exchanger plays very important role in the production of butadiene from ethanol since this structure performs an important role, evaporating ethyl alcohol for use in contact decomposition and removal of impurities.[2]

However there are some factors that limit productivity and usefulness of heat exchanger, one of such factors being equipment erosion from streams of ethanol that goes through fittings as it can severely worsen the performance of or even destroy various parts, such as pipes, partition plates and even casing.

There are a lot of ways to remedy this problem which include various desings one of them being liquid separation device, such as this



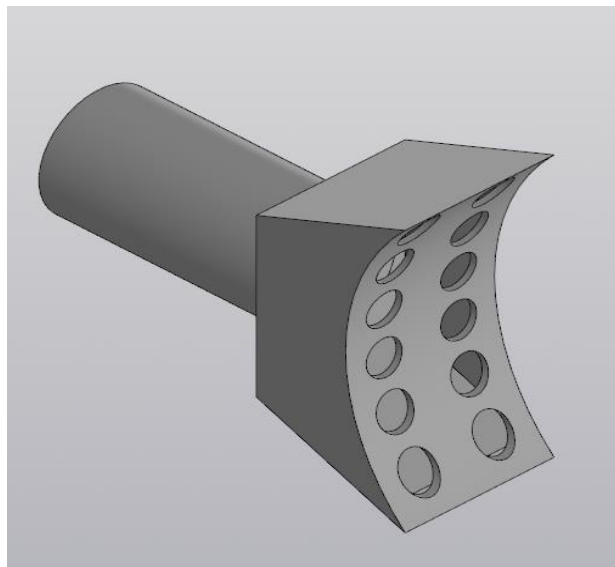
**Fig.1- Design of protective device**

The liquid separation device comprises an inlet distributor and the flow equalizing plate. The inlet distributor is connected with the tail end of the liquid inlet pipe and extends into the pipe box, a rectangular sealing plate is mounted at the amplification end of the trapezoidal bottom surface, and a round hole is formed in the rectangular sealing plate; and the flow equalizing plate is arranged in the tube box and is uniformly distributed with flow equalizing holes. The flow resistance of fluid in the evaporator is increased through the secondary flow equalizing effect of the inlet distributor and the flow equalizing plate, so that the pressure at each part of the inlet tube box is balanced, the pressure uniformity and the longitudinal fluid uniformity in the inlet tube box are improved, and refrigerant fluid is uniformly distributed in each heat exchange tube[3]

This design solves a lot of problems with erosion of equipment, however it has several drawbacks, among which the main one being straight design of flow equalising plate, that not only severely limits options of installation as device with such plate can be used only for equalising flow of liquid in inlet tube box, but also straight plate quickly erodes under flow, requiring regular maintenance.

Those problems can be fixed by making plate slightly curved inwards, which while being harder to manufacture, can be used to put liquid between pipes

as its form doesn't prevent installation anymore. This modification is also more durable since its form better distributes pressure from the flow.



**Fig.2 – Modified Design of protective device**

As such, in my opinion, the most promising modification of heat exchanger that is used to evaporate ethanol in butadiene production, seems to be liquid separation device with plate curved inward as it allows for remedying the problems related to erosion of equipment and improves productivity and its form is resistant erosion and can be used in any part of the heat exchanger, while the device itself is relatively easy to manufacture.

**References:**

1. Sun, H.P. Wristers, J.P. (1992). Butadiene. In J.I. Kroschwitz (Ed.), Encyclopedia of Chemical Technology, 4th ed., vol. 4, pp. 663–690. New York: John Wiley & Sons.

2. Vladimirov Z.D. The modernization of the plant for the butadiene production from ethanol / Vladimirov Z.D., Sachok R.V., Huliienko S.V. // Збірник тез доповідей XXXI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"

підприємств будівельних матеріалів" 5-7 грудня 2022 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – с. 12-15

3. Patent CN211903370U, IPC F25B39/02, Shell-and-tube evaporator with liquid separation device / Chen Zhenqian, Song Zhe; Applicants Univ Southeast. – CN201922279628U·2019-12-18, Publication CN211903370U·2020-11-10.



УДК 661.9

**MODERNIZATION OF THE PHOSPHATE MATERIAL  
DECOMPOSITION PLANT WITH DESIGN OF EVAPORATOR**

Student Nesteruk O.M., associate professor, Ph.D. Huliienko S.V., senior lecturer

Ph.D., Sacjor R. V.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

*Abstract: The process of comparison and selection of evaporator for decomposition of phosphate raw materials is described*

*Key words: phosphate substance, evaporator, heating chamber*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ РОЗКЛАДАННЯ ФОСФАТНОЇ  
СИРОВИНИ З РОЗРОБКОЮ ВИПАРНОГО АПАРАТА.**

Студент Нестерук. О. М., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

ст. викл., к.т.н. Сачок Р.В.

**Національний технічний університет України**

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

*Анотація: Описується процес порівняння та вибору випарного апарату для розкладання фосфатної сировини*

*Ключові слова: фосфатна речовина, випарний апарат, гриюча камера*

Фосфатні добрива — різновид мінеральних добрив, що містять у собі необхідний для розвитку рослин фосфор. Але для більшості типів ґрунтів фосфату кальцію недостатньо. Крім того, у зв'язку з нерозчинністю у воді він практично недоступний для рослин. Крім того, ґрунтові мікроорганізми постійно мінералізують органічні сполуки з доступним для рослин фосфором у недоступну форму неорганічних. Тому внесення в ґрунт розчинних

фосфатів, так званих фосфорних добрив, має надзвичайно велике значення для підвищення врожаю сільськогосподарських культур. В технологічній схемі потрібний випарний апарат для концентрування розчинів, що киплять при високій температурі, з метою економії енергоносіїв та зменшення часу проведення технологічного процесу; розчинів термолабільних речовин. Може бути використано декілька типів випарних апаратів. Після ретельного аналізу різних типів випарних апаратів за допомогою нашої моделі, було проведено оцінку основних вимог до конструкції та вибору випарника. Вибрані вимоги включають велику площу поверхні теплообміну, високий коефіцієнт тепловіддачі, ефективну циркуляцію, надійність, герметичність, легке очищення поверхні теплообміну та стандартизацію вузлів і деталей.

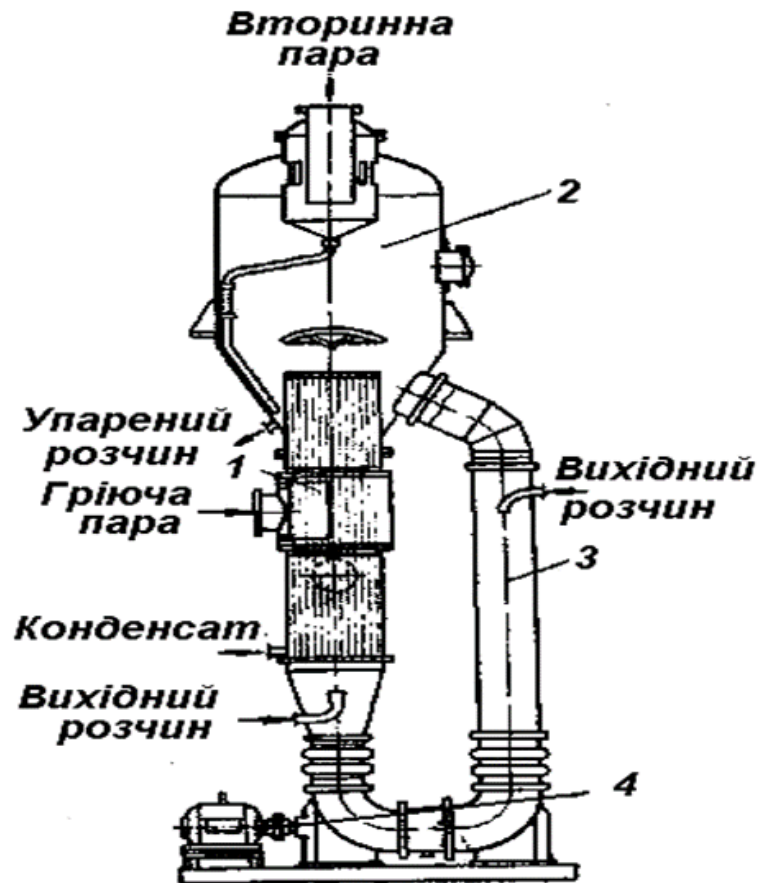
Після детального порівняння різних варіантів випарників, зроблено висновок, що найбільш відповідають нашим вимогам випарники з природньою циркуляцією та розширеною зоною кипіння. Вони мають просту конструкцію, що сприяє легкості очищення та обслуговуванню. Однак, слід врахувати, що ці типи випарників можуть вимагати значних енерговитрат на обігрів циркуляційної труби, а також інтенсивність циркуляції обмежена. Крім того, він характеризується високою інтенсивністю циркуляції, що сприяє ефективному випаровуванню.

Після всебічного аналізу, ми прийшли до висновку, що випарники з вимушеною циркуляцією та розширеною зоною кипіння найбільше відповідають нашим основним вимогам. Проте, перед прийняттям остаточного рішення, варто врахувати всі фактори, зокрема особливості проекту або застосування випарника.

Схема показана на рисунку 1.

Процес примусової циркуляції в системі передбачає подачу вихідного розчину до циркуляційної труби номер 3, який забезпечується спеціальним циркуляційним насосом номер 4.

