



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

Інженерно-хімічний факультет



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

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

28 листопада
Київ 2024р.

УДК 66

ББК 35.11-5я43

О 16

Збірник тез доповідей XXXV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" 28 листопада 2024 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2024. – 103 с.

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

"ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ"

Голова оргкомітету: д.т.н., професор, Корнієнко Ярослав Микитович

Члени оргкомітету:

КПІ ім. Ігоря Сікорського:

Зав. кафедри МАХНВ, к.т.н., доц. Степанюк Андрій Романович

к.т.н., професор кафедри МАХНВ Марчевський Віктор Миколайович

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

к.т.н., доц. кафедри МАХНВ Швед Микола Петрович

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

ІТТФ НАН України

академік, д.т.н., професор Снежкін Юрій Федорович

к.т.н., с.н.с., пр.н.с. Коник Аліна Василівна

к.т.н., с.н.с., Слободянюк Катерина Сергіївна

Інститут Газу НАН України

к.т.н., доц. Ільєнко Борис Кузьмич

к.т.н., с.н.с., пр.н.с. Собченко Віктор Васильович

Редактор та комп'ютерна верстка:

асистент Подиман Григорій Сергійович

Рекомендовано до друку
Вченою радою Інституту
технічної теплофізики
НАН України
Протокол № 17
від 28.12.2024 р.

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

Рекомендовано до друку
Кафедрою машин та апаратів
хімічних
і нафтопереробних виробництв
Протокол № 5
від 28.11.2024 р.

Тези опубліковано за авторською редакцією.

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

UDC 630; 620.95

A NEW ENERGY-TECHNOLOGICAL COMPLEX FOR DRYING SOLID DISPERSED MATERIALS

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

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

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

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

НОВИЙ ЕНЕРГО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС СУШІННЯ ТВЕРДИХ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ

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

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

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

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

The purpose of the work.

The use of purified generator gas as an energy carrier makes it possible to

simultaneously contribute to the improvement of global ecology, and as a source contributes to the improvement of global ecology, and the burning of purified generator gas provides a composition of gaseous combustion products that is tolerant of local ecology (absence of sulfur, CO and low NO_x content). And fire safety is ensured due to the absence of solid particles in the drying agent, which usually lead to fires in dryers of flammable materials.

Create a unified complex with high factory readiness for obtaining generator gas from pre-dried wood fuel chips. And its application in the organization of drying processes of both fuel chips and other solid dispersed materials.

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

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

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

The technical and economic advantages of the complex include:

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

Conclusions.

The developed complex makes it possible to compose the application of the modular principle of energy-efficient enterprises of any required productivity on the basis of unified equipment with high factory readiness. In addition, the developed complexes can be used in combined technological drying systems [2].

References.

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

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

UDC 661.727.4

**MODERNIZATION OF PHENYL CHLORIDE PRODUCTION PLANT
WITH DEVELOPMENT OF HEAT EXCHANGER**

Student TARTACHNYI Nazar, assistant, PODYMAN Hryhorii

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: The technological scheme and apparatus for the production of phenyl chloride are described.

KEYWORDS: PHENYL CHLORIDE, TECHNOLOGICAL SCHEME, HEAT EXCHANGER

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ФЕНІЛХЛОРИДУ З
РОЗРОБКОЮ ТЕПЛООБМІННИКА**

Студент ТАРТАЧНИЙ Назар, асистент, ПОДИМАН Григорій

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

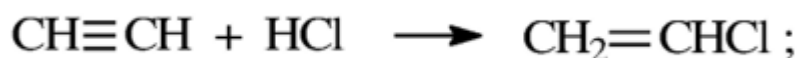
АНОТАЦІЯ: Описано технологічну схему та апарат для виробництва фенілхлориду.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ФЕНІЛХЛОРИД, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ТЕПЛООБМІННИК

Phenyl chloride or vinyl chloride is one of the important products used both in the production of vinyl chloride and as a copolymer in the synthesis of plastics with vinyl acetate, vinylidene chloride, and other monomers. Chlorination of the polymer produces perchlorovinyl resin, which is highly soluble in organic solvents and is widely used as varnishes and enamels.

Synthesized in 1835, vinyl chloride is currently obtained according to three reactions:

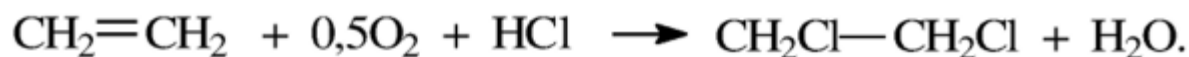
- by hydrochlorination of acetylene:



- dehydrochlorination of trichloroethane:



- oxidative hydrochlorination of ethylene:



Acetylene hydrochlorination is a catalytic process, and only toxic sulfite is used, which indicates unecological production. In the contact method, the product leaving the reactor consists of 5% hydrogen chloride, 0.5% acetylene, 0.3% asymmetric dichloroethane, and 0.3% acetaldehyde for 93% of vinyl chloride. To obtain 1 ton of vinyl chloride, 0.45 ton of acetylene, 0.63 ton of hydrogen chloride, and 0.2-0.5 kg of sulfite are consumed.

It cannot be classified as a low-waste process, since the production of vinyl chloride is carried out by dehydrogenation of dichloroethane with 42% alkali (NaOH). The product yield is 80% of the charged dichloroethane. 0.82 tons of solid alkali are consumed per 1 ton of vinyl chloride, and since the process is carried out in an alcohol solution, the consumption of alcohol (ethanol or methanol) is 92 kg.

In world practice, the method of pyrolytic (480-500 ° C) dehydrogenation of dichloroethane is widespread, which allows obtaining 97-98% of vinyl chloride from the theoretically possible. The method does not require costs for auxiliary materials and reagents, and the amount of waste is correspondingly reduced.

In order to reduce waste, namely the hydrogen chloride formed, the production of vinyl chloride from dichloroethane and oxidative hydrochlorination were combined. Thus, the hydrogen chloride released in the process of dehydrogenation of dichloroethane was further used for the hydrochlorination of acetylene.

More perfect (with less waste generation) may be the so-called balanced scheme using hydrogen chloride for the synthesis of dichloroethane.

In the process, reactions occur that result in the formation of a single product - vinyl chloride. Part of the dichloroethane in this production is obtained by direct chlorination of ethylene in the liquid phase.:



The other part is obtained by oxidative chlorination reactions. For this, hydrogen chloride formed as a result of dichloroethane cracking is mixed with oxygen and ethylene. Oxidative hydrochlorination occurs in the presence of catalysts containing copper chloride on a carrier. The catalyst can be in a stationary or fluidized state. According to the Monsanto scheme (Fig. 1), a mixture of ethylene (stream I) with chlorine (II) and recycle gases (III) is introduced into the direct chlorination reactor 1. Ethylene chlorination is carried out in liquid dichloroethane. The product at the outlet from the reactor is washed with a solution of alkali (IV) in column 2 to remove unreacted chlorine. Unreacted ethylene (V) is discharged at the top of the column. The washing liquid is discharged into the effluent (VI).

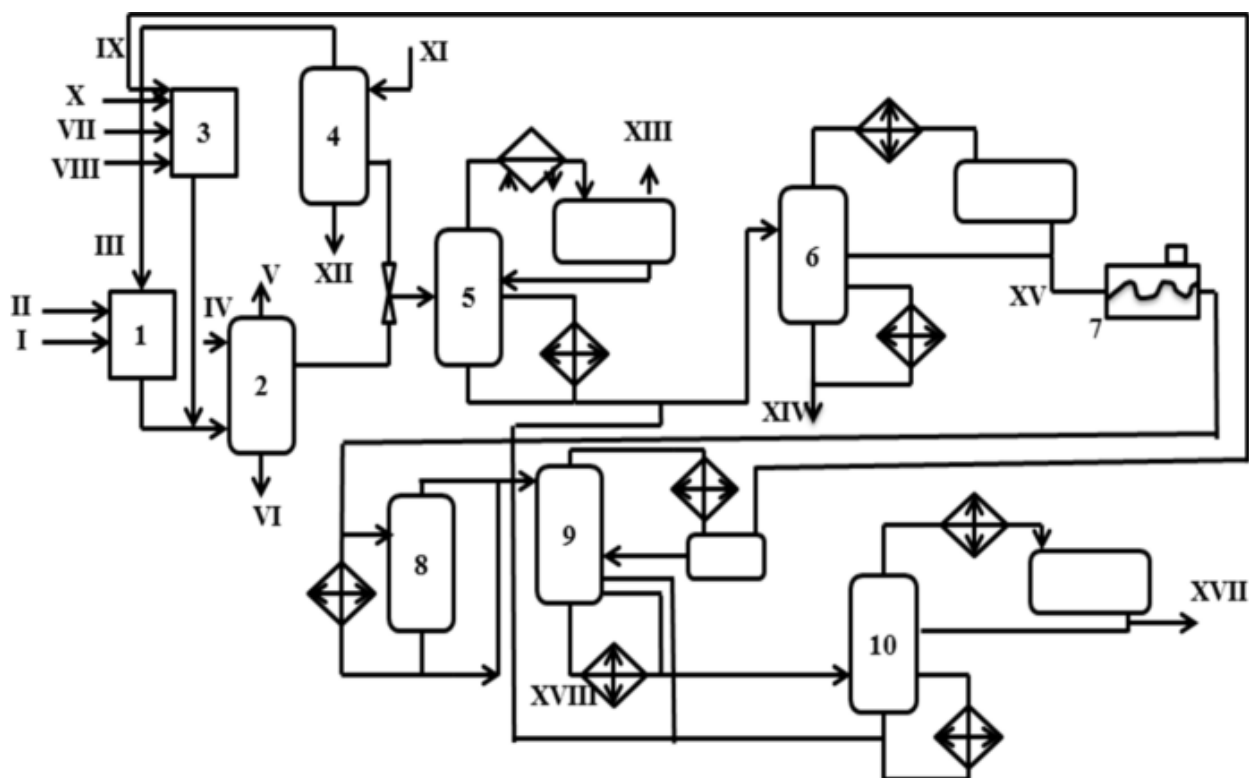


Fig. 1. Technological scheme of vinyl chloride synthesis

In reactor 3, ethylene (VII) is oxychlorinated with a mixture of hydrogen chloride with oxygen or air (VIII). Hydrogen chloride (IX) released during the cracking of dichloroethane is used. If necessary, fresh hydrogen chloride (X) is added to the reactor. The gaseous mixture at the outlet of the oxychlorination reactor is condensed and fed to the separator.

The liquid product is washed in column 4 with a solution of alkali (XI) to neutralize the weak solution of hydrochloric acid formed when hydrogen chloride is dissolved in the aqueous condensate. The washing liquid (XII) is discharged into the drain, and the uncondensed gas (III) is sent to the direct chlorination reactor.

Next, the raw dichloroethane obtained by chlorination and oxychlorination of ethylene is combined and sent for purification. In rectification columns 5 and 6, low-boiling impurities (XIII) and heavy chlorine-containing by-products (XIV) are sequentially separated from the raw dichloroethane. The purified dichloroethane (XV) is subjected to chemical cracking in furnace 7. The washing liquid (XII) is

discharged into the drains, and the non-condensed gas (III) is sent to the direct chlorination reactor.

Next, the raw dichloroethane obtained by chlorination and oxychlorination of ethylene is combined and sent for purification. In rectification columns 5 and 6, low-boiling impurities (XIII) and heavy chlorine-containing by-products (XIV) are sequentially separated from the raw dichloroethane. The purified dichloroethane (XV) is subjected to chemical cracking in furnace 7.

The product of dichloroethane cracking is quenched in column 8, after which it is introduced into column 9, where dry hydrogen chloride is distilled off. The separated hydrogen chloride (LX) is recycled to the oxychlorination reactor or is discharged as a by-product (XVI). The bottom residue of the stripping column 9 is fed to the rectification. In the form of distillate from column 10, commercial vinyl chloride (XVII) is taken, and the bottom liquid (XVIII), containing unreacted dichloroethane, is returned to the purification system to remove heavy impurities.

The described process is characterized by a high yield of the target product, the absence of temperature corrosion, low cost of the catalyst, the formation of a small amount of wastewater, and slow accumulation of coke. When using oxygen instead of air as an oxidant in oxychlorination, gas emissions are significantly reduced (approximately a hundred times). Disposal of organochlorine waste by incineration (thermal decomposition) is the most radical.

Heat exchangers are used to supply hot steam to the distillation (Figure 2).

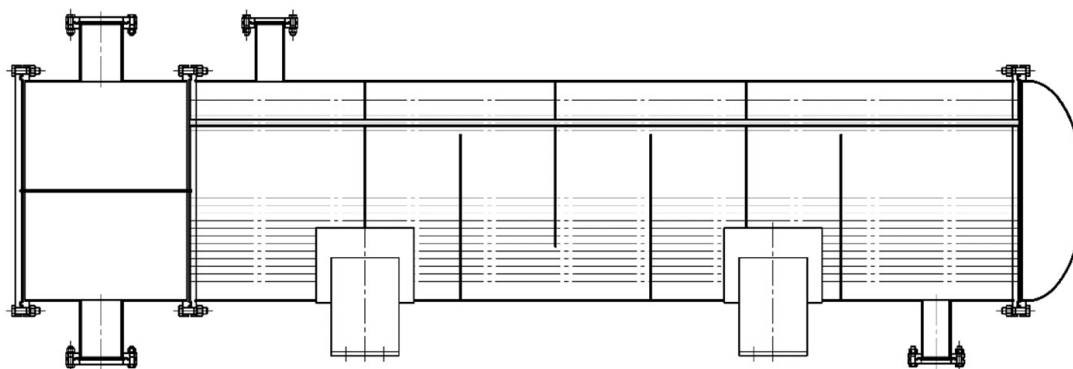


Figure 2 – Shell and tube heat exchanger

The apparatus consists of the main components: a tube shell, which includes two tube grids, between which a tube bundle is located, and a casing. For the supply and removal of the working medium, inlet and outlet pipes are provided in the casing. Segmental transverse partitions are installed in the space between the tubes. The medium enters and exits the tube space through a distribution chamber consisting of a shell, flanges, and walls. The apparatus is mounted using supports. This heat exchanger is designed to heat phenyl chloride using flue gases.

The essence of the modernization is to modernize the shell-and-tube heat exchanger (heater) to intensify the heat exchange process.

References:

1. Ластухін Ю. О. Органічна хімія /Ю. О Ластухін, С. А. Воронов. – Львів: Центр Європи, 2001. – С. 309-340; С. 684-709. – ISBN 966-7022-19-6.
2. Штеменко Н.І. Органічна хімія та основи статичної біохімії / Штеменко Н. І., Соломко З. П., Авраменко В. І. – Дніпропетровськ. Видавництво ДНУ, 2003. – С. 233-266. – ISBN 966-551-117-3.

УДК 66.06

**THE MODERNIZATION OF THE EVAPORATOR OF EVAPORATOR FOR
SEAWATER DESALINATION PLANT WITH BRINE UTILIZATION**

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

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНОГО АПАРАТА УСТАНОВКИ ОПРІСНЕННЯ
МОРСЬКОЇ ВОДИ З УТИЛІЗАЦІЄЮ КОНЦЕНТРАТУ**

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто методи опріснення води та важливість модернізації випарного апарату, наведено технологічну схему.

Ключові слова: опріснення, морська вода, випарний апарат, зворотній осмос, дистиляція

Abstract: The methods of desalination of water and the importance of modernizing evaporation apparatus are discussed, and a technological scheme is presented.

Keywords: desalination, seawater, evaporation apparatus, reverse osmosis, distillation.

The seawater desalination plant is designation for obtaining of fresh water from seawater by removing of salts and minerals. The process product is the fresh water

with applied for drinking, domestic purposes, and for agriculture. The concentrate is the salt solution, which formed after removing od desalinated water [1-2].

There are several methods of water desalination. One of them is the distillation method which consists in boiling and vapor firming. The seawater is heated to the vapor formation, and the vapor is cooled separately and water became suitable for consumption. The disadvantage is the highly concentrated salt solution [1].

The other method of desalination in the reverse osmosis method. In the reverse osmosis process water and dissolved material are separated on the molecular level. The purification occurs using the membrane which remove salts and different impurities. The disadvantage can be the low amount of purified water [1].

These methods also include the freezing method, in which the seawater is transformed in ice without entering the dissolved salts, and electro dialysis, in which water pass through the chamber with electrodes and charged membranes [1].

In current work, the technological scheme of water desalination which includes the reverse osmosis and evaporation stage, is considered. The evolution of Bittern brine after reverse osmosis (RO) under condition of discontinuous evaporation is shown in the scheme. As shown in figure 1, the process starts with intake of the brine after RO from the desalination plant into the system. This brine undergoes the initial stage of "preconcentration", which is characterized by the process of evaporative concentration in evaporation pond. During this stage marked by the dashed orange line, the solar radiation reduce the volume of solution, which lead to obtaining of the high concentrated mixture of solid and liquid materials, which is called the "concentrate" [2].

Subsequently, this concentrate is filtered through the Filter 1, yielding a dense solution named 'bittern' and a mixture of salts, specifically calcium carbonate (CaCO_3), calcium sulfate (CaSO_4), and sodium chloride (NaCl). The filtered-out salts are collected as a byproduct. The "Bittern", still containing dissolved salts, is passed through a "Heater" to induce further evaporation. After heating, the solution is

allowed to rest until its temperature stabilizes at 20 °C, then it enters a "Cooler". This part of the process is designated by the blue dashed line and represents the discontinuous evaporation phase [2].

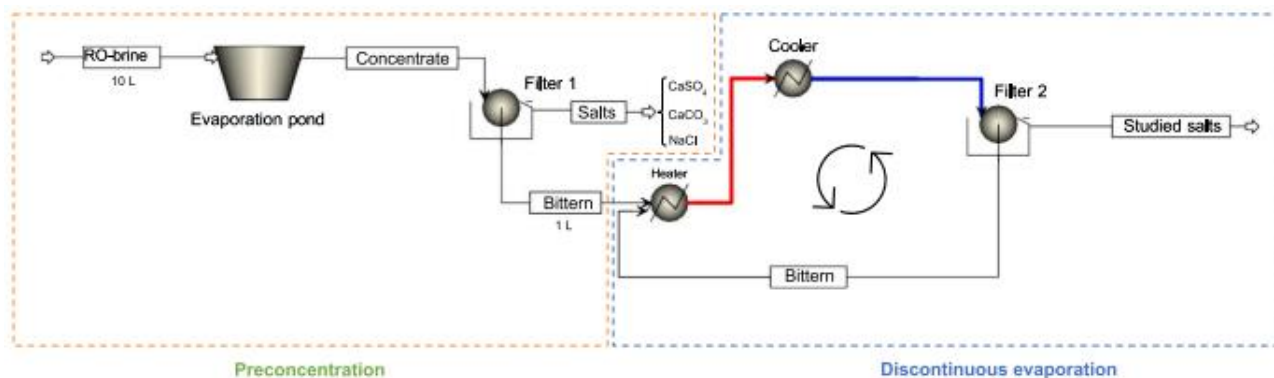


Figure 1. – The flowsheet of the preconcentration process of the brine after reverse osmosis and Bittern discontinuous evaporation [2]

The evaporator is key component in the process of water distillation. Its task is to evaporate the seawater which leads to the separation to the vapor and concentrate. The vapor is condensed into the fresh water and concentrate is utilized.

The modernization of evaporator may include the increasing of energy consumption effectivity, increasing of the amount of the produced fresh water or decreasing of concentrate formation. It is essentially important in the conditions of increasing environmental requirements and increasing demands in fresh water.

Перелік посилань:

1. Опріснення морської води, методи очищення :: Формула води [Електронний ресурс]. – режим доступу. –

<https://formulavody.com.ua/uk/opresnenie-morskoj-vody-metody-ochistki>

2. Bouazza A., Ait Hak S., Faddouli A., Khaless K., Benhida R. (2024). Kainite crystallization from RO bittern: A novel approach using discontinuous evaporation. *Desalination*. Vol. 582. 117652. Doi:

<https://doi.org/10.1016/j.desal.2024.117652>

УДК 66.06

**МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТУ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ УСТАНОВКИ
ОПРІСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ З УТИЛІЗАЦІЄЮ КОНЦЕНТРАТУ**

студентка Процюк М.О., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто методи опріснення води та важливість модернізації апарату зворотного осмосу, наведено технологічну схему.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОПРІСНЕННЯ, МОРСЬКА ВОДА, АПАРАТ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ.

Abstract: The methods of desalination of water and the importance of modernizing the reverse osmosis apparatus are discussed, and a technological scheme is presented.

KEYWORDS: DESALINATION, SEAWATER, REVERSE OSMOSIS APPARATUS.

Установка опріснення морської води призначена для отримання прісної води з морської, шляхом видалення солей і мінералів. Продукт процесу – прісна вода, яка використовується як в харчовій промисловості, так і для технологічних процесів. Концентрат – це розчин солі, який утворюється після вилучення прісної води [1-2].

Існує кілька способів опріснення води. Один з найпоширеніших є метод зворотного осмосу. Зворотний осмос передбачає використання напівпроникної мембрани, яка дозволяє пропускати переважно молекули води, а також і деяку частину іонів з маленькою молекулярною масою. Принцип роботи зворотного осмосу полягає в тому, що розчинник (вода) з більш концентрованого прагне виділитися в менш концентроване середовище [1].

Іншим методом опріснення води є метод дистиляції. Дистиляція найстаріший метод отримання демінералізованої води. Принцип дії полягає в тому, що під час нагрівання частину води виділяється у вигляді пари та конденсується в ємності-збірнику конденсату, а потім виводиться з системи [1].

Також існує метод виморожування, яке передбачає часткове заморожування води в ємності, коли зовнішня замерзла частина залишається, а внутрішній розсіл виливається, таку операцію рекомендується провести кілька разів [1].

В даній роботі розглядається технологічна схема опріснення води, що включає зворотний осмос. Солонa вода, має систему забору води з поверхні, що включає фільтрацію через сітку з розміром отворів 5 см і обертовий фільтр розміром 3,15 мкм. Далі морська вода проходить два етапи попередньої обробки: пряму аерофлотацію (DAF) і ультрафільтрацію (UF), щоб зменшити навантаження на мембрани зворотного осмосу (RO). Установку RO складають 6 ліній, кожна з яких містить 173 мембрани, розділені на два проходи. Крім того, для підвищення енергоефективності процес включає пристрій рекуперації енергії (ERD) після обробки, перед скиданням розсолу для відновлення енергії з потоку високого тиску розсолу [2].

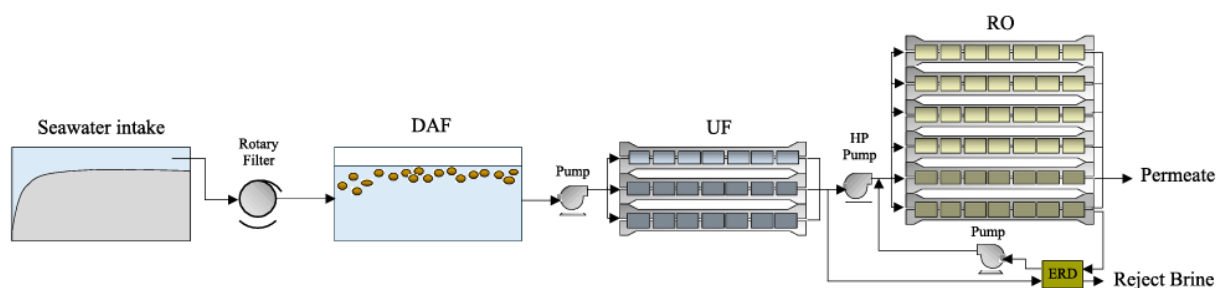


Рисунок 1. – Технологічна схема процесу опріснення морської води.[2]

Апарат зворотного осмосу є ключовим компонентом у процесі опріснення води. Його завдання полягає у видаленні солей та інших домішок шляхом використання напівпроникної мембрани, яка пропускає молекули води.

У результаті процесу отримують прісну воду та концентрат (розсіл), який утилізується.

Модернізація апарата зворотного осмосу може включати підвищення ефективності енергоспоживання, збільшення кількості виробленої прісної води або зменшення обсягу утвореного концентрату. Це особливо важливо в умовах посилення екологічних вимог та зростання попиту на прісну воду.

Перелік посилань:

1. Опріснення морської води [Електронний ресурс]. – режим доступу. – <https://ecosoft.ua/ua/blog/opresnenie-morskoy-vody/?srsltid=AfmBOoonz9CZeAKjSLmZgHy4KASq5crCeT93tZYtEqMbm3-Nr1qgZ8A>

2. Bouazza A., Ait Hak S., Faddouli A., Khaless K., Benhida R. (2024). Kainite crystallization from RO bittern: A novel approach using discontinuous evaporation. *Desalination*. Vol. 582. 117652. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2024.117652>

UDC 532.5

EFFECTIVENESS OF HYDRODYNAMIC CAVITATION FOR WATER ACTIVATION IN PRODUCTION

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

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

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

АНОТАЦІЯ: Авторами розглянуто можливість застосування гідродинамічної кавітації для активації води. Експериментально доведено зміну її фізико-хімічних властивостей та визначено, що досягнутий ефект активації залишається стабільним до 3 діб.

KEYWORDS: WATER ACTIVATION, HYDRODYNAMIC CAVITATION

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АКТИВАЦІЯ ВОДИ, ГІДРОДИНАМІЧНА КАВІТАЦІЯ

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

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

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

treatment.

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

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

УДК 661.7

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ДЕФЛЕГМАТОРА УСТАНОВКИ
ВИРОБНИЦТВА АЦЕТАЛЬДЕГІДУ**

студент Єрмуракі С.Л., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто метод роботи дефлегматора та важливість його модернізації в установках виробництва ацетальдегіду, наведено технологічну схему.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЦЕТАЛЬДЕГІД, ВИПАРНИЙ АПАРАТ, ТЕПЛООБМІН, ДЕФЛЕГМАТОР.

Анотація: The method of operation of the dephlegmator and the importance of its modernization in acetaldehyde production facilities are considered, and a technological scheme is given.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ACETALDEHYDE, EVAPORATOR, HEAT EXCHANGER, DEPHLEGMATOR.

Ацетальдегід вперше був отриманий Шеєлем у 1774 році шляхом дії діоксиду марганцю і сірчаної кислоти на етанол. Структура ацетальдегіду була встановлена Лібіхом у 1835 році з зразка, отриманого шляхом окислення етилового спирту хромовою кислотою. Лібіх назвав сполуку "альдегід" від латинських слів, що перекладаються як al(коголь) dehyd(рогенований). Утворення ацетальдегіду шляхом додавання води до ацетилену було виявлено Кучеровим у 1881 році. - [2]

Ацетальдегід вперше широко використовувався під час Першої світової війни як вихідна речовина для виробництва ацетону і оцтової кислоти. Наразі це важливий проміжний продукт у виробництві оцтової кислоти, оцтового

ангідриду, етилового ацетату, пероцтової кислоти, пентаеритриту, хлоралу, гліюксалю, алкіламінів і піридинів. Комерційні процеси виробництва ацетальдегіду включають окислення або дегідрування етанолу, додавання води до ацетилену, часткове окислення вуглеводнів і пряме окислення етилену. У 1989 році було підраховано, що 28 компаній, які мали понад 98% світової виробничої потужності в 2,5 мільйона тонн на рік, використовували процеси Вакера-Хехста для прямого окислення етилену. - [2]

Ацетальдегід є продуктом більшості окиснень вуглеводнів. Він є проміжним продуктом у диханні вищих рослин і трапляється в незначних кількостях у всіх стиглих плодах, які мають кислий смак до дозрівання. Вміст альдегіду у летючих речовинах було запропоновано як хімічний індекс дозрівання під час холодного зберігання яблук. Ацетальдегід також є проміжним продуктом бродіння, але майже відразу ж перетворюється на етанол. Він може утворюватися у вині та інших алкогольних напоях після впливу повітря, надаючи неприємного смаку; альдегід реагує, утворюючи діетиловий ацеталь і етиловий ацетат. Ацетальдегід є проміжним продуктом у розкладанні цукрів в організмі і, таким чином, зустрічається в незначних кількостях у крові. - [2].

При одностадійному процесі з застосуванням технічного кисню в реактор, заповнений каталізаторним розчином, безперервно подають етилен, кисень та оборотний газ, що містить переважно не прореагований етилен і кисень. Реакцію проводять під тиском 3-7 атмосфер при кипінні каталізаторного розчину (~120°C). Тепло екзотермічної реакції відводиться при цьому переважно за рахунок випаровування води і продуктів реакції. Для підтримання певної концентрації каталізаторного розчину в реактор безперервно подають воду в кількості, рівній кількості випарованої води. - [1].