У разі, коли швидкість руху випаровуваного розчину є високою, відбувається його кипіння на короткому відрізку перед виходом з кип'ятильних труб. Це призводить до переміщення зони кипіння до верхньої частини нагрівальної камери.



- 1 – нагрівальна камера; 2 – сепаратор; 3 – циркуляційна труба;  
4 – циркуляційний насос

Рисунок 1 – Схема випарного апарата

Значна частина довжини труби має рідину, яка перебуває у стані незначного перегріву, оскільки тиск у нижній частині труби вищий за тиск у верхній частині, через гідростатичний тиск стовпа рідини та гідравлічний опір труби. У кип'ятильних трубах розчин має високий рівень, що призводить

до заповнення значної частини циркуляційного контуру рідиною. Паровміст у суміші рідини і вторинної пари є незначним. Для забезпечення ефективної циркуляції необхідно використовувати циркуляційний насос, який може перекачувати великий об'єм рідини з помірною споживаною електроенергією. Основна енергія витрачається на подолання гідравлічного опору труби. Часто для цих цілей використовуються пропелерні насоси, які забезпечують оптимальну швидкість циркуляції, враховуючи техніко-економічні розрахунки.

#### **References:**

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Фосфатні\\_руди](https://uk.wikipedia.org/wiki/Фосфатні_руди)
2. <https://studfile.net/preview/5465346/page:14/>
3. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/106899/Chapagain\\_PhosphorusRecycling.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/106899/Chapagain_PhosphorusRecycling.pdf?sequence=1)

УДК 661.72

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КОМПЛЕКСНИХ  
ДОБРИВ З СОЛЬОВОГО ПЛАВУ З РОЗРОБКОЮ ВИПАРНОГО  
АПАРАТА**

Студент Лапін Я.М., доцент, к.т.н. Гулієнко С.В.,  
професор, к.т.н. Марчевський В. М.

**Національний технічний університет України**

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

***Анотація:** Розглянуто виробництво добрив із гранулюванням сольових плавів. Наведено технологічну схему та її опис.*

***Ключові слова:** сольовий плав, гранулювання, випарний апарат.*

Комплексне добриво флоат являє собою суміш НП добрива флоат і порошкоподібного хлористого калію. Властивості цієї дисперсної системи ще більше змінюються при зміні температури.

Для гранулювання комплексних добрив флоатів і флоатів з великою кількістю осаду необхідні гранулятори, які дозволяють використовувати відносно великі проточні отвори, але дозволяють отримати досить однорідні гранули заданого розміру без налипання і згустків води в башті. Також важливими елементами технологічної схеми є випарні апарати, які є одним з найбільш енергоємних елементів обладнання [1].

Випарні апарати з природною циркуляцією (рисунок 1) мають просту конструкцію і використовуються для випаровування розчинів з низькою в'язкістю. Природна циркуляція відбувається в замкнутій системі, що складається з необігрівуючої циркуляційної труби і труби для кип'ятіння. Якщо рідина у трубах кипить, результатом є випаровування рідини в цих трубах, в результаті чого утворюється парорідинна суміш, щільність якої менше щільності рідини. Таким чином, вага стовпа рідини в циркуляційній трубі більша, ніж у кип'ятильній трубі, як наслідок циркуляція киплячої

рідини у напрямку труби- паровий простір-циркуляційна труба-труби і т.п. Циркуляція підвищує коефіцієнт тепловіддачі зі сторони киплячої рідини та знижує кількість утвореного накипу.

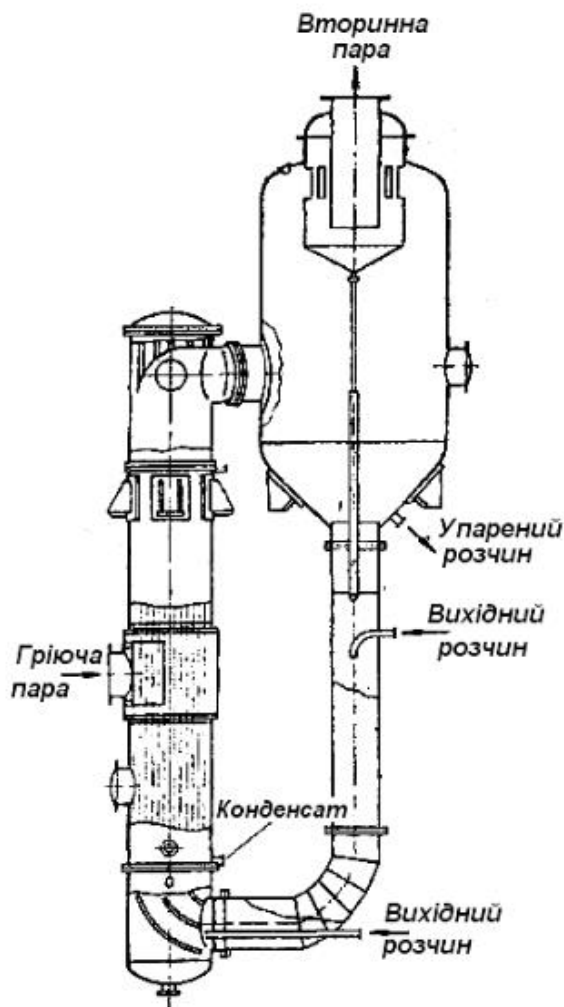


Рисунок 1 -Схема випарного апарату

Порівнюючи такі показники як габаритні розміри, площа поверхні теплообміну та маса, встановлено, що для упарення нітратно-фосфатного розчину найкраще підходить випарний апарат з виносною циркуляційною трубою.

#### Перелік посилань

1. Fundamentals of complex fertilizer technology. A. Kononov.-1988.

УДК 66.663.635.048

## СУШАРКА ДЛЯ БІШОФІТУ

Марчевський В.М., Квецко А.Л.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**АНОТАЦІЯ:** розглянуто бішофіт як об'єкт сушіння, встановлено його термолабільність, схильність до колкування та гігроскопічність.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** БІШОФІТ, СУШІННЯ, КРИСТАЛИ, ШАР, ПСЕВДОЗРІДЖЕНИЙ.

Кристали бішофіту білого кольору, містять поверхневу і хімічно зв'язану воду. За температури вищої 180°C бішофіт розпадається на Mg і HCl. Іони хлору викликають інтенсивну корозію чорних металів, особливо металоконструкцій. Кристали бішофіту мають округлу форму і легко утворюють псевдозріджений шар[1]. Але центрифуги радянського зразка не забезпечують стабільну вологість відфугованого бішофіту. Десь протікає розчин, він накопичується в барабані центрифуги, надмірно зволожує кристали, створюються комки, які транспортером подаються в сушарку. Потрапивши в псевдозріджений шар, комки розбиваються на менші шматочки, які перетворюються в окатиші[2]. Висушений бішофіт разом з окатишами подається стрічковим транспортером в бункер, звідки фасується в герметичні біг-беги, місткістю три тони. За фасування шнековим дозатором окатиші руйнуються до окремих кристалів. Утворення окатишів і руйнування кристалів бішофіту унеможливають застосування пневмотранспорту. Проблему утворення окатишів необхідно вирішувати в центрифугі і в сушарці. Наступною проблемою є викиди тонкодисперсного бішофітного пилу. Разом з відпрацьованим теплом в навколишнє середовище викидається

біля 0.5% маси висушеного бішофіту. В зоні осідання бішофітного пилу буде інтенсивна корозія металоконструкцій, усихання дерев.

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

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

#### **Перелік посилань:**

1. Бішофіт // Мінералого-петрографічний словник / Укл. : Білецький В. С., Суярко В. Г., Іщенко Л. В. — Х. : НТУ «ХП», 2018. — Т. 1. Мінералогічний словник. — 444 с.
2. Марчевський В.М. Аеродинаміка вихрових потоків сушильного агенту в сушильній камері / В.М.Марчевський, Я.В.Гробовенко // Вісник Житомирського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. – 2018.-№1 (81). – С.38-42.



УДК 66.663.635.048

## ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ БІШОФІТУ

Марчевський В.М., Квецко А.Л.

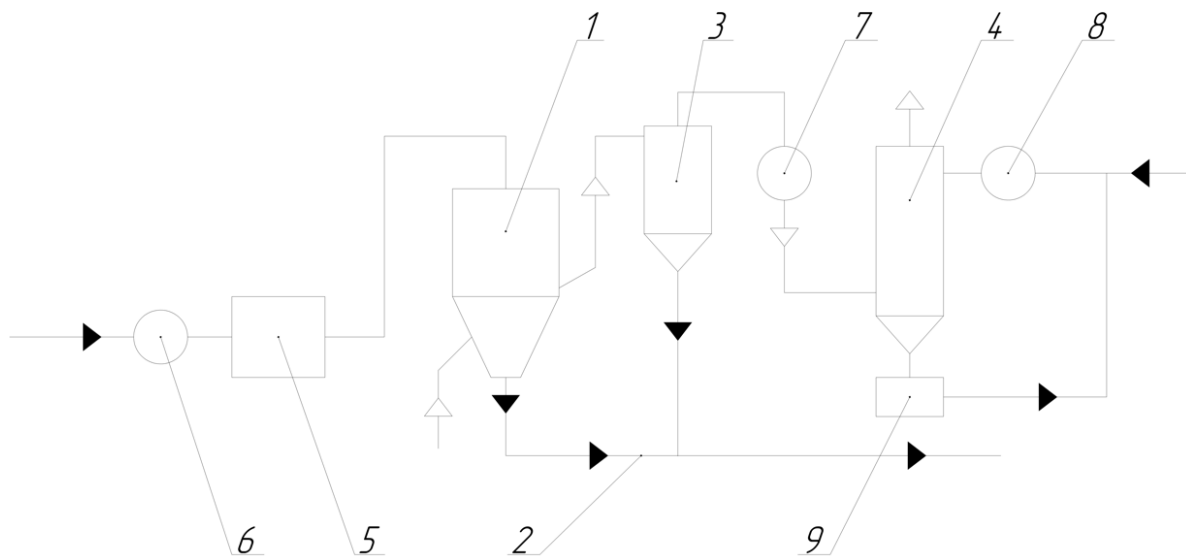
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**АНОТАЦІЯ:** розглянуто технологічну схему сушіння бішофіту.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** БІШОФІТ, СУШІННЯ, КРИСТАЛИ, ШАР, ПСЕВДОРОЗРІДЖЕНИЙ.