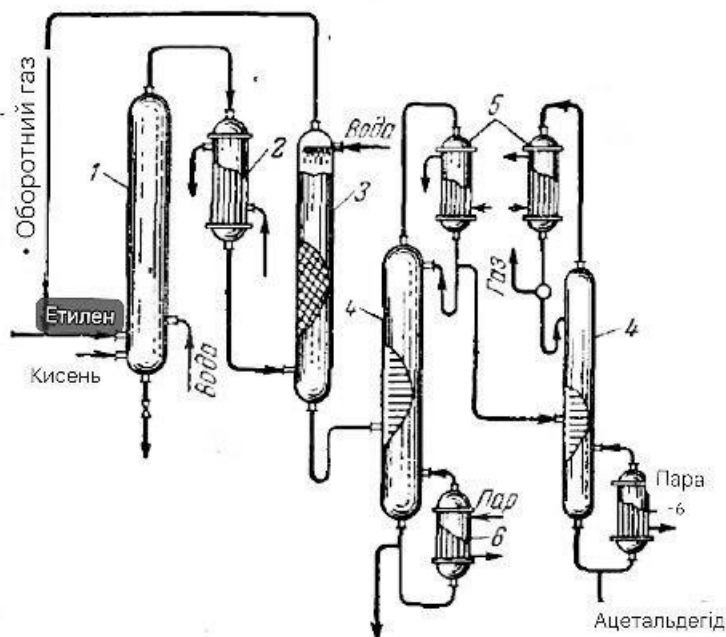


Рисунок 1. Схема отримання ацетальдегіду окисненням етилену (однстадійний процес): 1. Реактор; 2. Холодильник; 3. Скрубер; 4. Дистиляційні колони; 5. Дефлегматори; 6. Кип'ятильники.

Утворений ацетальдегід разом з парами води і непрореагованими газоподібними реагентами після виходу з реактора охолоджують і пропускають через скруббер, зрошуваний водою, яка розчиняє ацетальдегід. Розчин ацетальдегіду спрямовують на ректифікацію та стабілізацію (відділення розчинених у ньому газів), а оборотний етилен із верхньої частини скрубера разом із непрореагованим киснем повертають у виробничий цикл. Таким чином, при однстадійному процесі окислення етилену та регенерація каталізатора здійснюються в одному реакційному апараті. Вихід ацетальдегіду становить 95% і вище. - [1]

Ректифікаційна колона є важливою складовою системи розділення продуктів реакції. Для її стабільної роботи необхідно, щоб дефлегматор працював належним чином, адже саме він забезпечує часткове конденсація парів і повернення рідкої фази у верхню частину колони, що підтримує

оптимальне розділення ацетальдегіду від домішок і забезпечує ефективність процесу. Саме тому я обираю модернізацію дефлегматора, оскільки його ефективна робота є критично важливою для стабільності та продуктивності всієї ректифікаційної системи. Модернізація дозволить підвищити точність розділення продуктів, зменшити втрати корисного продукту та загалом підвищити ефективність роботи колони, що позитивно вплине на якість та вихід ацетальдегіду. - [1]

Перелік посилань:

1. Корнієнко Я.М., Лукач Ю.Ю., Мікульонок І.О., Ракицький В.Л., Рябцев Г.Л. (2011). Процеси та обладнання хімічної технології. Підручник. Частина 2. Київ. НТУУ «КПІ»
2. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology Vol 01.

UDC 339.138

INFLUENCE OF EXTRUSION TREATMENT ON BARLEY GRAIN AS A COMPONENT OF FUNCTIONAL PRODUCTS

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

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

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

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

KEYWORDS: FUNCTIONAL PRODUCTS, BARLEY, EXTRUDER

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОДУКТИ, ЯЧМІНЬ, ЕКСТРУДЕР.

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

and the EU countries. At the same time, only about 5% of Ukrainians are their consumers. Although the potential for production and consumption is certainly great. Therefore, an important task is to formulate key problems and determine ways to solve them for the successful development of the domestic FP market.

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

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

Conclusion. A positive effect of extrusion was established, which consisted in improving the amino acid composition in the obtained samples of extruded barley, in particular, the amount of lysine increased by 36%, methionine by 28%, cystine by 8%, serine and valine by 2%, which can be associated with the hydrolysis of proteins. The proportion of protein increased by 3% and fat by 3.7%. The share of moisture after treatment decreased from 13% to 9.7%. As a result, a homogeneous free-

flowing structure of the extrudate with a good taste and aroma was obtained. A decrease in the microbiological index was achieved, which was less than 10 CFU for 90 days. Thus, extrusion processing makes it possible to obtain an extrudate with good functional and technological properties of a long shelf life.

УДК 66.07

МОДЕРНІЗАЦІЯ БАГАТОКОРПУСНОГО ВИПАРНОГО АПАРАТА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ВОДНЮ

студент Правосудович О. Д., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто метод роботи багатокорпусного випарного апарата. Важливість його модернізації в установках виробництва водню.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВОДЕНЬ, ВИПАРНИЙ АПАРАТ, ТЕПЛООБМІН.

Анотація: The method of operation of a multi-body evaporator is considered. The importance of modernization in its hydrogen production facilities.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: HYDROGEN, VAPORIZER, HEAT EXCHANGE.

Історія відкриття водню починається з ранніх експериментів алхіміків у 16 столітті. Вони помітили, що при взаємодії металів з кислотами виділяється легкозаймистий газ. Одним із перших, хто зафіксував цей процес, був Парацельс, який спостерігав виділення газу при розчиненні заліза в сірчаній кислоті [1].

У 1671 році Роберт Бойль, відомий англійський хімік, також проводив експерименти з металами та кислотами, отримуючи водень, хоча тоді він ще не був визнаний окремим елементом [2]. Лише в 1766 році Генрі Кавендіш, англійський вчений, вперше ідентифікував водень як окрему речовину. Він назвав його "горючим повітрям" через його здатність горіти [3]

Кавендіш також виявив, що при згорянні водню утворюється вода, що стало важливим відкриттям для хімії. Це відкриття підтвердив Антуан Лавуазьє, який у 1783 році провів експерименти, що показали, що вода

складається з водню та кисню [4]. Лавуазьє дав водню його сучасну назву, що походить від грецьких слів "hydro" (вода) та "genes" (утворювати).

У 19 столітті водень почали використовувати в різних галузях, включаючи виробництво повітряних куль та як охолоджувач у турбогенераторах. Відкриття ізотопів водню, таких як дейтерій та тритій, розширило його застосування в науці та промисловості [1]

Водень відіграє важливу роль у сучасному житті завдяки своїм унікальним властивостям як чистого джерела енергії. Він використовується в різних галузях, включаючи виробництво аміаку, нафтопереробку та як паливо для транспортних засобів. Водень допомагає зменшити викиди парникових газів і сприяє переходу до відновлюваних джерел енергії. Отримання водню є надзвичайно важливим для забезпечення сталого розвитку та збереження навколишнього середовища.[6]

Одним із методів видобутку водню є використання багатокорпусного випарного апарата (Рисунок 1). Ця технологія дозволяє ефективно отримувати водень, використовуючи менше енергії та ресурсів, що робить процес більш екологічно чистим і економічно вигідним.

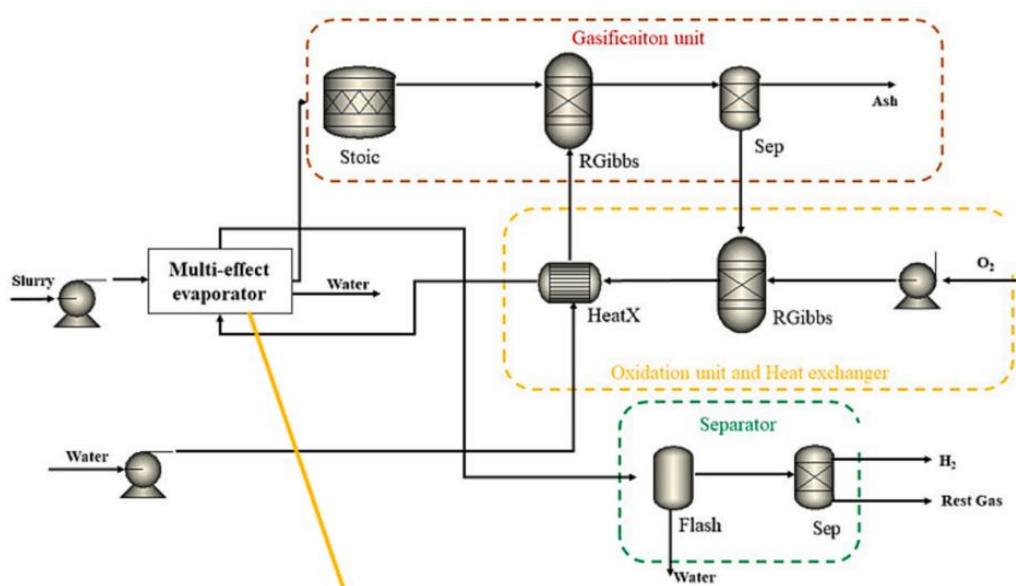


Рисунок .1 – Технологічна схема установки виробництва водню

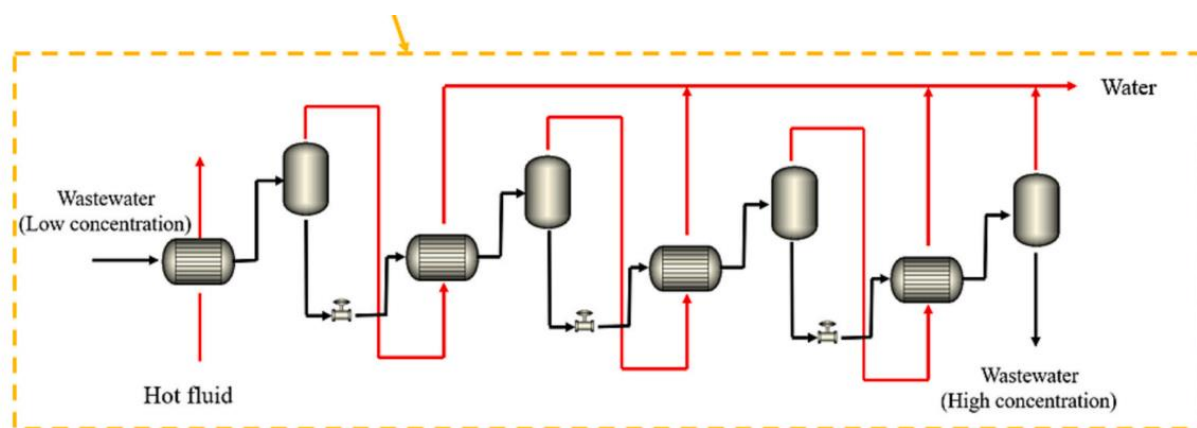


Рисунок 2 – технологічна схема високофектного випарного апарата для концентрування сировини

У цій системі сировина піддається тиску, і направляється до багатоефектного випарника (Рисунок 2) для концентрування сировини. Тепло, необхідне для багатоефектного випарника, забезпечується гарячою рідиною з теплообмінника. Після теплообміну з багатоефектним випарником рідина потрапляє в блок розділення. Кожен ефект моделюється за допомогою модуля флеш-випарника та модуля теплообмінника. Випарена пара з попереднього ефекту використовується для випаровування сировини наступного ефекту [5].

Потім подається в газифікаційний блок. Газифікаційний блок моделюється трьома модулями: стехіометричним реактором, реактором Гіббса та модулем сепаратора. Стехіометричний реактор і реактор Гіббса використовуються для моделювання ідеального процесу газифікації в умовах хімічної рівноваги. Цей метод широко використовувався для моделювання процесів надкритичної газифікації води. Модуль сепаратора відокремлює незначні елементи (Cl, N, S і золу), які, як повідомляється, осідають у тверду золу [5].

Після відділення золи гаряча рідина, утворена в результаті реакції сировини та води в газифікаційному блоці, надходить у блок окислення і проходить через O₂. Блок окислення моделюється як реактор Гіббса. Гаряча

рідина додатково нагрівається за рахунок окислення горючого газу і надходить у теплообмінник. У теплообміннику відбувається теплообмін між гарячою рідиною та попередньо нагрітою водою, що призводить до підвищення температури попередньо нагрітої води до рівня, придатного для входу в газифікаційний реактор. Після цього гаряча рідина надходить у охолоджувач для подальшого охолодження. Після зниження тиску та температури ця рідина надходить у газорідинний сепаратор (модуль флеш-випарника) та сепаратор водню (модуль сепаратора) для розділення води, водню та залишкового газу[5].

Модернізація багатокорпусного випарного апарата в установках виробництва водню є важливою через підвищення ефективності процесу випарювання, що дозволяє зменшити енергетичні витрати та підвищити продуктивність. Сучасні технології дозволяють оптимізувати теплообмін і знизити втрати тепла, що сприяє економії ресурсів і зменшенню впливу на навколишнє середовище. Крім того, модернізація може включати впровадження автоматизованих систем контролю та управління, що підвищує надійність і безпеку експлуатації обладнання [7].

Перелік посилань:

- 1) [Hydrogen - Wikipedia](#);
- 2) [Henry Cavendish and The Revolutionary Discovery of Hydrogen](#);
- 3) [It's Elemental - The Element Hydrogen](#);
- 4) [The Historical Journey of Hydrogen](#);
- 5) [Thermodynamic and environmental analysis of an integrated multi-effect evaporation and organic wastewater supercritical water gasification system for hydrogen production](#);
- 6) [Водень – енергоносіє майбутнього: все про виробництво, використання та безпеку. Частина 1 | «Журнал головного енергетика»](#)

7) [ВИПАРНІ УСТАНОВКИ. - ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА: ПРОЦЕСИ І АПАРАТИ ЗАХИСТУ ГІДРОСФЕРИ - Підручники для студентів онлайн](#)

UDC 661.72

**MODERNIZATION OF ETHANOL PRODUCTION FACILITY WITH
DEVELOPMENT OF RECTIFICATION COLUMN**

student Sviatoslav Hnidenko, Ph.D., Assoc. Andrii Stepaniuk

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ANNOTATION. The use of ethanol in the chemical industry is described and characterized, and the technological scheme of its production is given. Description of the distillation column.

KEY WORDS: ETHANOL, PURPOSE OF ETHANOL, TECHNOLOGICAL SCHEME, COLUMNS, RECTIFICATION, RECTIFICATION COLUMN.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ З
РОЗРОБКОЮ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ**

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ. Описано і охарактеризовано використання етанолу у хімічній промисловості та наведено технологічну схему його виробництва. Опис ректифікаційної колони.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕТАНОЛ, ПРИЗНАЧЕННЯ ЕТАНОЛУ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, КОЛОНИ, РЕКТИФІКАЦІЯ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА.

Ethanol (ethyl alcohol,) is widely used in the chemical industry due to its properties and versatility. C_2H_5OH . In a simplified way, the following definition can be given: ethanol is a colorless, transparent, volatile, flammable hygroscopic liquid

containing from 96.6% v/v to 95.1% v/v C_2H_5OH and water; has a characteristic smell and burning taste [1].

According to its pharmacological properties, it belongs to narcotic substances derived from the fatty series. When used internally in the human body, it is quickly absorbed and, like ether and chloroform, first causes excitement, and then suppresses the vitality of all organs, including the brain. With frequent use, it causes addiction (alcoholism) and is not recommended for use because it leads to fatal consequences at high doses in the body [1].

Or another definition: Ethanol is an organic substance, a monoatomic alcohol, a product of natural fermentation of organic matter, which is in demand in a number of areas of production. It is also known by the following names: ethyl alcohol, alcohol, methylcarbinol and wine alcohol [2].

Physical properties:

- has the properties of a highly effective solvent;
- mixes with many organic and inorganic substances;
- the boiling point of the reactant is $\pm 79^\circ C$
- it is noticeably lighter than water and vegetable oil, when it is in an open container, it evaporates abundantly, spreading a characteristic alcohol smell into the air;
- vapors of the substance are also combustible, form vapor-air mixtures with atmospheric air, highly flammable, the combustion of which at certain concentrations can be compared with an explosive effect [2].

Chemical properties:

- the substance belongs to the group of chemically active reagents, has similar properties to the classes of acids, but expressed in a somewhat less bright quality;

- interacts with representatives of the group of alkaline earth metals. As a result of the interaction, ethylate is formed (chemical compounds that are structurally similar to classical salts);
- under certain conditions, it reacts with carboxylic acids, forming esters during this interaction;
- oxidizes to oxalic acid, acetaldehyde and acetic acid;
- reacts with sulfuric acid (in its concentrated form), at the same time, when the temperature of the reaction conditions increases, diethyl ether is formed [2].120°C

Fields of application:

- is an active component of various alcoholic beverages (vodka, gin, wine, beer, in particular, and non-alcoholic, albeit in small quantities...);
- can be used to dissolve food flavorings, as a preservative for bakery and confectionery products. Known as food additive E1510;
- fuel and fuel, alcohol thermometer filler and disinfectant/disinfectant component;
- the use of alcohol with other mixtures for automotive products, such as: cooling antifreeze fluids and glass washing agents;
- solvent for the paint industry and in the production of household chemicals and other purposes;
- use for medical purposes: defoamer during oxygen supply, artificial lung ventilation, etc. [3].

Production of ethyl alcohol[4].

Ethanol production is one of the oldest biotechnologies. The biochemistry of alcoholic fermentation is well studied. The energy of the substrate in the fermentation process is distributed as follows: 90% goes into ethanol and 5% into biomass and heat. Alcoholic fermentation is carried out by yeast-saccharomyces (*Saccharomyces cerevisiae*, *S. rosei*), some mycelial fungi (*Aspergillus oryzae*), bacteria (*Zymomonas*

mobilis, *Z. anaerobia*, *Sarcina ventricula*, *Ervinia amylovora*, *Clostridium thermocellum*). However, only yeast is used as producers in alcohol production.

Raw materials for alcohol production:

- starch-containing raw materials - grain (rye, wheat, corn, barley, oats, millet);
- potato;
- molasses (sugar industry waste),
- malt, malted milk;
- mash;
- wood hydrolyzate.

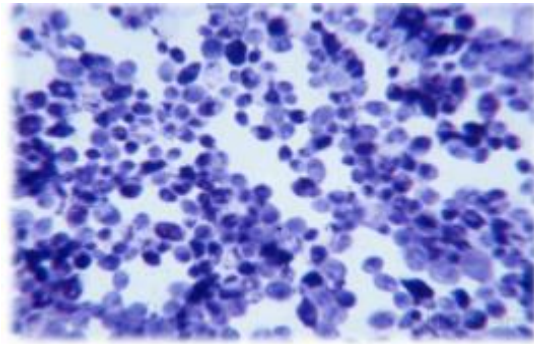
There are several technologies for obtaining ethanol. The production of alcohol includes a number of stages.

First, the raw materials are crushed and boiled in order to hydrolyze the starch. Since starch is not fermented by yeast (they lack amylase), the boiled mass is treated with amylolytic enzymes of malt or microorganisms (*Aspergillus niger*, *A. oryzae*, *Bacillus subtilis*, *B. amylolitica*). In recent years, ready-made amylase enzyme preparations have been used.

The mixture sweetened in this way contains carbohydrates (maltose, glucose, dextrans). In addition, it contains peptides, amino acids, organophosphorus compounds, mineral salts, trace elements.

The next stage is the fermentation of the sugared mass. For this purpose, pure yeast cultures are used, which are grown in special yeast departments. To suppress the development of bacteria in them, the fermentation mixture, cooled to , is acidified with sulfate water to pH 3.8-4.0.30°C

Producers are yeast *Saccharomyces cerevisiae* race XII (Figure 1). Fructose, sucrose, maltose ferment well, raffinose and galactose are somewhat weaker (accumulate up to 11% alcohol in the medium).



Saccharomyces cerevisiae

Figure 1 – Microscopic image of a pure culture *Saccharomyces cerevisiae*

Requirements for yeast-producers:

- they must have high fermentation activity;
- quickly and completely ferment sugars;
- use other components of the environment in anaerobic conditions;
- be resistant to the products of their metabolism (especially alcohol);
- good at resisting infection.

You can increase ethanol production in the following ways:

1) use continuous fermentation instead of batch fermentation. This increases system performance by 2 times. Ethanol yield increases with the use of flocculating yeast races, biomass recirculation and cell immobilization;

2) carrying out vacuum fermentation at a dilution of 32-35 mm Hg. Art. to remove ethanol;

3) implementation of flash fermentation, in which part of the culture liquid periodically enters a vacuum chamber to remove ethanol;

4) selection of ethanol-tolerant strains of microorganisms capable of producing high concentrations of ethanol.

The economic advantages of ethanol production depend on a number of conditions: the structure of agricultural crops, the cost of raw materials; capital investments for the construction of factories; price policy. Landlocked countries are interested in replacing oil with other types of fuel.

The physical essence and principle of the rectification process [5].

The use of multiple distillation processes is energetically unprofitable and does not allow separating even binary solutions into practically pure individual components. More modern, in many respects, is the method of multiple distillation in one apparatus, which has received the name of rectification.

Rectification, as a method of separating complex solutions into almost pure individual components, is based on the processes of partial evaporation of liquid mixtures of different composition and partial or full condensation of steam. These processes are repeatedly repeated on contact devices by means of counterflow and repeated contacting of vapor and liquid phases of non-equilibrium composition.

The essence of the processes that make up the rectification, and the results that are obtained at the same time, can be followed with the help of a diagram (Figure 2). $t - X - Y$

By heating the initial mixture of the composition to the boiling point, we will obtain steam that is in equilibrium with the liquid (point b). X_1

As a result of the selection and condensation of this steam, we obtain a liquid composition enriched with a low-boiling component (LC). After heating this liquid to the boiling point, we will obtain steam (point d), the condensation of which gives a liquid with an even higher content of NC, and has the composition. By conducting a series of liquid evaporation and vapor condensation processes in this way, a liquid (distillate) can be obtained, which is almost pure NC. $X_2 (X_2 > X_1) t_2 X_3$.

Similarly, starting from the vapor phase, which corresponds to the composition of the liquid, by carrying out a series of successive processes of condensation and evaporation, it is possible to obtain a liquid (residue), which consists almost entirely of the high-boiling component (VKK) X_4 .

Thus, the physical essence of the rectification process is based on the repeated interaction of the vapor and liquid phases of non-equilibrium concentrations, as a result of which processes of condensation and evaporation of phases occur on the

contact devices, as well as thermodiffusion mass exchange of substances between the interacting phases.

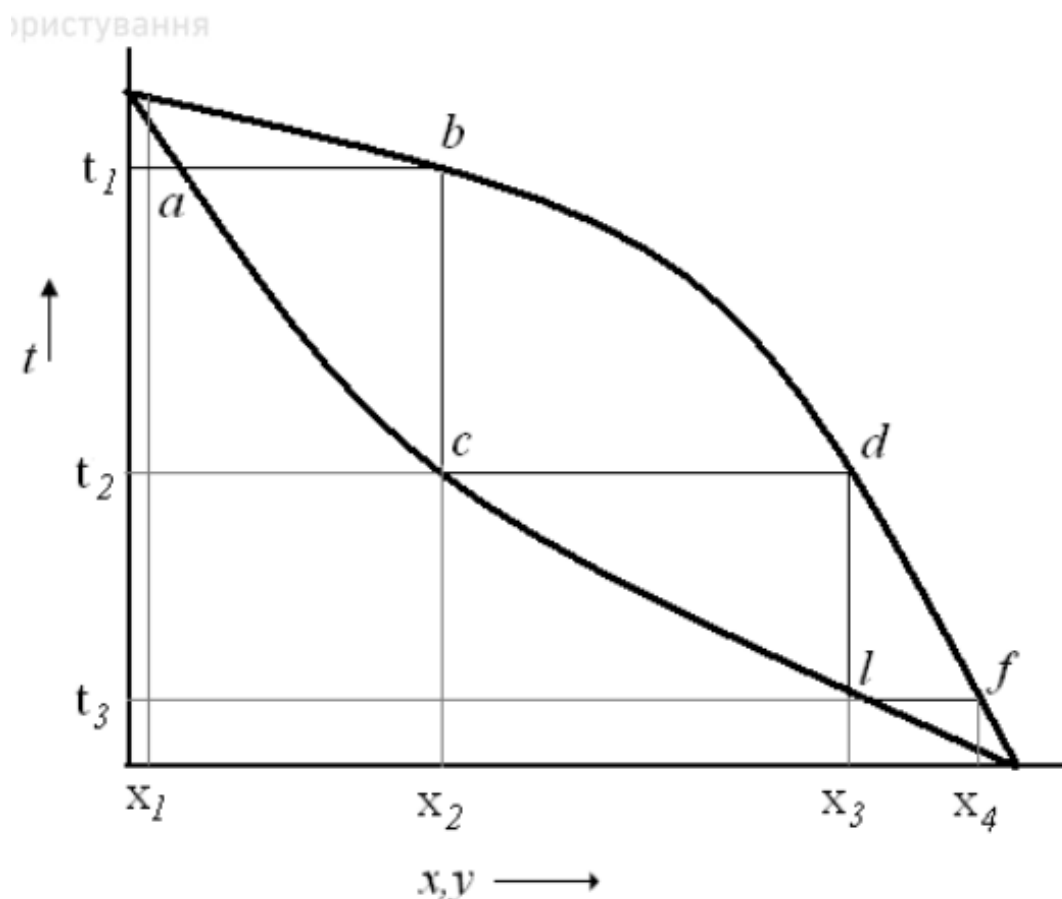


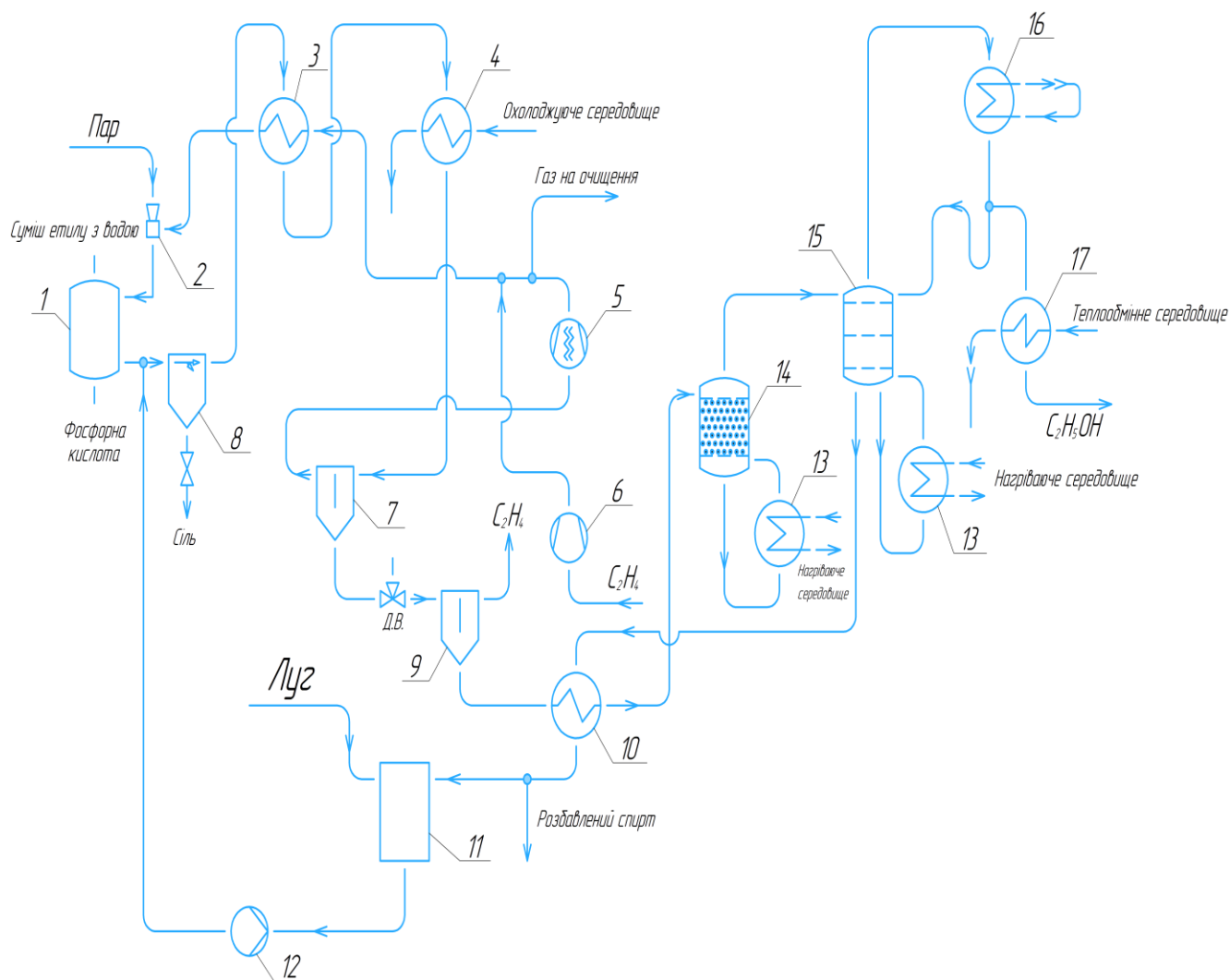
Figure 2 – Diagrammatic representation of the process of separation of a binary mixture by rectification $t - X - Y$

Figure 3 shows a simplified technological scheme for obtaining ethyl alcohol by direct hydration of ethylene. A mixture of ethylene and water vapor is fed into the contact apparatus 1 under a pressure of about 80 atmospheres. The optimal molar ratio of water vapor and ethylene when using phosphoric acid as a catalyst on an asbestos carrier ranges from (0.6-0.7):1.

Output ethylene from the hydrocarbon gas separation plant is pumped into the system by compressor 6, circulating ethylene by compressor 5. Both streams of ethylene are mixed in a tee; the gas mixture is heated to in the heat exchanger 3 by the reaction products coming out of the contact apparatus 1. Next, the gas is mixed in

the injector 2 with superheated water vapor. The temperature of the process is maintained within; the vapor-gas mixture enters the contact apparatus at approximately the same temperature. 220 – 230°C 280 – 300°C.

The technological scheme of ethanol production is shown in Figure 3 [6].