Технологічна схема сушіння бішофіту наведена на рисунку 1.



1 – сушарка з псевдорозрідженим шаром; 2 – шнековий конвеєр;

3 – циклон; 4 – скрубєр; 5 – калорифєр; 6,8 – насос;

7 – витяжний вентилятор; 9 – ємність;

Рисунок 1 – Технологічна схема сушки бішофіту

Розчин бішофіту за допомогою насоса 6 через калорифєр 5 подається в сушарку з псевдорозрідженим шаром 1, де відбувається висушування матеріалу гарячим повітрям. Висушений матеріал подається на шнековий конвеєр 2.

Відпрацьовані гази подаються до циклона 3, де первинно очищуються. Отриманий пил подається на шнек 2. Відпрацьовані гази через насос 7 потрапляють до мокрого скрубера 4 для подальшого очищення. Очищений газ скидається в атмосферу. До скрубера через насос 8 подається вода, яка після відпрацювання потрапляє до ємності 9 і потім повторно використовується.

У сушарці відбувається процес сушки з псевдозрідженим шаром, де газ виконує одночасно дві функції. Він діє як робоче тіло, що передає механічну енергію, необхідну для перемішування часток, а також як теплоносій, що передає тепло від його джерела до часток, які перемішуються. Застосування псевдозрідження дозволяє отримати високу якість кінцевих продуктів але можливе злипання продукту.

У скрубери відбувається очистка газу за допомогою рідини. Забруднений газ потрапляє до скрубера, частинки води розпилюються та вловлюють пил, який підіймається догори. Очищений газ виходить, а брудна вода зливається до відстійника.

До циклона подається газ з твердими частинками, під дією відцентрових сил, які виникають при тангенціальній подачі вихідного газу. Тверді частинки осідають і подаються до шнеку.

### **Перелік посилань:**

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

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

**СЕКЦІЯ 2**

**« ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ »**

УДК 620.95;63

**RESOURCE-VALUABLE RENEWABLE WASTE OF BIOLOGICAL  
ORIGIN, GENERATED BY VARIOUS ECONOMIC ENTITIES, AS RAW  
MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF BIOFERTILIZERS AND  
FEED**

Ph.D. Belyaeva I., Zhukov K., Stetsuk V., Shpilberg L.

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

***ABSTRACT.** The paper is devoted to the study of the issue of coordination of the utilization of various local wastes of biological origin, which are constantly generated in a number of sectors of the public economy, are used insufficiently, irrationally or not at all and have a negative impact on the environment.*

**KEYWORDS:** DISPOSAL, WASTE, FORESTRY ENTERPRISE, UNITED TERRITORIAL COMMUNITIES, MUNICIPAL WASTEWATER PLANTS.

**РЕСУРСОЦІННІ ВІДНОВЛЮВАНІ ВІДХОДИ БІОЛОГІЧНОГО  
ПОХОДЖЕННЯ УТВОРЕНІ У РІЗНИХ СУБ'ЄКТІВ  
ГОСПОДАРЮВАННЯ, ЯК СИРОВИННІ СКЛАДОВІ ВИРОБНИЦТВА  
БІОДОБРИВ ТА КОРМІВ**

к. т. н. Беляєва І.П., Жуков К.Л., Стецюк В.Г., Шпільберг Л.Ю.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

***АНОТАЦІЯ.** Робота присвячена вивченню питання координації утилізації різноманітних місцевих відходів біологічного походження, які постійно утворюються у ряді галузей суспільного господарства, використовуються недостатньо, нераціонально чи зовсім не використовуються і негативно впливають на довкілля.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** УТИЛІЗАЦІЯ, ВІДХОДИ, ЛІСОГОСПОДАРСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО, ОБ'ЄДНАНІ ТЕРИТОРІАЛЬНІ ГРОМАДИ, КОМУНАЛЬНІ ОЧИСНІ СПОРУДИ

Доповідь спрямована на організацію взаємодії колективу авторів з об'єднаними територіальними громадами (ОТГ). Такими громадами у першу чергу є такі, де ведеться активна агропромислова діяльність, знаходяться урбанізовані території і присутні розташовані у безпосередньому наближенні державні лісогосподарські підприємства. Такий підхід не є випадковим і пов'язаний з тим, що саме на таких ландшафтах існує реальна можливість організації комерційно ефективної утилізації відходів, яка потребує всебічної територіальної координації виробництва продукції із відходів і застосування за призначенням при мінімізації логістичних витрат, пов'язаних зі зберіганням і перевезенням сировини і готової продукції [1].

Розглянемо існуючий (базовий) сценарій, характерний для ОТГ.

- На урбанізованих територіях (УТ), концентровано мешкає значна чи переважна частина населення громади.
- На УТ, відповідно, спрямовуються пропорційно кількості населення потоки харчової продукції.
- До цих територій підводиться велика кількість питної та технічної води і утворюється відповідна кількість населення та діяльності місцевої промисловості, кількість стічних вод, які піддаються очищенню на комунальних очисних спорудах (КОС) з щорічним утворенням надлишкових осадів. Осади необхідно щорічно вивозити з території КОС, без чого вона перетворюється на своєрідне звалище [2]. Це характерно майже на всій території України і потребує термінових заходів.
- На УТ регулярно утворюється значна кількість організованих і контрольованих відходів харчового походження від діяльності суб'єктів

господарчої діяльності (підприємства харчової промисловості, торгівлі тощо).

➤ Сільська місцевість, підпорядкована об'єднаній громаді (надалі СМГ) потребує ввезення великої кількості синтетичних та мінеральних добрив. По всій країні частка добрив біологічного походження у рослинництві значно знизилась [3].

➤ Підприємства тваринництва розташовані у СМГ споживають значну кількість комбікормів, які значною мірою необхідно закуповувати і завозити на територію СМГ. У свою чергу ці підприємства утворюють величезну кількість відходів (життєдіяльності тварин, догляду за ними). На сьогодні ці відходи з одного боку знецінюються, як ресурси для виробництва добрив, через відсутність адекватної сучасної технології, а з другого - створюють негативний вплив на довкілля.

➤ Відходи лісорослинницької діяльності (від рубок догляду) практично не використовуються, а знищуються згідно протипожежним правилам (тонкомір), чи залишаються для біологічної деградації у землі (коренева деревина). У той же час населення сільської місцевості і індивідуальні домогосподарства УТ відчувають дефіцит дров'яної деревини. Попит на дрова значно підвищився через багаторазове подорожчання природного газу.

Сутність замислу скоординованих між собою заходів (новий сценарій) з утилізації ресурсоцінних відходів полягає в тому, що на УТ створюються виробництва добрив і кормів, які застосовуються за призначенням у першу чергу на території Громади у рослинництві і тваринництві у СМГ, а в якості дешевого і екологічного палива застосовується висушена паливна тріска із неліквідних відходів місцевого лісівництва. Без територіальної координації заходів з утилізації реалізація замислу неможлива. Наприклад, використання в якості сировини для виробництва добрив осадів КОС без інших

компонентів не можливе через надмірний вміст «важких» металів. Ці метали у оптимальній кількості є корисними, а при перевищенні – шкідливими. Отже ці відходи соціальної сфери є ресурсоцінними лише у сукупності з іншими складовими, котрі необхідно залучити до використання сумісно з осадами КОС.

Координація заходів з утилізації можлива лише в результаті розробки і реалізації відповідних міжгалузевих цільових науково-технічних програм для умов кожної ОТГ.

### **Перелік посилань:**

1. Кремньов В.О., Беляєв Г.В., і ін. Заходи і ризики при утилізації відходів біологічного походження. / Зб. матеріалів I Міжн. наук.-пр. конф. «Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022», (26–27 травня 2022 р., Полтава – Львів). Полтава : НУПП, 2022. <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/10222> С.325-327

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

3. Кремньов В.О., Тимощенко А.В. та ін. Нагальні проблеми нестачі біодобрив у рослинництві, накопичення осадів на комунальних очисних спорудах, їх причини і концептуальні положення щодо утилізації вологої біомаси / Подолання екологічних ризиків та загроз для довкілля в умовах надзвичайних ситуацій – 2022: кол. моногр. Полтава – Львів: НУПП ім. Юрія

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

---

Кондратюка, НУ «Львівська політехніка» — Дніпро: Середняк Т. К., 2022, С.  
77-86. <https://nupp.edu.ua/page/opis-kolektivnoi-monografii.html>



**UDC 664.8.047:536.66**

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

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

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

**Abstract.** The work is devoted to determining the change in the specific heat capacity of blueberry treated with infrared radiation during drying. Specific heat capacity was determined by the standardized method of step-by-step scanning according to DSTU ISO 11357–4:2010 in the temperature range from 30 to 95°C. The obtained experimental heat capacity data from pre-processed blueberry can be used to calculate the optimization criteria of the drying process and, based on them, select the most energy-efficient drying mode with several temperature zones in multi-zone dryers.