1 – contact device (hydrator); 2 – steam injector; 3 – heat exchanger-recuperator; 4, 17 - refrigerators - condensers; 5 – circulation compressor; 6 – compressor; 7 – high pressure separator; 8 – salt separator; 9 – low pressure separator; 10 – heat exchanger; 11 – collector for alkali solution; 12 – high pressure pump; 13 – boiler; 14 – evaporation column; 15 – rectification column; 16 – dephlegmator; 17 – heat exchanger; D.V. – throttle valve

Figure 3 – Scheme of production of ethyl alcohol by direct hydration of ethylene

The synthesis products carry out a small amount of phosphoric acid from the contact apparatus, which at later stages of the process can cause a corrosive effect on the equipment and pipelines. To avoid this, the acid contained in the synthesis products is neutralized with alkali, which is supplied from the tank 11 by the high-pressure pump 12 to the tee located on the pipeline near the contactor. After passing through the salt separation 8, the synthesis products are cooled in the heat exchanger-recuperator 3 and the refrigerator-condenser 4, where condensation of water vapor and alcohol takes place.

Separation of non-condensed ethylene from the liquid is carried out in the high-pressure separator 7.

For a more complete release of ethylene from liquid drops and splashes, plates are installed in the separator, which dramatically change the speed and direction of the gas flow. Ethylene in the upper part of the separator enters the suction pipeline of the circulation compressor 5 (see Fig. 3) and is again sent to the tee for mixing with fresh ethylene.

The concentration of ethylene in the circulating gas is maintained by at least 80-85 vol. %. In order to prevent the dilution of recycled ethylene with inert gases, part of the circulating gas is continuously taken from the discharge pipeline of the compressor 5 and directed to the hydrocarbon gas separation plant for cleaning.

Instead of extracted gas, fresh ethylene is supplied to the system. Diluted alcohol (15-16 vol. %) flows from the lower part of the high-pressure separator 7, which enters the low-pressure separator 9 through the throttle valve.

Due to the decrease in pressure, dissolved ethylene is released from the liquid, which is sent to the suction pipeline of the compressor 4 or to the hydrocarbon gas separation plant.

Aqueous solution of alcohol enters for concentration. In the heat exchanger 10, the solution is heated by the cubic liquid from the rectification column 15 and sent to the evaporation column 14. The cubic liquid from this column is a phosphate solution

formed as a result of the neutralization of phosphoric acid with alkali. Vapors from the upper part of the evaporation column 14 enter the rectification column 15. The distillate of the rectification column - concentrated ethyl alcohol - is a commercial product of this production.

The cubic liquid is used in the heat exchanger 10 to heat the diluted alcohol and partly to dissolve the alkali in the collector 11. After all the necessary processes, the ethyl alcohol with a small concentration of water enters the heat exchanger 17, where the device removes the remaining heat, reducing the risk of volatility and evaporation of the substance.

Application of the rectification column in the alcohol industry [7].

Rectification column (or rectification column apparatus) – this unit is used in distillation, in the processes of extractive rectification, extraction of liquids, heat transfer from steam to liquid, and vice versa, as well as in similar manipulations.

The column is a tall tube that comes from the distillation cube. The hot steam rises and cools slowly. Then the formed condensate flows down. During this movement, the condensate is heated again and turns into steam. This steam contains ethyl alcohol. Through the outlet tube, alcohol in the form of steam enters the refrigerator and flows as a liquid into the tank in the form of purified moonshine.

Its main application in the production of alcohol is to purify the alcohol product from impurities, which allows obtaining high-quality alcohol with an ethanol content of up to 96-97%.

An important part of the column during the rectification of moonshine is various nozzles. These are its internal elements, most of which are loose. The simplest and most standard type of nozzle is considered to be the washcloths for washing and cleaning dishes, which are made of metal. To do this, it is enough to find a magnet that immediately reacts to the metal.

The difference between a moonshine machine and a distillation column is that moonshine is based on a simple distillation method. The liquid is heated, steam is

formed, which then condenses into alcohol. The alcohol vapor rises into the cooler, where it turns into a liquid. At the end of distillation, the concentration of alcohol is usually 40–60% alcohol. Using a column, the principle of which is based on multiple rectification without disassembly of the device itself for cleaning from organic residues.

Multi-stage distillation, where alcohol vapors pass through several levels of the column (usually two or more), allows you to separate the components at boiling temperatures and obtain almost pure alcohol (ethanol), without a significant amount of impurities and without the aroma of the raw material. The alcohol concentration is already 95-96% alcohol. After that, the alcoholic substance can be used in the field of liquor and vodka production, pharmaceuticals and for many other needs. Therefore, when choosing between two devices, you need to take into account the production goals for which they will be used. In our case, it is advisable to choose a rectification column for more concentrated and pure ethanol production.

Modern distillation columns have quite a lot of advantages, thanks to which they are chosen, but each device has its pros and cons.

Among the advantages are noted:

- High separation efficiency;
- The possibility of repeated use depending on its setting for certain mixtures;
- Energy saving: columns are often equipped with heat recovery systems;
- A wide range of applications: used in oil refining and for the production of food alcohol.
- Controlled process: automation systems allow precise control of rectification parameters, which ensures stable product quality.

Disadvantages:

- Long distillation process;
- High cost;
- High cost of equipment: manufacturing and installation;

- Energy consumption;
- The need for fine-tuning;
- Complexity of service
- The column of continuous action, as a rule, consists of two parts: the upper - strengthening (concentration) and the lower - exhausting (distillation).
- The initial mixture enters the column heated to the boiling temperature and is fed to the feed plate, which is located in the middle between the lower and upper columns. The steam produced by the boiling of the liquid (usually water) rises up the column and comes into contact with the substance flowing from the top to the bottom. During the movement of steam from the lower part of the column to the upper part, a process of gradual enrichment of the vapor phase with a low-boiling component occurs.

The scheme of the rectification column is shown in Figure 4.

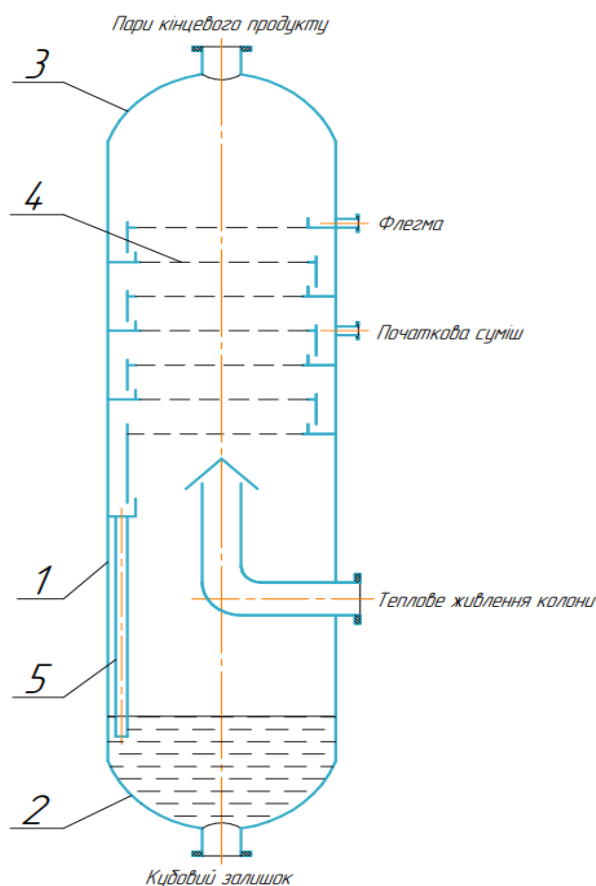
Highly concentrated alcohol with a small amount of water is removed from the top of the column. The alcohol condensate obtained as a result of condensation is partially removed as a finished product - distillate, and partially pure alcohol with water impurities is fed to the upper plate of the column in the form of phlegm.

The supply of phlegm to the upper plate of the column ensures the constancy of the composition of the phases interacting on the contact elements of the upper column in the column. When phlegm flows from plate to plate from top to bottom, the liquid is depleted of the low-boiling component and enriched with the high-boiling component.

On the feeding plate, the concentrations of the substance in the phases equal to the concentrations of the initial mixture are achieved.

In the lower cubic part of the column, the process of extracting the cubic residue takes place, which can be heated and reused for the thermal power of the column. This process takes place due to the heat and mass exchange between flows of flowing liquid and steam, which is formed in the lower part of the column during the

evaporation of the liquid and rises up. The vapors formed are fed under the lower plate of the distillation part of the column, contact with the liquid flowing from above, while the liquid boils on the plate and creates an upward flow of steam, respectively, in a concentration at the boiling temperature of the liquid on the plate.



1 – column; 2 – cube (bottom); 3 – cover; 4 – plate; 5 – condensate removal system

Figure 4 – Scheme of a plate-type rectification column [8].

After separating the alcohol from various impurities, the alcohol passes through a heat exchanger, where it gives part of the temperature to the walls and is cooled for further use [9].

List of links

1. <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/607/spirt-etilovij> from 09.10.24

2. <https://him-element.com.ua/uk/news/75?srsId=AfmBOoryYQWmLAOufivdiGKnL6lkdA0ZFFfjO1INDrPjpBuZAx0pCZcM> from 09.10.24
3. <https://www.systopt.com.ua/article-proyzvodstvo-yetylovogo-spyrta?srsId=AfmBOoohYg1ekEvwSjqIdbkoXgcl1KGgHqu5zpzLe6iR5xi5YU7HoM8T> from 09.10.24
4. https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/1101462/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F_13-14_%D0%95%D1%82%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%BF%D0%B8%D1%80%D1%82_%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B8.pdf from 10.10.24
5. <https://ep3.nuwm.edu.ua/1175/1/077-132.pdf> from 15.10.24
6. Yukelson I.I. Technology of basic organic synthesis, M., Publishing House "Khimiya", 1968 - 848 st.
7. <https://autoclav.com.ua/ua/blog/rektifikacionnaya-kolonna-rabota/> from 15.10.24
8. https://ci.kpi.ua/METODA/New_book/%D0%9F%D0%9E%D0%A1%D0%86%D0%91%D0%9D%D0%98%D0%9A_%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8_%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D0%BA%D0%B8_%D0%B2%D0%B0%D1%80_1_%D0%9F%D1%96%D1%81%D0%BB%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D1%86%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D1%96%D0%B9_%D0%B2%D0%B0%D1%80_1.pdf from 23.10.24
9. <https://ep3.nuwm.edu.ua/2649/1/05-06-20.pdf> from 23.10.24

UDC661.72

**MODERNIZATION OF THE METHANOL PRODUCTION FACILITY WITH
THE DEVELOPMENT OF A HEAT EXCHANGER**

student Glyb Stepura, associate professor, Ph.D. Andrii Stepaniuk

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ANNOTATION:The use of methanol in the chemical industry is described and characterized.

KEY WORDS: METHANOL, METHANOL CHEMICAL INDUSTRY, METHANOL USE.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МЕТАНОЛУ З
РОЗРОБКОЮ ТЕПЛОБМІННИКА**

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: Описано і характеризувано використання метанолу в хімічній промисловості.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕТАНОЛ, МЕТАНОЛ ХІМІЧНА ПРОМИСЛОВІСТЬ, МЕТАНОЛ ВИКОРИСТАННЯ.

Methanol, the simplest monoatomic alcohol (CH_3OH) is a highly toxic substance. It is widely used in a number of industries [1] CH_3OH .

Methyl alcohol is one of the most important products produced by the chemical industry. One of the most important properties of methanol is that it is a high-quality and effective solvent for a large group of chemicals. Under normal conditions, methyl alcohol has the following characteristics: a colorless, volatile, flammable liquid, sometimes with an odor that resembles the smell of ethyl [2].

The largest amount of methanol goes to the production of formaldehyde, which is used to make urea, melamine and phenol-formaldehyde resins.

One of the areas of use is a solvent component of paint and varnish materials [1]. It is widely used in laboratory practice as a solvent for carrying out reactions with polar organic substances, as a solvent for chromatographic separation and as a reagent for obtaining methyl esters of acids, widely used as a fuel for high-pressure internal combustion engines[2]. Methyl alcohol is also used as a denaturant for ethanol [3].

Possibilities of using methanol as a fuel [5].

Methanol is promising in that after the depletion of oil reserves, it can become a raw material for the synthesis of almost the entire range of products that modern petrochemicals provide.

The wide possibilities of using methanol are due, in particular, to the relative simplicity of its production, the variety of sources of raw materials (synthesis gas for the production of methanol can be obtained by processing natural gas, coal, heavy residual oil fractions, and waste from various industries).

The demand for methanol will increase due to the fact that in recent years new developments using methanol as a fuel in so-called fuel cells have appeared. In January 2001, the world's second largest manufacturer of mobile phones - the Motorola company - announced a discovery made by scientists in the company's laboratory and the National Laboratory in Los Alamos (USA).

A miniature battery has been developed that can replace all existing traditional batteries in laptops, cell phones and other devices. The new miniature cells use methanol. When methanol interacts with air oxygen, electricity is produced. A mixture of platinum and ruthenium is usually used as a catalyst in the methanol element of the direct reaction.

The unlimited solubility of methanol in water (water in methanol), very low solidification temperatures of pure methanol and its aqueous solutions, in particular,

at a methanol concentration of more than 50% by mass, led to its use in the oil and gas complex as the most effective hydration inhibitor in the extraction and transportation of natural gas

When using methanol as a fuel in internal combustion engines, the toxicity of exhaust gases decreases, compared to the use of gasoline on average: in terms of CO content - 4.4 times; for NO_x – 11 times; unburned hydrocarbons - by 10%.

The use of 100% methanol as an independent fuel is limited by its high toxicity, lower lubricating properties, and greater aggressiveness to engine construction materials, compared to petroleum fuels. Therefore, it is currently proposed to use gasoline-methanol mixtures (BMS) BMS-5 and BMS-15 with a methanol content of 5 and 15% by weight.

Currently, the most common raw materials for the synthesis of methanol are natural gas and refinery gases, which are subjected to steam, steam-oxygen or steam-oxygen-carbon dioxide conversion of methane and its homologues in order to obtain process gas for the synthesis of methanol: mixtures ($\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2$)

Historically, the first methanol synthesis installations (Severodonetsk VO "Azot", 1951) worked under a high pressure of 25 MPa on a zinc-chromium catalyst. Modern multiton schemes work under an average tower pressure of 5 to 9 MPa on a copper-zinc-chromium catalyst.