**Keywords:** BLUEBERRY, DRYING, WAX, INFRARED RADIATION, SPECIFIC HEAT CAPACITY.

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ПИТОМОЇ ТЕПЛОЄМНОСТІ  
ОБРОБЛЕНИХ ІНФРАЧЕРВОНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ ЯГІД  
ЛОХИНИ ПІД ЧАС СУШІННЯ**

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

*Інститут технічної теплофізики НАН України, м.Київ, Україна*

**Анотація.** Робота присвячена визначенню зміни питомої теплоємності оброблених інфрачервоним випромінюванням ягід лохини під час сушіння. Визначення питомої теплоємності здійснювали за стандартизованим методом покрокового сканування за ДСТУ ISO 11357–4:2010 в діапазоні температур від 30 до 95°C. Отримані експериментальні дані теплоємності з попередньо оброблених ягід лохини можна використати для розрахунку критеріїв оптимізації процесу сушіння та вибору на їх основі найбільш енергоефективного режиму сушіння з декількома температурними зонами у багато-зонних сушарках.

**Ключові слова:** ЛОХИНА, СУШІННЯ, ВІСК, ІНФРАЧЕРВОНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ПИТОМА ТЕПЛОЄМНІСТЬ.

Drying of plant materials is a process that requires rational use of energy, taking into account the technological features of plant material processing, depending on its biochemical properties.

Determination of the specific heat capacity for samples of blueberry treated with short-term (10 minutes) exposure to infrared radiation with a heat flow of 3800 W/m<sup>2</sup> experimentally allows you to track at what point in time the main process of moisture evaporation from the material occurs, as well as when the irrational use of the drying agent begins due to possible phase differences transformation in the material itself.

The specific heat capacity was determined by the standardized method of step-by-step scanning [1] in the temperature range from 30 to 95 °C. According to the method, after placing a sample of a known mass in the working cell and its subsequent sealing, a step-by-step mode of temperature increase is implemented. It consists in alternately increasing the temperature of the working chamber of the thermal unit by 5 °C and maintaining the sample in stationary conditions at the given temperature. At the same time, the amount of heat spent on heating the test

sample is recorded. The duration of each interval between successive temperature increases of the sample is determined by the time of establishment of the isothermal medium in the cell and for blueberry samples was 25 min. The heat capacity of the material in a given interval was determined as the ratio of the amount of heat spent on heating the sample to the difference between the values of the initial and final temperatures of the interval:

$$c = 1/m \cdot \left[ \int_{\tau_1}^{\tau_2} \Delta Q(\tau) d\tau / \Delta T + \Delta C_{БАЛ} \right], \text{ J/kg}\cdot\text{K} \quad (2)$$

where:  $m$  - mass of the studied sample;  $\Delta Q$  - the difference in heat flows recorded by the working cell and the reference cell over time from  $\tau_1$  to  $\tau_2$  (duration of the interval);  $\Delta T$  - temperature difference between intervals;  $\Delta C_{БАЛ}$  - a parameter that takes into account the non-identity of the thermophysical properties of the working cell and the reference cell.

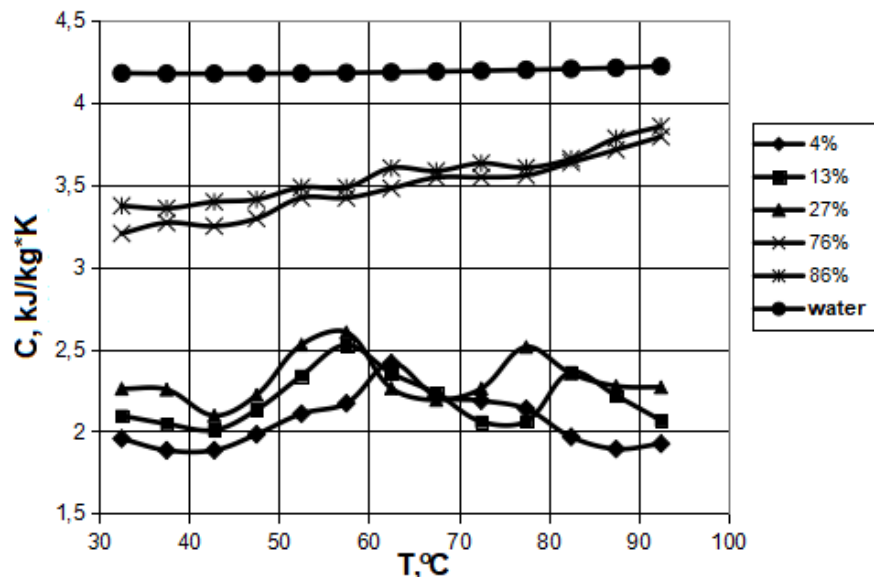


Fig. 1 – Dependence of heat capacity of blueberry treated with infrared radiation on temperature for samples of different humidity

The specific heat capacity of blueberries, as shown in fig. 1 mainly depends on the liquid content in it, which is typical for wet capillary-porous materials. However, for low humidity values (27%, 13% and 4%), anomalies are observed in

the form of a peak increase in the effective heat capacity for a temperature of 55...60°C. Probably, this increase in heat capacity is related to the phase transition of the protective wax film, which prevents the berry from drying out in the natural environment. Such an assumption has already taken place in the works of the authors for structurally similar materials [2], but it needs to be verified by thermocycling, since the phase transition of wax and paraffin materials is reversible.

The obtained experimental heat capacity data from pre-processed blueberry can be used to calculate the criteria for optimizing the drying process and, based on them, select the most energy-efficient drying mode with several temperature zones in zone dryers [3].

## **REFERENCES**

1. DSTU ISO 11357–4:2010. Plastmasy. Dyferentsialna skanuvalna kalorymetriia. Chastyna 4. Vyznachennia pytomoi teploiemnosti. (in Ukr.)
2. Paulo Díaz, Olivia Henríquez, Javier Enrione, Silvia Matiacevich. Thermal transitions of pulp and cuticle of blueberries, *Thermochimica Acta*, Volume 525, Issues 1–2, 2011, Pages 56-61, ISSN 0040-6031
3. Petrova Zh.O., Slobodianiuk K.S., Ivanov S.O., Hrakov O.P. Vplyv kombinovanoho sushinnia koloidnykh kapiliarno-porystykh materialiv na enerhetychni vytraty. *Teplofizyka ta Teploenerhetyka* (Otrymano redaktsiieiu 12.04.2023). <https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2023.0> (in Ukr.)

## **ПОТЕНЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ МОБІЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО АКУМУЛЯТОРУ МТА-0,5 МВт**

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

### **Інститут технічної теплофізики НАН України**

В Інституті технічної теплофізики НАН України було розроблено конструкцію дослідного зразка мобільного теплового акумулятора МТА-0,5МВт [1,2], що пройшов апробацію протягом трьох опалювальних періодів на території інституту-розробника за адресою м. Київ, вул. Маріїї Капніст 2а та на території медико-реабілітаційного центру МВС України «Кремінці», с. Татарів Івано-Франківської області. Застосування МТА-0,5МВт продемонструвало високу ефективність і стабільність енергопостачання споживачу, в обох випадках експлуатації джерелом живлення були котли. Але однією з найбільш вагомим переваг даного теплового акумулятору це використання у якості джерела будь-якого доступного місцевого виду палива, теплоти промислових відходів, що зробить його використання ще більш ефективним і економічно привабливим.

Мобільні теплові акумулятори в світовому досвіді застосовуються з варіацією широкого спектру джерел теплоти для споживачів комунальної і приватної власності, віддалених від централізованого теплопостачання, а також у випадках виникнення аварійних ситуацій.

На території України найбільш ймовірними джерелами живлення МТА є використання теплових викидів при роботі металургійної, машинобудівної, хімічної, нафтогазової, цементної, харчової промисловості, виготовленні скла та інших виробництв де використовуються печі. Температурний потенціал таких підприємств складає від 150 °С до 800 °С. Носіями теплових втрат є димові гази, охолоджуюча вода, відходи

виробництв, проміжні продукти, готова продукція, відпрацьована пара, теплота хімічних реакцій, піролізу, вентиляційних викидів. Розглянемо детальніше можливі джерела та виробничі тепловтрати.