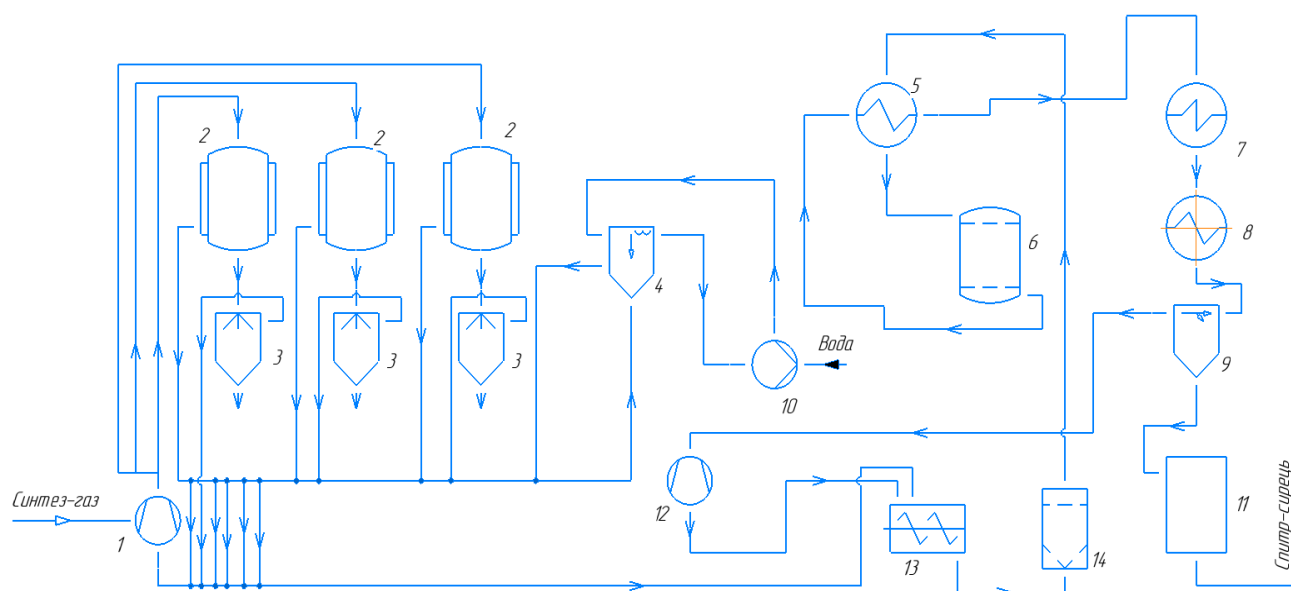
Current status of methanol production [6].

Several methods of obtaining methanol are known: dry distillation of wood and lignin, thermal decomposition of formic acid salts, synthesis from methane through methyl chloride followed by saponification, underoxidation of methane and production from synthesis gas. Initially, the method of obtaining methanol by dry distillation of wood was mastered in industry, but later it lost its industrial significance. The modern production of methanol from carbon monoxide and hydrogen was first carried out in Germany by the BASF company in 1923. The process was carried out under a pressure of 10 to 35 MPa on a zinc chromium

catalyst ($\text{ZnO}/\text{Cr}_2\text{O}_3$) at a temperature of 320 to 450 °C. Subsequently, the synthesis of methanol on copper-containing catalysts promoted by zinc, chromium, etc., at 200 to 300 °C and pressure from 5 to 10 MPa, developed in England, became widespread. The modern industrial production method is synthesis from carbon dioxide (II) and hydrogen on a copper-zinc oxide catalyst at a temperature of 250 °C and a pressure of 7 MPa.

Description of the technological scheme of methanol production [7].

The scheme for the synthesis of methyl alcohol is shown in Fig. 1.



- 1- compressor; 2 – gas refrigerators; 3 – water separator; 4 – scrubber;
5 – high pressure heat exchanger; 6 – synthesis column; 7 – refrigerator-condenser;
8 – heat exchanger; 9 – separator; 10 – motor-pump-turbine unit; 11 – collection of raw alcohol; 12 – circulation compressor; 13 – mixer of fresh and circulation gas;
14 – carbon filter.

Fig. 1. Technological scheme of methanol production:

The gas mixture is compressed by a multi-stage compressor 1 to a pressure of 200 to 350 atm (the degree of gas compression at each stage of the compressor is 3). Moving from stage to stage, the compressed gas is cooled in intermediate water coolers 2 to the temperature which he had at the entrance to this section of

compression. After each refrigerator, gas is separated in water separators 3 from the moisture condensed during cooling. Periodically, every 30-60 minutes, the water separators are blown with the same gas for a few seconds to remove moisture, because when the separators are filled with liquid, the normal operation of the compressor is disturbed. From the third stage of the compressor, the gas under a pressure of 27 atm goes to the nozzles of the scrubber 4, which is irrigated with water. In the scrubber, the gas is washed from carbon dioxide, which dissolves well in water under pressure. Water for irrigation of the scrubber is supplied from the water supply network by a centrifugal pump connected by elastic couplings on one side to the electric motor and on the other to the hydraulic turbine. Such a unit is called: motor-pump-turbine. The water pressure created by the pump exceeds the gas pressure in the scrubber by 2-4 atm: the water saturated with carbon dioxide flowing out from the lower part of the scrubber enters the turbine blades and causes them to rotate: the water pressure in the turbine drops to almost atmospheric. Thus, the energy of water throttling is used to rotate the centrifugal pump shaft; insufficient power is compensated by the operation of the electric motor. Using the energy of the water flowing out of the scrubber allows you to significantly (by 30% or more) save the cost of electricity for supplying water to the scrubber 4.

The gas purified from carbon dioxide is compressed in the fourth and fifth stages of the compressor and under a pressure of 243 atm enters the mixer 13, where it is mixed with the return (circulation) gas, pumped by the compressor 12. Then the gas mixture is purified in the filter 14, filled with activated carbon, from iron pentacarbonyl $\text{Fe}(\text{CO})_5$.

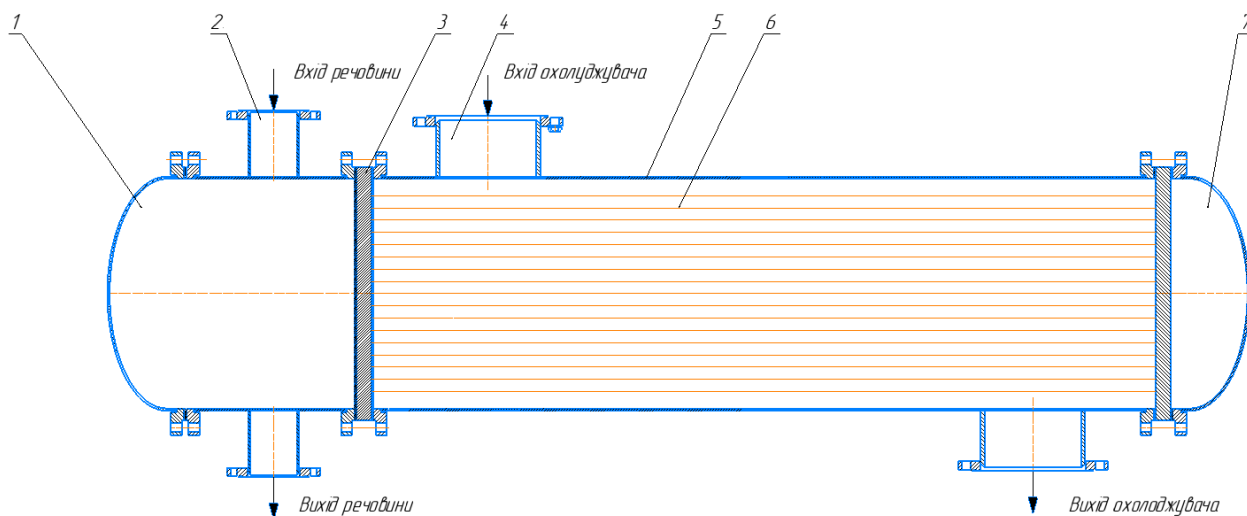
The gas, purified from At this temperature, the gas mixture enters the synthesis column 6. $\text{Fe}(\text{CO})_5$

The reaction of methanol formation proceeds with the release of heat (26.5 kcal/mol), therefore, to maintain the temperature in the contact zone within 400 - 420° C, cold gas is introduced into this zone.

The contact gases from the synthesis column are cooled to 80-100 °C in the high-pressure heat exchanger 5, after which the substance enters the heat exchanger-condenser 7, and then cools down to 30 °C in the heat exchanger-refrigerator 8. Here, alcohol vapors condense; the liquid (crude alcohol) is separated from the gases in the separator 9, and the gases are pumped into the mixer 13 by the circulation compressor 12. The crude alcohol flows into the collector 11. A throttle valve is installed on the pipeline between the separator and the collector, which reduces the pressure of the liquid to atmospheric pressure. When the pressure is reduced, the alcohol entering the collector is separated from the gases that were dissolved in it under pressure. Next, the raw alcohol goes to purification and rectification.

Selection of the type and design of the device [8], [9].

The design scheme of the shell-and-tube refrigerator is shown in Fig. 2.



1 – distribution chamber; 2 – flanges of the substance; 3 – pipe grid; 4 – cooler flanges; 5 - body; 6 - tubule; 7 – cover.

Рис. 2. Design scheme of a shell-and-tube refrigerator

Installation of a shell-and-tube heat exchanger solves the following tasks:

1. It has improved thermodynamic characteristics, thanks to which heating or heat utilization occurs faster than in other types of heat exchangers.

2. It has a large range of operating parameters, thanks to which it is easy to adapt it to various technological processes and types of environments. Shell and tube heat exchangers are less picky about the quality of liquids involved in the heat exchange process.

3. The reliable design of the shell-and-tube heat exchanger makes it immune to hydraulic shocks and temperature changes.

Advantages:

- Ability to work with contaminated environments
- Good efficiency and wear resistance
- Proven design that provides reliability and durability of the device

Disadvantages:

- Large dimensions of the device
- High cost

List of links:

1. <https://masma.org.ua/2023/04/03/strong-normatyvno-pravovi-zasady-zastosuvannya-metanolu-yak-komponentu-benzyniv-motornykh-avtomobilnykh-strong/> from 09.10.24
2. [Methanol production - methanol and formaldehyde production technology](#) from 09.10.24
3. [Methanol - Wikipedia](#) from 09.10.24
4. [ChemElement | Methyl alcohol \(methanol\) formula, characteristics and](#) from 09.10.24
5. [*content \(kpi.ua\)](#) from 09.10.24
6. [*14.pdf \(chdtu.edu.ua\)](#) from 09.10.24
7. Ilya Isaevich Yukelson. TECHNOLOGY OF BASIC ORGANIC SYNTHESIS. M., "Khimiya" publishing house, 1968. 848 pages.

8. https://te.kpi.ua/metod/%D0%9A%D0%BE%D0%B6%D1%83%D1%85%D0%BE%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B1.%20%D0%A2%D0%9E%20_%D0%9A%D0%9F.pdf from 23.10.24
9. [Shell and tube heat exchanger: classification and features of the device vseznaiko.com.ua | Useful articles and tips from Vseznaika](vseznaiko.com.ua | Useful articles and tips from Vseznaika) from 28.10.24

УДК 532.538

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ МЕТОДОМ КОМБІНОВАНОГО КАВІТАЦІЙНОГО ВПЛИВУ

пр.н.с. д.т.н. Іваницький Г. К., с.н.с., к.т.н. Гоженко Л. П., пр.н.с., к.т.н. Целень
Б. Я., с.н.с., к.т.н. Радченко Н. Л., с.н.с., к.т.н. Недбайло А. Є.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Анотація. Представлено дослідження інтенсифікації процесу екстракції біологічно активних речовин (БАР) з рослинної сировини при попередній кавітаційній активації екстрагента. Обґрунтовано використання комбінованого кавітаційного впливу у процесах екстракції. Наведено фізико-хімічні властивості екстракту при застосуванні методу дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) на оброблюване середовище. Встановлено, що вибрана і змодельована конструкція комбінованого гідродинамічного обладнання забезпечує інтенсифікацію вилучення БАР з рослинної сировини.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕКСТРАКЦІЯ, МЕТОД ДІВЕ, КАВІТАЦІЯ, КАВІТАЦІЙНИЙ РЕАКТОР ПУЛЬСАЦІЙНОГО ТИПУ.

Процеси екстракції широко застосовуються у фармацевтичній, харчовій, хімічній галузях промисловості. Від способу інтенсифікації процесу екстракції залежать техніко-економічні показники виробництва. Основне завдання інтенсифікації полягає у ресурсоенергозбереженні при вилученні БАР для одержання якісної продукції для різних комплексів галузей промисловості.

Вирішення завдань дослідження інтенсифікації процесу екстракції досягається за умов підвищення енергоефективності обладнання та збільшення виходу цільових компонентів. У ІТТФ НАН України на основі практичних впроваджень застосування методу ДІВЕ для процесу екстракції проводяться дослідження і розробки обладнання залежно від властивостей сировини та

цільових БАР. Особливу увагу приділено дослідженням попереднього впливу механізмів ДІВЕ на фізико-хімічні властивості екстрагента.

Отримані результати досліджень фізико-хімічних властивостей отриманих екстрактів при періодичній екстракції показали кінетику процесу вилучення цільових компонентів з рослинної сировини залежно від форми подрібнення. Виконано чисельні розрахунки для подальших досліджень безперервної екстракції. Проведені теоретичні дослідження дозволяють вибрати і змоделювати комбіноване гідродинамічне обладнання залежно від заданої продуктивності виробництва. Конструкція вибраного обладнання забезпечує ведення процесу екстракції посиленими ефектами кавітаційних механізмів. За рахунок визначеної геометрії сопла Вентурі і робочої камери у апараті виникають сукупні потужні динамічні ефекти, що збільшують кавітаційний вплив на оброблюване середовище. Потік рідини в комбінованому гідродинамічному обладнанні інтенсивніше досягає періодично змінних швидкостей, що призводить до різкого періодичного знакозмінного тиску і виникнення потужніших кавітаційних ефектів, що в свою чергу інтенсифікує конвективне перенесення цільових БАР на мікро та нанорівні.

На базі проведеного математичного моделювання гідродинамічних процесів у кавітаційному реакторі оптимізовано технологічні параметри і режими екстракції цільових БАР у розробленому обладнанні. Визначено параметри ініціювання кавітаційного кластера, експериментально досліджено вплив імпульсів тиску на фізико-хімічні властивості екстракту в комбінованому гідродинамічному обладнанні. Встановлено, що підвищення інтенсивності тепломасообміну в розробленому комбінованому гідродинамічному обладнанні обумовлене виникненням при різких змінах об'єму нестационарного гідродинамічного стану. На відміну від коливань, що викликані зміною об'єму рідини, високочастотні коливання, що виникають в системі, не поглинаються суцільним середовищем, а дисипують на міжфазній поверхні, зумовлюючи

тривале підвищення тепломасообміну. Це обґрунтовує використання комбінованого кавітаційного впливу методу ДІВЕ для одержання термолабільних цільових БАР. При цьому дозволяє зменшити тривалість процесу і збільшити вихід якісних БАР без додаткових витрат на нагрівання.

UDC 661.727.4

MODERNIZATION OF THE ACETONE PRODUCTION FACILITY

Student Murashov H. I., assistant , Podyman H.S.