**Металургія** нині є одним із найбільших джерел теплових викидів. Їх складовими є металургійні агрегати, доменні і мартенівські печі, кисневі конвертери, прокатні стани, печі випалу вапняку. Готова продукція чорної металургії (кокс, чавун, сталь, прокат), а також шлаки доменного та сталеплавильного процесу, які мають температуру від 1200 до 1700 °С. З метою збільшення терміну служби окремі деталі печей піддаються примусовому охолодженню. Втрати тепла з охолодженням у ряді випадків становлять від 10 до 20%. Основні теплові втрати [3]:

- гарячі гази промислових печей на виході до 1000 °С;
- теплота продуктів згоряння мартенівських печей до 12,5 ГДж / т сталі і нагрівальних печей до 0,8 ГДж / т прокату;
- нагріта охолоджена вода до 95 °С і пари випарного охолодження промислових печей: 0,1 т / т чавуну і 0,2 т /т мартенівської сталі;
- тепло деяких матеріалів більше 1000 °С, Наприклад до 1 ГДж / т рідкого чавуну; 1,2 ГДж / т рідкої сталі; 0,8 ГДж/т рідкого шлаку; 12 ГДж /т коксу; 0,6 ГДж /т агломерату;
- гарячі гази, що виходять з двигунів внутрішнього згоряння до 600 °С;
- нагріта охолоджуюча вода, що виходить з двигунів внутрішнього згоряння або зливна забруднена вода менше 100 °С.

Димові гази металургійних печей по можливості утилізації нині найцінніші. Частина печей обладнана теплоутилізаційними установками: рекуператорами, котлами-утилізаторами та іншими установками. Основними споживачами доменного газу є ТЕЦ, на яких використовується до 50% всього доменного газу для виробництва тепло- і електроенергії, прокатне

виробництво до 10% та доменне до 30%.

**Теплові електростанції.** Основне тепловиділення ТЕС в навколишнє середовище, як і на АЕС, відбувається в конденсаторах паротурбінних установок. У паропроводах від парогенератора до турбогенератора, а також і в самому турбогенераторі відбувається втрата тепла в навколишнє середовище.

Якщо не утилізувати такі обсяги викидів теплоти у навколишнє середовище від ТЕС, то це може привести до постійного локального підвищення температури у водоймах; тимчасового загального підвищення температури; зміни умов льодоставу, зимового гідрологічного режиму; зміни умов паводків; зміни розподілу опадів, випарів, туманів, порушень кисневого балансу, що створює загрозу для життя мешканців річок і озер [4]. Але звичайно в такому діапазоні температур працюють стаціонарні системи зберігання теплоти, що в свою чергу можуть жити мобільні теплові акумулятори.

**Сонячні колектори.** За останні роки сумарний об'єм сонячних колекторів в Україні нараховує близько 100 МВт, але з початком повномасштабного вторгнення енергетичні об'єкти значно пошкоджені. Особливих руйнацій зазнала зелена енергетика до 90% якої фактично знищено або знаходиться на окупованих територіях південно-східної частини України. Однак, зелена енергетика є потенційним джерелом для живлення МТА, що є хорошою альтернативою при нестабільній роботі енергетичної системи на сьогоднішній день.

Досягнення в колекторах високих температур відбувається шляхом відображення випромінювання сонця з більшої на меншу поверхню приймача - абсорбера. Рідина-теплоносій, яка проходить через приймач, максимально поглинає тепло і передає потенційному споживачу. Для підвищення ефективності роботи, системи забезпечують трекером, який

реалізує орієнтацію сонячних концентраторів при зміні напрямку сонця. Колектори здатні забезпечити стократну концентрацію світла і нагрівати теплоносії до температури від 400 до 600 °С. Рідкий теплоносій, що проходить через приймач, може потім безпосередньо подавати тепло або використовуватись для вироблення пари [5,6].

#### **Використання низько потенційного тепла градирень.**

Основною функцією градирні є охолодження технічної води, що охолоджує обладнання цеху або підприємства. Це надмірне тепло знімається повітрям, яке потім просто викидається в атмосферу. Такий підхід вкрай не ефективний в умовах високої вартості енергоресурсів, тому останнім часом все частіше знаходять застосування теплові насоси, які знімають цю теплоту. Далі її подають в систему опалення або передають на потреби ГВП. Такі теплові насоси можуть працювати як замість градирні, так і з нею [7].

**Біогазові** технології забезпечують виробництво електричної та теплової енергії з біогазу протягом всього року, що дозволяє теж розглядати такі виробництва, як потенційне джерело акумулювання теплоти для МТА. У квітні 2023 року, під час війни, на території Чернігівської області розпочало роботу біогазове виробництво, що здатне забезпечити до 1500 домоволодінь.

**Спалювання на сміттєспалювальних заводах.** Згідно наявних даними з 10 млн тон сміття, яке щорічно потрапляє на полігони, можна виробляти 3,5 млн Гкал теплової енергії і 1,2 млрд кВт / год електроенергії на рік. В результаті потенціал заміщення газу становить приблизно 3% від обсягу, спожитого за рік. Переробка твердих побутових відходів здійснюється спалюванням, що як відомо, характеризується значним тепловим ефектом [8].

На сьогоднішній день надлишкову теплоту пари, що виробляється котлами під підвищеним тиском при температурі ~ 200 °С з підприємств використовують за наступними напрямками:



- для процесів, що протікають в основних технологічних установках всередині цехів або підприємства (замкнуті схеми);
- для зовнішніх цілей, наприклад, для опалення і гарячого водозабезпечення громадських будинків, дитячих садочків і т.д. (розімкнуті схеми);
- для внутрішніх і зовнішніх потреб в технологічній установці (комбіновані схеми).

Потенційно можливо використовувати таку теплоту в установках для нагрівання мережевої води міської системи теплозабезпечення або ж невеликих об'єктів (громадських будинків, дитячих садочків тощо). Тому такі підприємства можна розглядати як потужне джерело теплоти для акумулювання.

Є інші ймовірні джерела для живлення мобільних акумуляторів, представимо їх у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні складові тепловтрат

Галузь промисловості	Місце/причина виникнення теплових втрат
Харчова промисловість	Теплота пари з вакуум-апаратів, деаератора котельні, сатураторів, сульфитаторів, збірників конденсатів і технологічних розчинів; газів, що відходять з казанів, конденсатів, барометричної води; продувної води казанів; жом пресової води.
Спиртове виробництво	Теплота барди із бражної колони, вторинної барди; продуктів виробництва (спирт, сивушне масло, дріжджі, ефіроальдегідна фракція та ін.); конденсаторів; дефлегматорної води; вторинної пари і сушарок дріжджів; лютерної води; газів, що відходять з казанів продувної води.

Продовження таблиці 1

Пивоварне виробництво	Теплота вторинної пари варильних казанів, конденсаторів; газів, що відходять з сушарок
Хлібопекарське і кондитерське виробництво	Теплота конденсатів; вторинна пара вакуум-апаратів, змієвикових колонок; барометричної води; вторинної пари випарних установок; продуктів виробництва; газів, що виходять з печей, сушарок.
Масложирове виробництво	Теплота конденсатів і охолоджувальної води; продуктів виробництва та газів, що відходять з сушарок.
Консервне виробництво	Теплота вторинної пари випарних установок і вакуум-апаратів; барометричної і охолоджувальної води; конденсатів; газів, що відходять з сушарок.
Текстильна промисловість	Теплота скидних розчинів від фарбувальних і промивних апаратів; пароповітряної суміші від сушильних, запарних установок; конденсату «глухої» пари; топочних газів від котельних агрегатів; різних матеріалів, що виходять з обладнання

Запропонована схема застосування МТА дозволяє використовувати всі види газових та рідких палив, твердих відходів та вичерпаних і біологічних палив, альтернативних джерел теплоти. МТА може використовувати в якості джерела живлення будь-яке із описаних вище підприємств за наявності незначного технологічного спорядження. Для цього його обладнано спеціальним устаткуванням, яке включає теплоакumuлюючі контейнери, які заряджаються теплом від теплогенератора при допомозі теплообмінника (модульний ТП). Енергія передається акумулятору, який знаходиться в контейнері. В якості теплоакumuлюючої речовини використовується вода та її розчини, речовини з фазовим переходом. Після зарядження МТА може

транспортуватись вантажівкою до споживача у будь-які віддалені пункти. Зокрема, МТА може бути застосований в системі центрального та автономного теплопостачання дозволяючи зменшити собівартість теплової енергії, а при стаціонарному розміщенні в системах централізованого теплопостачання та системах опалення віддавлених об'єктів вирішить проблему пікових навантажень. Отже, застосування МТА, як ланки між підприємством генератором теплоти і споживачем, забезпечує гнучку схему теплопостачання.

### Перелік посилань

1. Demchenko V., Konyk A. 2022 MOBILE THERMAL ENERGY STORAGE (M-TES), JNTES, Poland, pp.91-96 , Doi: 10.53412/jntes-2022-3-2 <https://jntes.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2023/02/Volodimir-DEMCHENKO-Alina-KONYK.pdf>
2. Demchenko V., Konyk A., Falko V. 2021 Mobile Thermal Energy Storage. Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Power and Heat Engineering Processes and Equipment No. 3 <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2021.03>
3. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Табаченко М.М. та ін.; Традиційні та нетрадиційні системи енергозабезпечення урбанізованих і промислових територій України: моногр. під заг. ред. Г.Г. Півняка /. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 333 с <https://core.ac.uk/download/pdf/48404904.pdf>
4. Зменшення техногенного впливу вугільних ТЕС на довкілля (на прикладі Бурштинської ТЕС) [http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/5471/1/ebzr\\_216-2017\\_1-108-118.pdf](http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/5471/1/ebzr_216-2017_1-108-118.pdf)

5. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XXII міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20-21 травня 2021р.).– К.: Інтерсервіс, 2021.– 1104 с
6. Alva, Guruprasad & Lin, Yaxue & Fang, Guiyin, 2018. "An overview of thermal energy storage systems," Energy, Elsevier, vol. 144(C), pages 341-378.
7. Бергман Л. Д. Испарительные градирни: современные конструкции и преимущества реконструкции // Энергетик. 2000. - Спеціальний випуск. - С. 15-21
8. Башуцька У. Б. Отримання енергії спалюванням відсортованого сміття на спеціалізованому підприємстві (досвід Німеччини) (травень 2018) / Науковий вісник НЛТУ України – Л: 2018.  
[https://www.researchgate.net/publication/326535788\\_Otrimanna\\_energii\\_spaluvannam\\_vidsortovanogo\\_smitta\\_na\\_spezializovanomu\\_pidpriemstvi\\_dosvid\\_Nimeccini](https://www.researchgate.net/publication/326535788_Otrimanna_energii_spaluvannam_vidsortovanogo_smitta_na_spezializovanomu_pidpriemstvi_dosvid_Nimeccini)

UDC 631.527:633

## THE USE OF FLAX SEEDS IN THE COMPOSITION OF EXTRUDED MIXTURES

d.t.s., leading researcher Ivanitsky G. K.<sup>1,2</sup>, c.t.s., leading researcher Tselen B.Ya<sup>1</sup>, c.t.s., senior researcher Nedbailo A. Ye.<sup>1</sup>, c.t.s., senior researcher Ganzenko V.V.<sup>1</sup>, c.t.s., senior researcher N. Radchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> **Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Science of Ukraine**

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

**АНОТАЦІЯ:** В роботі доведено доцільність використання льону у складі екструдованих продуктів функціонального призначення. Експериментальним шляхом проведено оцінку органолептичних показників отриманих сумішей на основі рису та доведено, що оптимальний відсоток льону в рецептурах екструдованих продуктів на основі рису має складати до 10%.

**ABSTRACT:** The article proves the expediency of using flax as part of extruded products of functional purpose. The organoleptic parameters of the obtained mixtures were evaluated experimentally and it was proved that the optimal percentage of flax in the recipes of extruded products should be up to 10%.

**Key words:** extruder, rice, extrudate, functional products.

In the last decade, products are increasingly widespread, the production of which is associated with the use of hydrothermal treatment in combination with mechanical. This combination allows you to influence not only the physicochemical properties of raw materials, but also significantly reduce energy costs for production. This type of equipment includes extruders. Their use has been confirming its high efficiency in comparison with traditional production

technologies for many years, providing a reduction in energy and labor costs and opening up the possibility of creating a wide range of new food products that have high nutritional value.

Within the framework of this direction, research is conducted in IET NASU aimed at increasing the nutritional value of extrudates through the use of non-traditional raw materials. One of these types of raw materials is proposed to use flax, which is an ideal source of valuable biologically active substances and can be effectively used as a functional additive in a variety of foods.

Within the framework of the complex experimental studies, the organoleptic parameters of the obtained extrudates based on rice were evaluated with the addition of flax to their composition in an amount from 5% to 20%. Based on this estimate, it was found that the maximum dosage of flax seeds in a mixture based on rice is up to 10%. At the same time, extrudates acquired a pleasant aroma, taste and well-developed porosity. A further increase in the concentration of the additive in the mixtures is impractical due to the deterioration of organoleptic parameters. In particular, there was a significant deterioration in taste and a decrease in the porosity of the structure. The latter can be explained by the peculiarities of the physicochemical composition of flax, which is rich in protein and fats [1].

**Conclusions.** The possibility of using flax as part of extruded mixtures based on rice cereals is investigated. The influence of the amount of additive on the quality indicators of the studied product was studied. Based on the obtained data, it was established that the introduction of flax in the amount of up to 10% by weight of rice cereals does not degrade the quality of products and improves their nutritional value.

### Literature

1. Kraus S., Akgygytova L., Yunychyna V. Inyanoe semya y pyshevaya cennost chlebobulochnykh yzdelyy // Hleboprodukty. 2000. 9, p. 28-29.

УДК 661

## **НАСОСИ ДЛЯ ДОБУВАННЯ НАФТИ З СВЕРДЛОВИНИ. СВЕРДЛОВИННИЙ НАСОС**

студент Трунін Антон, к.т.н., доцент Степанюк А. Р.

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

**АНОТАЦІЯ.** Описано принцип роботи **свердловинного** гвинтового насоса. Приклади використання. Недоліки та переваги.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА.** СВЕРДЛОВИННИЙ НАСОС, ГВИНТОВИЙ НАСОС, ПРИНЦИП ДІЇ, ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ, ЗАСТОСУВАННЯ.

Насоси є ключовим елементом у процесі видобутку нафти зі свердловин, без них цей процес був би набагато складнішим. Основний принцип роботи таких насосів полягає в тому, що їх заглиблюють у свердловину на колоні насосно-компресорних труб, занурюють під рівень рідини де вони відкачують рідини із свердловини. В основному нафту добувають з глибоких свердловин, які можуть бути глибше кількох кілометрів, та досить вузькими, тому насоси для добування нафти мають бути дуже надійними [1].

Насоси для добування нафти з свердловини називають свердловинними насосами. Застосування свердловинного насоса не обмежується лише нафтогазовою промисловістю, він також використовується для експлуатації водяних, гідротермальних та інших свердловин[2].

Однак, свердловинні насоси мають свої недоліки, одним з яких є висока вартість. Свердловинні насоси виготовляються з високоякісних матеріалів і мають складну конструкцію, Крім того, експлуатація насоса вимагає певних знань і навичок, що може збільшити витрати на обслуговування обладнання.

На сьогодні розроблено і застосовується багато типів свердловинних насосів. До безштангових pomp, які застосовують при експлуатації нафтових свердловин відносять відцентрові, гвинтові, гідропоршневі, вібраційні, діафрагмові, струминні помпи.

Розглянемо свердловинний насос, його конструкцію, межі використання, переваги та недоліки.

**Свердловинний насос.** Належить до класу безштангових установок і відіграють визначальну роль за об'ємом видобування нафти. Крім того, вони мають незаперечні переваги перед штанговими установками не тільки завдяки перенесенню приводного електродвигуна у свердловину і ліквідації колони штанг, що суттєво підвищує ККД системи, але і внаслідок значного діапазону робочих подач (від кількох десятків до кількох сотень м<sup>3</sup>/добу) та напорів (від кількох сотень до кількох тисяч метрів) за порівняно великого часу роботи установки до поломки [3].

**Конструкція.** Установка занурених насосів є складною технічною системою і, незважаючи на широко відомий принцип дії насоса, є сукупністю оригінальних за конструкцією елементів. Установка складається з двох частин: наземної та зануреної. Наземна частина включає автотрансформатор; станцію керування; іноді кабельний барабан та обладнання гирла свердловини. Занурена частина включає колону НКТ, на якій агрегат спускається у свердловину; броньований трижильний електричний кабель, по якому подається напруга живлення зануреного електродвигуна і який кріпиться до колони НКТ спеціальними затискачами. Занурений агрегат



складається з багатоступінчастого насоса, обладнаного приймальною сіткою і зворотним клапаном. Часто в комплект зануреної установки входить зливний клапан, через який зливається рідина з НКТ під час підйому установки. У нижній частині насос обладнаний вузлом гідрозахисту (протектором), який з'єднаний із зануреним електродвигуном. У нижній частині електродвигун має компенсатор. Занурений агрегат містить складні електричні, механічні і гідравлічні пристрої високої надійності, що вимагає від персоналу високої кваліфікації.

**Занурений насос.** Робочі елементи виконані з чавуну, бронзи або пластичних матеріалів і кріпляться на вал насоса з ковзаючою посадкою за допомогою спеціальної шпонки. Верхня частина вала насоса має опорну п'яту, яка закріплюється в корпусі насоса, а кожне робоче колесо спирається на торцеву поверхню направляючого апарата. Нижній кінець насоса має підшипниковий вузол з радіально-упорними підшипниками, що ізольований від рідини, яку насос відкачує, і в деяких конструкціях вал насоса ущільнюється спеціальним сальником. Занурений насос виконується у вигляді окремих секцій з багатьма ступенями у кожній секції, що дозволяє створювати насос із необхідним напором.

Для забезпечення безперебійної роботи електродвигун розташовують у герметичному просторі, захищеному від влучення робочих середовищ. Цей двигун - є асинхронним двополюсним двигуном змінного струму з короткозамкненим ротором.

**Вузол гідрозахисту.** Цей вузол, який розміщується між насосом та двигуном, має на меті захистити електродвигун від потрапляння в нього нафти або іншої рідини, яка відкачується, а також забезпечує змащення радіально-упорного підшипника насоса, якщо це необхідно. Основна частина цього вузла - еластична ємність, заповнена рідким мастилом. Ззовні до ємності приєднано зворотний клапан, який дозволяє приймати тиск нафти зі

свердловини на глибині занурення насосного агрегату. Таким чином, всередині еластичної ємності тиск рівний тиску занурення. Для створення надлишкового тиску всередині цієї ємності на валу протектора є турбінка. Рідке мастило під надлишковим тиском через систему каналів надходить у внутрішню порожнину електродвигуна, що запобігає потраплянню нафти чи інших рідин всередину електродвигуна зі свердловини.