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: The technological scheme and apparatus for the production of acetone and phenol are described.

KEY WORDS: ACETONE, TECHNOLOGICAL SCHEME, HEAT EXCHANGER

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТОНУ

Студент Мурашов Г.І., асист., Подиман Г.С.

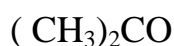
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: Описано технологічна схема та апарат для виробництва ацетону та фенолу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АЦЕТОН, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ТЕПЛООБМІННИК

Acetone (also known as propanone or dimethyl ketone) is an organic compound with the chemical formula



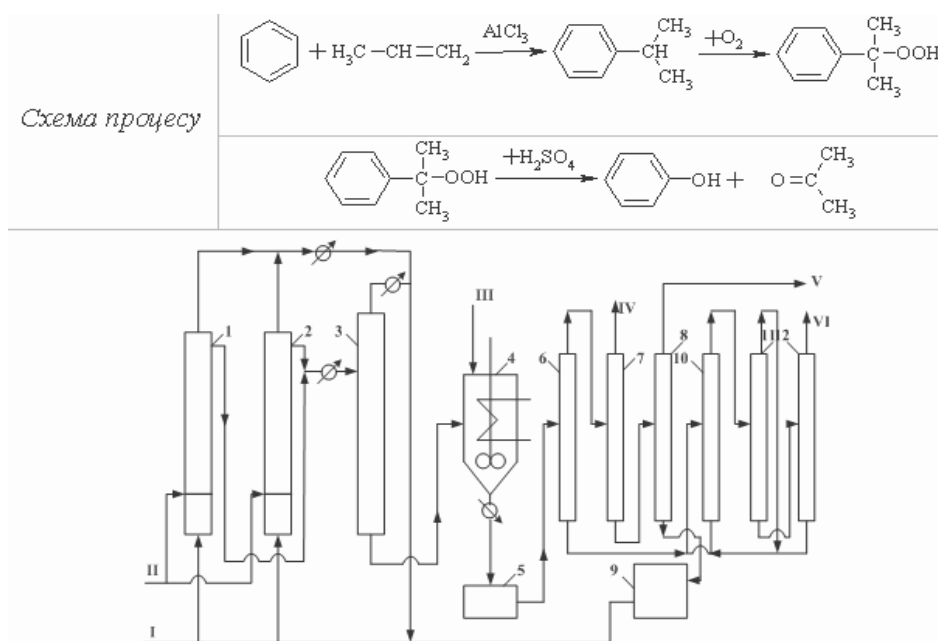
It is the simplest representative of the homologous series of aliphatic ketones.

Main properties:

- Physical state: Colorless volatile liquid with a characteristic odor.
- Boiling point: 56.1°C.
- Melting point: -95°C.
- Density: 0.7899 g/cm³ at 20°C.

Uses: Acetone is widely used as an industrial solvent due to its miscibility with water and many organic solvents. It is used in the production of varnishes, paints, explosives, and medicines and in laboratory practice for washing chemical dishes.

Biological role: Acetone is a product of metabolism in living organisms, including humans. It is formed by breaking down fats and is one of the components of the so-called ketone bodies.



I - isopropylbenzene ; II - air; III – acid catalyst;

IV – easily boiling substances; V – acetone; VI - phenol

1, 2 – oxidation reactors; 3 – concentration column; 4 – hydroperoxide decomposition apparatus ; 5 – washer ; 6-8 – rectification columns;

9 – apparatus for purifying isopropylbenzene ; 10-12 - rectification columns

Fig. 1 - Technological diagram of acetone production

Isopropylbenzene and oxides are removed with air II in two parallel reactors 1 and 2. Hydroperoxide is then concentrated in column 3. Low-boiling substances are returned for oxidation, and the cubic liquid containing 80% hydroperoxide enters apparatus 4, where under the action of acid catalyst III its decomposition is taking

place. The mixture of products is then sent to the separation of the catalyst in apparatus 5. The organic phase is separated in column 6. Crude acetone is separated from above, and phenol is concentrated in the cube. From crude acetone in the rectification column 7, low-boiling substances IV are separated, and in column 8 commercial acetone V and unreacted isopropylbenzene, which is returned to oxidation after purification in apparatus 9. Phenol VI is extracted in rectification columns 10-12. The conversion of isopropylbenzene is 95%. To obtain 1 ton of phenol, it is necessary to consume 1345 kg of cumene, while 600 kg of acetone is formed.

In the column, acetone vapors have a temperature of about 110-130 °C, and for condensation install a refrigerator 16 in which the temperature of the substance decreases to a temperature of 50°C.

The essence of modernization consists of the modernization of shell and tube heat exchangers for the intensification heat exchanger.

References:

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%86%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD> from 11/13/2024
2. <https://vue.gov.ua/%D0%90%D1%86%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD> from 11/13/2024
3. https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebmd/ranskij_organ_himiya_ekolog/4.2.5.html from 11/13/2024
4. Yu. Lastukhin AT. Organic chemistry / Yu. O Lastukhin , S. AND. Voronov. - Lviv: Center of Europe, 2001. - S. 309-340; WITH. 684-709. - ISBN 966-7022-19-6.
5. Shtemenko N.I. Organic chemistry and basics of static biochemistry / Shtemenko N. I., Solomko Z. P., Avramenko V. AND. - Dnipropetrovsk. DNU Publishing House, 2003. - S. 233-266. - ISBN 966-551-117-3.

УДК 53.1, 532.5, 66.06.

ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПЕРЕМІШУВАННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ

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

¹Інститут технічної теплофізики НАН України

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

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

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КАВІТАЦІЯ, ПЕРЕМІШУВАННЯ, ЕМУЛЬГУВАННЯ.

USE OF HYDRODYNAMIC CAVITATION FOR MIXING INTENSIFICATION OF HETEROGENEOUS SYSTEMS

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

¹Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

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

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

KEY WORDS: CAVITATION, MIXING, EMULSIFICATION.

Одним з поширених видів обладнання, яке використовується в технологічних процесах є перемішувачі пристрої, технологічні характеристики

яких визначаються конструктивними особливостями, способом введення енергії в робоче середовище та її розподіленням в перемішуваному об'ємі середовища. Оптимізація технологічних режимів потребує дослідження гідродинамічних процесів, що перебігають в перемішувачах і пошук нових способів підвищення їх ефективності.

Одним з таких способів є використання апаратів з перемішувачами пристроями, що мають підвищені, порівняно з практично використовуваними, робочі оберти. Використання швидкохідних пристроїв дозволить зменшити їх габарити, масу, збільшити вихід і якість цільового продукту, а також підвищити ефективність перемішувачів за рахунок використання енергії ударних хвиль, локальних тисків і температур.

Метою роботи є аналіз та дослідження можливостей використання ерозійних ефектів гідродинамічної кавітації для інтенсифікації перемішування гетерогенних систем.

Експерименти з дослідження процесів емульгування проводили на дослідній установці оснащій ємністю діаметром 300 мм з висотою заповнення 450 мм. Як перемішувачі пристрої використовували мішалки з відкритою і закритою турбінами з лопатями діаметром 75 мм, кількістю лопатей 6 штук і кутом нахилу лопатей до площини обертання 90° . Також дослідна установка оснащена насосом вакуумним. Для дослідження процесу емульгування використовували воду з компресорним мастилом в пропорції 15/85 %. Як перемішувачі пристрої використовували мішалку турбінну відкриту і мішалку турбінну закриту. Час обробки становив 3, 5 і 10 хв. Температура рідини на вході в дослідну установку становила 18°C .

Проведено аналіз технічної літератури по дослідженню як теоретичного так і експериментального характеру, в яких наведені особливості роботи перемішувачів у ламінарному, турбулентному та кавітаційному режимах обтікання лопатей мішалок. Встановлено, що в апаратах зі

швидкохідними пристроями генерація великої щільності енергії в гетерогенній системі здійснюється внаслідок розвитку на лопатях мішалок бульбашкової чи плівкової форми кавітації з подальшим колапсом кавітаційних бульбашок і вивільненням енергії у вигляді високих тисків і температур та ударних хвиль. Ця енергія витрачається на диспергування однієї з фаз та/або на перемішування та турбулізацію міжфазної поверхні і прилеглих до неї шарів.

При отриманні емульсії води з компресорним мастилом з застосуванням мішалки турбінної відкритої після 10 хв обробки отримували емульсію з діаметром краплин від 0,51 мкм до 2,4 мкм (82 % від загальної маси) і до 0,51 мкм (18 %). Седиментаційна стійкість емульсії становила 11 діб, через 27 діб спостерігали повне руйнування емульсії.

Використання в процесі емульгування води з компресорним мастилом мішалки турбінної закритої після 10 хв. обробки отримували емульсію з діаметром краплин від 2,7 мкм до 5,6 мкм (79 % від загальної маси) і до 2,7 мкм (21 %). Седиментаційна стійкість емульсії становила 6,5 діб, через 17 діб емульсія спостерігали повне руйнування емульсії.

Результати експериментів показали, що для кожного типу перемішуючого пристрою необхідно визначати швидкість обертання при якій за різний час обробки компонентів отримують емульсію потрібної дисперсності. При цьому основним критерієм ефективності і практичної доцільності використовуваних способів для інтенсифікації технологічних процесів повинно бути підвищення питомої продуктивності апарата або технологічної лінії при зниженні енерговитрат.

UDC 66.045.129.2

THE PROCESS OF HEAT EXCHANGE IN AN AIR COOLER

assistants Ihor VARTANYAN, Oleksii BAKUTA, Denis KUCHER,

Ph.D., Assoc. Stepaniuk A.R.

National Technical University of Ukraine

"Kyiv Polytechnic Institute"

ANNOTATIONThe scheme of the installation and research of the process of heat transfer from the surface to the air is described.

KEY WORDSREFRIGERATOR, INSTALLATION, MATHEMATICAL MODEL, HEAT EXCHANGE.

ПРОЦЕС ТЕПЛООБМІНУ У ПОВІТРЯНОМУ ХОЛОДИЛЬНИКУ

асистенти Ігор ВАРТАНЯН, Олексій БАКУТА, Денис КУЧЕР,

к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

In order to ensure the preservation of the environment in modern conditions, an acute problem of saving raw resources has arisen. This is especially acutely related to the preservation of water resources. Therefore, it is advisable to continue the development of modern heat exchangers with alternative cheap heat carriers. Air is best suited to such conditions. Therefore, it is advisable to study the process of heat transfer from the surface to the air [1].

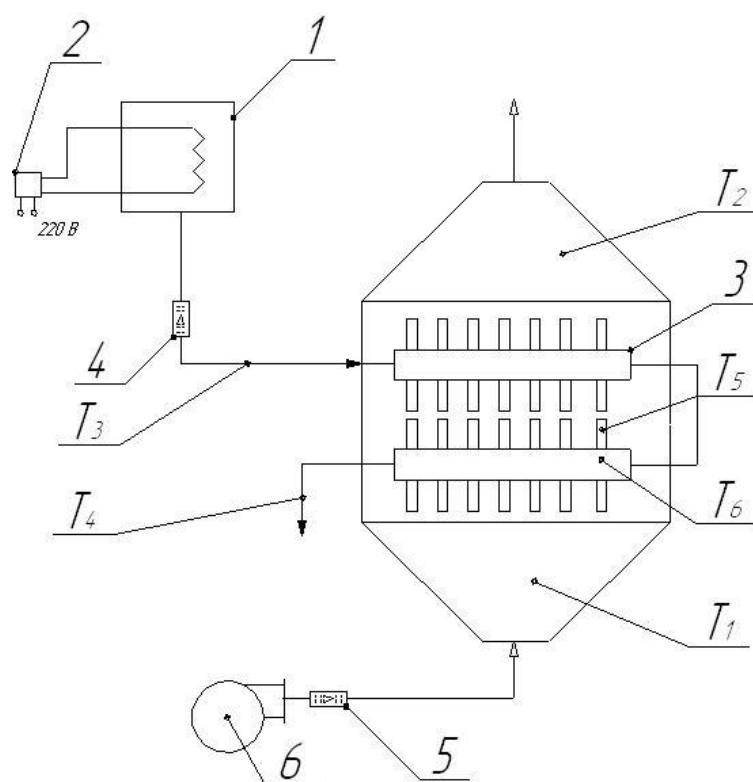
Figure 1 shows the scheme of the experimental setup for researching the heat transfer of the ribbed surface of the pipe.

The installation is presented as follows. In the tank (1), the water is heated by an electric heater, which is regulated by the control unit (2). From the fan (6), air enters the chamber (7), in which the finned pipe system (3) is located. Water and air

consumption are measured by rotameters (4) and (5). To control the temperature in the system, chromel-copel thermocouples are used.

The purpose of this work is to obtain the solution of the mathematical model for the created laboratory stand and to solve the following problems:

- experimental determination of heat transfer coefficients at different Reynolds numbers;
- obtaining similarity equations in an explicit form.



1 – heater capacity; 2 – control unit; 3 – pipe; 4, 5 – rotameters;
6 – fan; 7 – camera.

Figure 1 – Installation for researching the heat transfer of air to the ribbed surface of the evaporator

The solution of the problem is reduced to the solution of the Fourier equation:

$$dQ = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} dF d\tau.$$

In our case, heat transfer is carried out through a cylindrical wall of length L with an inner radius r_b and an outer radius r_n (Figure 2).

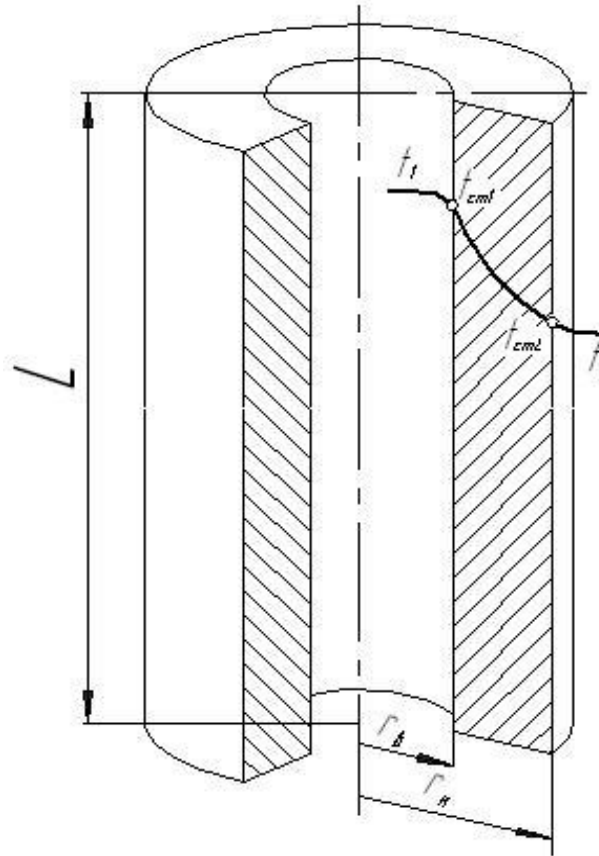


Figure 2 – Heat conduction through a cylindrical wall

Boundary conditions: at $r = r_b$ $t = t_1$, with $r = r_n$ $t = t_2$.