**Компенсатор.** Компенсатор призначений для компенсування об'єму мастила всередині двигуна при зміні його температури. Він являє собою еластичну ємність, заповнену рідким мастилом, і корпус з отворами, що з'єднують ємність з свердловиною. При охолодженні мастила, його об'єм зменшується, і мастило зі свердловини входить у зазор, заповнюючи порожнину зануреного електродвигуна. При нагріванні мастила його об'єм збільшується, і воно перетікає у внутрішню порожнину ємності компенсатора.

**Зворотний клапан.** Зворотний клапан в головці насоса запобігає зливу рідини з колони НКТ під час зупинки зануреного агрегата. Це допомагає уникнути пошкодження електродвигуна в результаті перевищення допустимого пускового струму при відновленні електроподачі. Занурений насос також обладнують зливним клапаном, що дозволяє уникнути вилливу рідини з колони НКТ під час підйому установки. Зливний клапан розташовується горизонтально до вертикальної колони НКТ і розташований в спеціальній муфті, яка з'єднує насосно-компресорні труби.

**Електричний кабель.** Це кабель для живлення занурювального електродвигуна з трьома мідними жилами, з гумовою або поліетиленовою ізоляцією і металеву броню, що захищає жилки від механічних пошкоджень. Існують круглі і плоскі кабелі. Зазвичай кабель кріпиться до колони НКТ у двох місцях: над муфтою і під муфтою. Сьогодні частіше використовуються кабелі з поліетиленовою ізоляцією.

**Автотрансформатор.** Призначений для підвищення робочої напруги зануреного електродвигуна з мережі 380 В за допомогою автотрансформатора, який враховує втрати напруги у підвідному кабелі. Типорозмір автотрансформатора залежить від потужності електродвигуна (від 400 В до 2 000 В).

**Станція керування.** Забезпечує керування і захист установки в ручному та автоматичному режимах. Вона оснащена необхідними контрольно-вимірювальними системами, автоматами та різними реле. Системи захисту спрацьовують у випадку нештатних ситуацій, що призводять до відключення установки.

Схема свердловинного насоса наведена на рисунку 1.

Схему насоса наведена на рисунку 2.

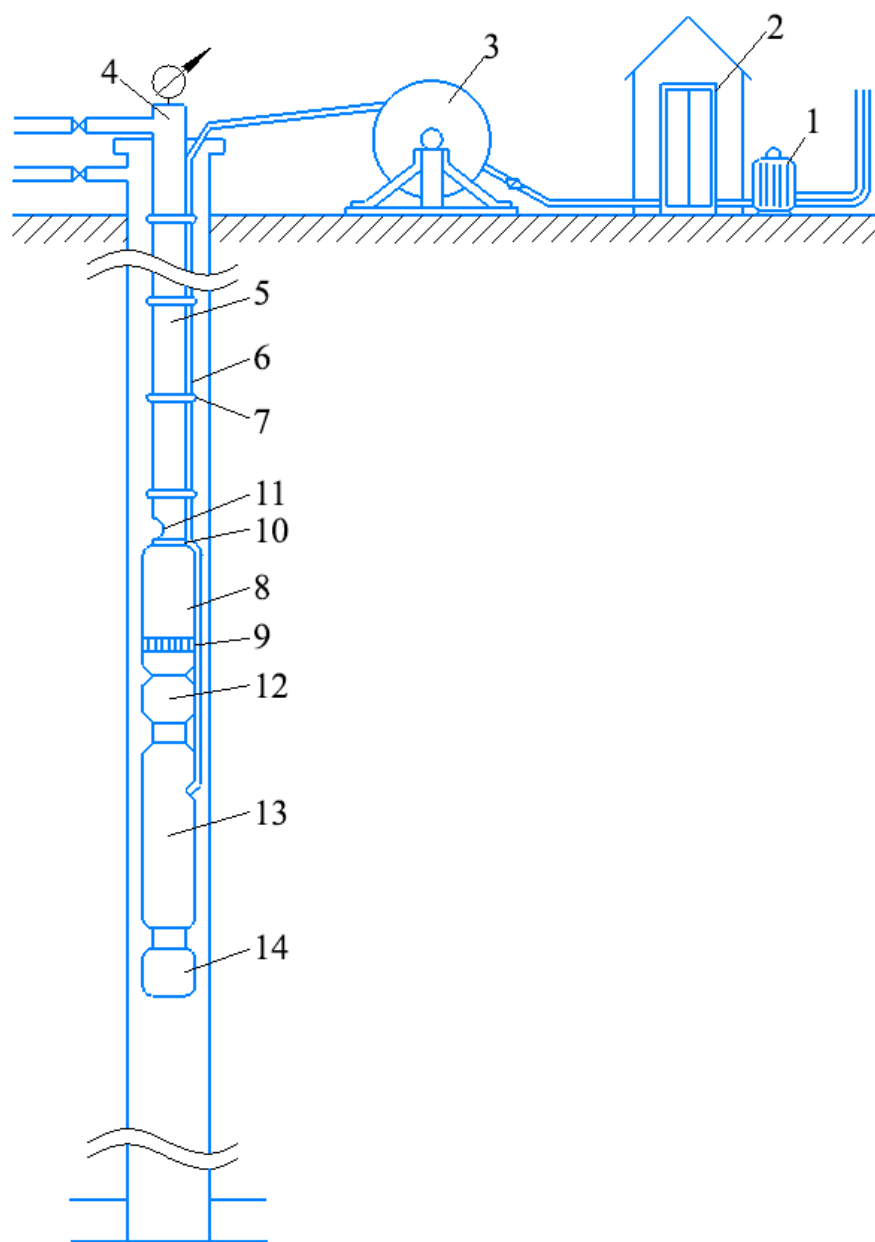
**Принцип роботи.** Тиск тут створюється за рахунок обертання гвинта. Перед запуском насос заповнюється рідиною. Нафта під дією гвинта захоплюється вгору в нагнітальний трубопровід.

**Переваги:**

- Дуже високий ККД.
- Невибagliвість в експлуатації.
- Високий тиск при перекачуванні.
- Невеликі габарити.
- Здійснення роботи на різному рівні глибини.
- Здатність до безперебійної роботи протягом тривалого часу
- Стабільність напору під час роботи.

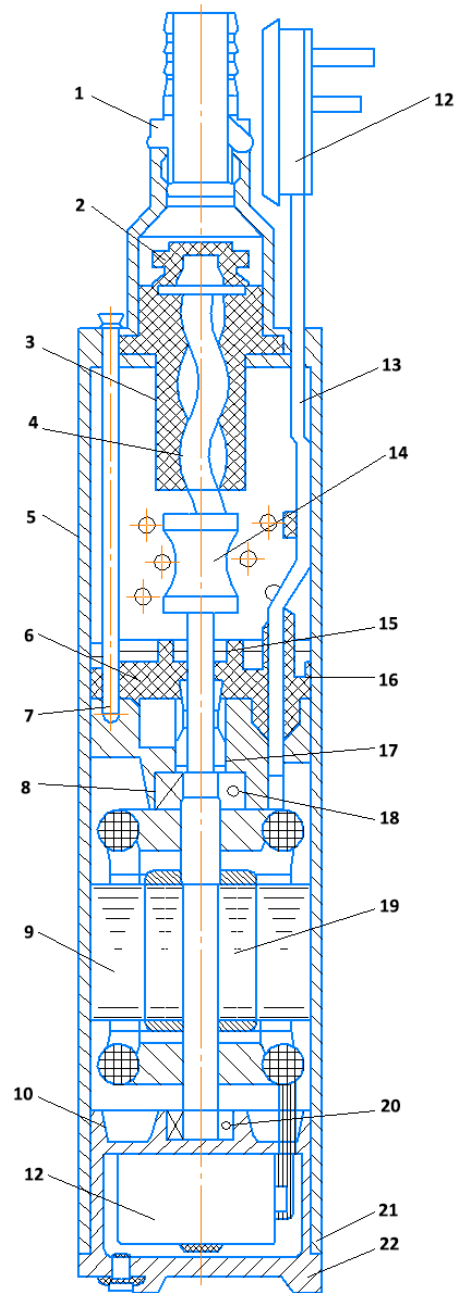
**Недоліки:**

- Малий ККД при перекачуванні дуже в'язкої нафти.
- Необхідність заповнення рідиною робочої камери насоса перед його включенням.



1 - автотрансформатор; 2 - станція керування; 3 - кабельний барабан; 4 - обладнання гирла свердловини; 5 - колона НКТ; 6 - броньований електричний кабель; 7 - затискачі для кабелю; 8 - занурений багатоступінчастий відцентровий насос; 9 - приймальна сітка насоса; 10 - зворотний клапан; 11 - зливальний клапан; 12 - вузол гідрозахисту (протектор); 13 - занурений електродвигун; 14 – компенсатор.

Рисунок 1 – Схема свердловинного насосу



1 – штуцер вихідний; 2 - сітка; 3 – корпус; 4 – гвинт; 5 – решітка водозабору; 6 – кришка масляного відсіку; 7 - прокладка; 8 – відсік для мастила; 9 - статор; 10 – гніздо підшипника; 11 - конденсатор; 12 - мережа; 13 – кабель живлення; 14 – муфта; 15 – сальник; 16 - корпус; 17 – сальник пружний; 18 – підшипник; 19 – ротор; 20 – підшипник; 21 – ущільнювальне кільце; 22 – нижня кришка.

Рисунок 2 – Схема насосу

**Межі використання.** Як правило, виробники насосів надають рекомендовані межі використання в технічних характеристиках своїх насосів.

Наприклад, один з виробників свердловинних відцентрових насосів для нафти «Завод нафтогазового обладнання» надає наступні межі використання для своїх насосів типу ЦНСн [4]:

- Максимальна температура нафти: 60°C.
- Максимальний тиск нафти: 66 кПа.
- Максимальна вміст домішок: 1,5 % .
- Максимальна в'язкість нафти: 120 сСт .

Проте, слід зазначити, що конкретні межі використання можуть відрізнятися в залежності від виробника та моделі насоса, тому важливо дотримуватися рекомендацій, наданих виробником конкретного насоса.

**Перелік посилань:**

1. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Свердловинний\\_насос](https://uk.wikipedia.org/wiki/Свердловинний_насос) від 01.05.2023 р
2. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Насосна\\_експлуатація\\_свердловин#:~:text=При%20насосному%20способі%20експлуатації%20підйом,струминні%2C%20гідроімпульсні%20та%20діафрагмові%20насоси.](https://uk.wikipedia.org/wiki/Насосна_експлуатація_свердловин#:~:text=При%20насосному%20способі%20експлуатації%20підйом,струминні%2C%20гідроімпульсні%20та%20діафрагмові%20насоси.) від 01.05.2023р.
3. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Установки\\_електричних\\_занурювальних\\_відцентрових\\_насосів](https://uk.wikipedia.org/wiki/Установки_електричних_занурювальних_відцентрових_насосів) від 01.05.2023р.
4. <https://zavodngo.com/product/vidtsentrovi-nasosi-tipu-tsnsn/> від 01.05.2023р.

## СЕКЦІЯ 1

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

#### ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ТЕРМОДИНАМІКИ НЕОБРОТНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НАНОФІЛЬТРАЦІЇ

Чухліб Ю.С., Гулієнко С.В. 4

#### МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ФЕНОЛУ ТА АЦЕТОНУ

Столяр О.О., Гулієнко С.В., Марчевський В. М. 7

#### TURBULATION DEVICE OF TUBULAR FLOW HEAT EXCHANGERS

Koriukaiev O. S., Novokhat O. A. 10

#### MODERNIZATION OF THE METHANOL-BENZENE MIXTURE SEPARATION UNIT WITH THE DEVELOPMENT OF A RECTIFICATION COLUMN

Podyman Hryhorii, Roman Rybitva 14

#### МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ УСТАНОВКИ АЛКІЛУВАННЯ БЕНЗЕНУ

Вакуліна А.Д., Сачок Р.В., Гулієнко С.В. 18

#### IMPROVEMENT OF THE CONTACT PLATE OF THE MASS TRANSFER APPARATUS

Anastasiia Dovhopol, Igor Andreiev 23

#### МОДЕРНІЗАЦІЯ ПИПАРНОГО АПАРАТА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА АМОФОСУ

Фурман А.В., Гулієнко С.В., Подиман Г.С. 27

#### MODERNIZATION OF THE STEAM GENERATOR FOR THE INSTALLATION OF SEPARATION OF THE METHANOL-BENZENE MIXTURE

Podyman Hryhorii, Shumeiko Yehor 31

#### ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ГІДРОДИНАМІКА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НАНОФІЛЬТРАЦІЇ

Вовк М.Є., Гулієнко С.В. 34

<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА СОЛІ</b>	<b>3</b>
<b>РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ</b>	
Баглай К. Ю., Степанюк А. Р.	37
<b>MODERNIZATION OF THE RECTIFICATION COLUMN OF THE WATER-ETHANOIC ACID MIXTURE SEPARATION UNIT</b>	
Lozovenko O.S., Stepaniuk A.R.	42
<b>ПРИНЦИП РОБОТИ ПЛУНЖЕРНОГО НАСОСА</b>	
Процюк М. О., Степанюк А. Р.	47
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТА ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ</b>	
Музика С.М., Гулієнко С.В.	50
<b>ДОБУВАННЯ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТУ ГІДРОРОЗРИВОМ</b>	
Ю. С. Чухліб, А. Р. Степанюк	54
<b>ГВИНТОВИЙ НАСОС</b>	
Д.В. Постовий, А. Р. Степанюк	57
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ БЛОКУ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ МЕТАНОЛ-ЕТАНОЛ</b>	
КРАВЧЕНКО Андрій, СТЕПАНЮК Андрій	61
<b>ЗАСТОСУВАННЯ КАВІТАЦІЙНИХ МЕХАНІЗМІВ ДЛЯ ОЩАДЛИВОГО СПОЖИВАННЯ ПРИРОДНОЇ ВОДИ В КОМУНАЛЬНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ</b>	
Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Радченко Н.Л., Недбайло А.Є., Шуляк В.В.	65
<b>ВИЗНАЧЕННЯ В ЧАСІ ЖИВОГО ПЕРЕТИНУ ОТВОРІВ КРУГЛОЇ ФОРМИ РОТОРА(СТАТОРА) РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТА</b>	
Ободович О.М., Сидоренко В.В., Азаров С.П.	69
<b>ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ БІЛКІВ У КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНАХ</b>	
Недбайло А.Є., Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Радченко Н.Л., Щепкін В.І.	75
<b>DRUM DRYER AS A MODERNIZATION IN THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF COKE PRODUCTION FACILITY</b>	
Dmytro Solomianiuk., Andriy Stepaniuk	77
<b>ПРИНЦИП РОБОТИ ДИСКОВОГО НАСОСА</b>	
Мурашов Г. І., Степанюк А. Р.	84



<b>ПРИНЦИП РОБОТИ ПОРШНЕВОГО НАСОСА</b> Правосудович О.Д., Степанюк А. Р.	<b>88</b>
<b>СТРУМЕНЕВИЙ НАСОС</b> Вовк М.Є., Степанюк А.Р.	<b>92</b>
<b>ШЛАНГОВИЙ (ПЕРИСТАЛЬТИЧНИЙ) НАСОС</b> Гурківська Т.В., Степанюк А.Р.	<b>101</b>
<b>FEATURES OF THE NITRIC ACID COOLING PROCESS</b> Kot Anton, Novokhat Oleh	<b>106</b>
<b>MODERNIZATION OF THE METHANOL-BENZENE MIXTURE SEPARATION INSTALLATION WITH THE DEVELOPMENT OF AN AIR COOLER</b> Turkevych Y.V., Podyman H.S.	<b>110</b>
<b>ПРИНЦИП РОБОТИ ГВИНТОВОГО НАСОСА</b> Правосудович О.Д., Степанюк А. Р.	<b>113</b>
<b>ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL SCHEME OF THE ETHANOL PRODUCTION PROCESS WITH THE SELECTION OF HEAT EXCHANGE EQUIPMENT</b> Pugach Y. R., Serhii Haidai, Stepaniuk A.R.	<b>118</b>
<b>ABSORBER OF TAIL GAS TREATMENT PLANT</b> Lykhozhon P. M., Haidai S.S.	<b>125</b>
<b>ANALYSIS OF THE INSTALLATION OF AIR PURIFICATION FROM AMMONIA</b> Tryhubets B. O., Haidai S. S.	<b>129</b>
<b>HEAT EXCHANGER FOR HEATING OF THE GAS MIXTURE COOLING IN TECHNOLOGICAL SCHEME OF ACETIC ACID PRODUCTION</b> Gurin Y. S., Haidai S.S., Stepaniuk A.R.	<b>137</b>
<b>MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER IN THE BUTADIENE PRODUCTION INSTALLATION</b> Vladimirov Z.D., Sachok R.V., Huliienko S.V.	<b>140</b>
<b>MODERNIZATION OF THE PHOSPHATE MATERIAL DECOMPOSITION PLANT WITH DESIGN OF EVAPORATOR</b> Nesteruk O.M., Huliienko S.V., Sacjor R. V.	<b>145</b>

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ З СОЛЬОВОГО ПЛАВУ З РОЗРОБКОЮ ВИПАРНОГО АПАРАТА**

Лапін Я.М., Гулієнко С.В., Марчевський В. М. 149

**ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ БІШОФІТУ**

Марчевський В.М., Квецко А.Л. 151

**СУШАРКА ДЛЯ БІШОФІТУ**

Марчевський В.М., Квецко А.Л. 153

**СЕКЦІЯ 2**

**« ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ »**

**RESOURCE-VALUABLE RENEWABLE WASTE OF BIOLOGICAL ORIGIN, GENERATED BY VARIOUS ECONOMIC ENTITIES, AS RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF BIOFERTILIZERS AND FEED**

Belyaeva I., Zhukov K., Stetsuk V., Shpilberg L. 156

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

Petrova Zh.O., Slobodianiuk K.S., Dmytrenko N. V., Ivanov S.O., Grakov O.P. 161

**ПОТЕНЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ МОБІЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО АКУМУЛЯТОРУ МТА-0,5 МВт**

Коник А.В., Хоменко М. В. 165

**THE USE OF FLAX SEEDS IN THE COMPOSITION OF EXTRUDED MIXTURES**

Ivanitsky G. K., Tselen B.Y., Nedbailo A. Y., Ganzenko V.V., N. Radchenko 173

**НАСОСИ ДЛЯ ДОБУВАННЯ НАФТИ З СВЕРДЛОВИНИ. СВЕРДЛОВИННИЙ НАСОС**

Трунін Антон, Степанюк А. Р. 175