The temperature along the thickness of the cylindrical wall varies non-linearly. The non-linearity of the temperature change is explained by the fact that isothermal surfaces are cylinders, the surface area of which changes along the radius, and therefore the heat flow will also change along the radius.

Since the temperature in a cylindrical wall varies according to the curvilinear law along the thickness of the wall, the solution of the equation has the form:

$$Q = \frac{2\pi L\tau(t_{cm1} - t_{cm2})}{\frac{1}{\lambda} \ln \frac{d_n}{d_b}}$$

During the experimental study of the process of heat transfer from the surface to the air, it is planned to analytically solve the mathematical model from the obtained initial conditions.

List of links:

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

UDC 62-68

**THE PROCESS OF HEAT TRANSFER DURING BOILING IN THE
INTERTUBE SPACE OF THE EVAPORATOR**

assistants Ihor VARTANYAN, Oleksii BAKUTA, Denis KUCHER.

Ph.D., Assoc. Stepaniuk A.R.

National Technical University of Ukraine

"Kyiv Polytechnic Institute"

ANNOTATION:The scheme of the installation and study of the boiling process in the intertube space of the evaporator is described.

KEY WORDS:EVAPORATOR, INSTALLATION, MATHEMATICAL MODEL, HEAT EXCHANGE.

**ПРОЦЕС ТЕПЛОВІДАЧІ ПІД ЧАС КИПІННЯ В МІЖТРУБНОМУ
ПРОСТОРІ ВИПАРНИКА**

асистенти Ігор ВАРТАНЯН, Олексій БАКУТА, Денис КУЧЕР.

к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

АНОТАЦІЯ: Описано схему установки та дослідження процесу кипіння в міжтрубному просторі випарника.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВИПАРНИК, УСТАНВКА, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ТЕПЛООБМІН.

The use of heat pumps and refrigeration units has made it possible to significantly reduce the use of primary energy resources in recent years, replacing them with secondary ones. As mentioned earlier [1], this made it possible to reduce emissions of greenhouse gases into the atmosphere, which corresponds to the principles of sustainable development of society.

But the use of these technological schemes is connected with the organization of the process with insignificant driving forces and low intensity of the refrigerant boiling process in evaporators - the main devices of this technology.

Let's describe the mathematical model of the convective heat exchange of the boiling process in the intertube space, the main component of which is:

$$\alpha = -\frac{\lambda}{\Delta T} \left(\frac{\partial T}{\partial n} \right)_{n \rightarrow 0}. \quad (1)$$

Given that:

- the process is stationary ($\frac{\partial W}{\partial \tau} = 0$);
- the main change in speed occurs along the Z axis;
- there is no source of forced movement ($\frac{\partial P}{\partial z} = 0$),

the Navier-Stokes equation then takes the following form:

$$\rho W_z \frac{\partial W_z}{\partial z} = \rho g - \mu \frac{\partial^2 W_z}{\partial z^2}, \quad (2)$$

where $\rho W_z \frac{\partial W_z}{\partial z}$ – a component that takes into account the change in speed due to inertial forces;

ρg – a component that takes into account the influence of gravity;

$\mu \frac{\partial^2 W_z}{\partial z^2}$ is a component that takes into account the influence of the viscous resistance of the medium.

Also, the differential equation of temperature change in space is included in the mathematical model system. Given that:

- the process is stationary ($\frac{\partial T}{\partial \tau} = 0$);
- temperature change occurs along the Z axis ($\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0$);
- there are no internal sources of heat ($q_v = 0$);

- internal friction can be neglected ($q_\tau = 0$),

then this equation takes the form:

$$\frac{\partial T}{\partial z} W_z = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - \frac{\partial P}{\partial T} \frac{\partial W_z}{\partial z}, \quad (3)$$

where $\frac{\partial T}{\partial z} W_z$ – component of convective temperature change;

$\lambda \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$ – temperature change due to molecular thermal conductivity;

$\frac{\partial P}{\partial T} \frac{\partial W_z}{\partial z}$ – the work of volumetric expansion forces.

Equations (1), (2) and (3) make up the mathematical model of convective heat exchange of the refrigerant boiling process in the intertube space of the evaporator. The solution of this system makes it possible to solve the main equation of convective heat transfer - the Newton-Richmann equation:

$$dQ = \alpha \cdot \Delta T \cdot dF \cdot d\tau. \quad (4)$$

Analyzing these equations, we can come to the conclusion that the intensification of the convective component will lead to a significant increase in the efficiency of the heat transfer process. This can be achieved by introducing the liquid phase refrigerant into the evaporator together with the recirculating vapor phase (bubbling in the intertube space of the evaporator), as a result, this will lead to an increase in the heat transfer coefficient, and therefore to an increase in the heat flow through the wall. But at the same time, on the upper pipes of the evaporator, due to the significant concentration of the vapor phase, there is a possibility of transition from the bubbling boiling mode to the film boiling mode, and therefore, a significant drop in the value of the heat flow.

Therefore, for the effective use of the proposed improvement, it is necessary to conduct experimental studies of boiling modes depending on the recirculation coefficient of the refrigerant in the apparatus. Based on the results of research, it is necessary to establish the range of high-quality operation of the device. It is also

necessary to establish criterion dependences for boiling during recirculation of a part of the vapor refrigerant.

List of links:

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

UDC 664.859.4

BABY FOOD PRODUCTION ESTABLISHMENT

assistants Ihor VARTANYAN, Oleksii BAKUTA, Denis KUCHER,
Ph.D., Assoc. Stepaniuk A.R.

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

ANNOTATIONThe scheme of the installation of the production of baby food is described.

KEY WORDSREFRIGERATOR, INSTALLATION, BABY. FOOD.

УСТАНОВКА ВИРОБНИЦТВА ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ

асистенти Ігор ВАРТАНЯН, Олексій БАКУТА, Денис КУЧЕР.

к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»**

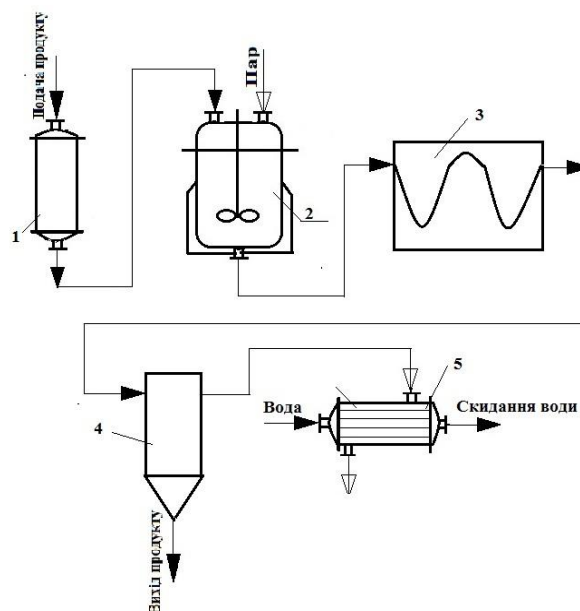
АНОТАЦІЯ Описано схему установки виробництва дитячого харчування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА ХОЛОДИЛЬНИК, УСТАНВКА, ДИТЯЧЕ. ХАРЧУВАННЯ.

Baby food is one of the important products because it significantly affects the health of the future generation. Fruit and vegetable purees have gained particular popularity. It is produced in several varieties: puree with sugar, homogenized or mashed from one type of fruit; puree from a mixture of fruits and sugar; puree from a mixture of vegetables, fruit puree with juice; fruit puree with milk and cereals. With such a variety of products, unfortunately, not many manufacturers can provide the necessary quality of this product. Therefore, the production process needs improvement and improvement.

The technological scheme of the unit for heat treatment, homogenization and deaeration of mashed products is shown in Figure 1.

The installation works as follows: a product with a temperature of at least 60 is taken from the workshop containers °C is pumped by the pump into equalization tank 1, in which the specified level is automatically maintained. From it, the product is fed into the heating and homogenization apparatus. Correspondingly with the introduction of the product into the heating chamber, a heating agent is introduced - purified water vapor with a given pressure. Depending on the holding time, the product can be fed either immediately to the deaerators or to the holding section. In the deaerator, the product boils due to the rarefaction maintained in it. Gases and water vapor released at the same time go to the shell-and-tube heat exchanger, where they condense. Water vapor condensate and non-condensable gases are pumped out by a rotary water-ring vacuum pump. The product is pumped by a pump from the lower part of the deaerator into the finished product container.



1-capacity; 2-heating and homogenization apparatus; 3- holder; 4- deaerator; 5- condenser (heat exchanger).

Figure 1 – Technological diagram of baby food production

The purpose of the work is the design and modernization of the shell-and-tube heat exchanger, which in this technological scheme serves to condense contaminated steam. This makes it possible to avoid environmental pollution. The steam enters the pipe space, and the water used for condensation enters the pipe space (the pipe space is easier to clean from dirt).

A shell-and-tube heat exchanger was chosen because, with relatively small dimensions, this type of heat exchanger provides a sufficiently large heat exchange area. Parametric and structural calculations of the main structural elements such as: body, bottom, fittings, supports, pipe grid, flanges were carried out.

The modernization of the apparatus was carried out, which consists in the installation of multi-layer tubes, which are made by applying a coating of corrosion-resistant metals, to a tube made of unalloyed steel. Thanks to this, the thermal conductivity of the pipe increases, and therefore the heat transfer coefficient.

UDC 66.081

MODERNIZATION OF THE CONTINUOUS WASTEWATER TREATMENT PLANT WITH THE DEVELOPMENT OF A REFRIGERATOR

Associate Professor, Ph.D. Novohat O. A., student Honchar B. M.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: Description of continuous wastewater treatment plant is given. The issues of modernization of wastewater treatment systems by integrating refrigeration units are considered.

KEY WORDS: CLEANING, SEWAGE, REFRIGERATION UNIT, REFRIGERATOR.

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ НЕПЕРЕРВНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД З РОЗРОБКОЮ ХОЛОДИЛЬНИКА

к.т.н. Новохат О. А., студент Гончар Б. М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: Розглянуто питання модернізації систем очищення стічних вод шляхом інтеграції холодильних установок.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ХОЛОДИЛЬНА УСТАНОВКА, БІОЛОГІЧНА ОЧИСТКА, ЕКОЛОГІЯ.

The problem of wastewater treatment is one of the most acute environmental problems of our time. The growth of industrial production and urbanization leads to an increase in the volume of wastewater containing various pollutants. Inadequate wastewater treatment has a negative impact on the state of aquatic ecosystems, human health and quality of life. Therefore, the modernization of existing treatment facilities and the development of new cleaning technologies is an urgent task.

The purpose of this work is to modernize the existing installation of continuous wastewater treatment by improving the design of the refrigeration unit. It is expected that this solution will improve the efficiency of cleaning, reduce energy consumption and improve the quality of purified water.

Wastewater is formed as a result of human economic activity and can be domestic, industrial or mixed. The composition of wastewater depends on their origin and may contain organic substances, inorganic compounds, pathogenic microorganisms, petroleum products and other harmful impurities.

There are different methods of wastewater treatment, which can be combined into the following groups:

- Mechanical methods: Sedimentation, filtering, centrifugation.

They are used to remove large insoluble particles from the water.

- Physical and chemical methods: Coagulation, flocculation, adsorption, ion exchange.

They are used to remove fine particles, organic substances and some inorganic compounds from the water.

- Biological methods: Aerobic and anaerobic biological cleaning.

Founded

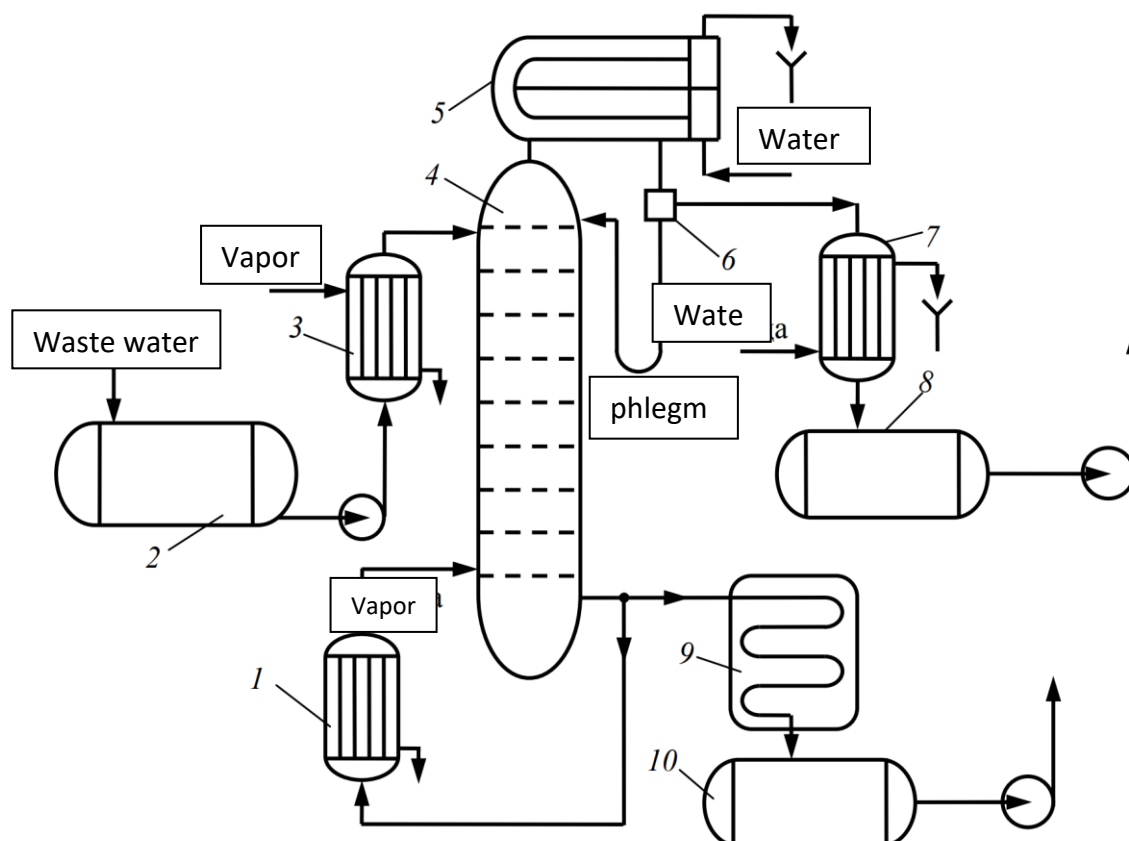
on the ability of microorganisms to decompose organic substances [1].

Refrigeration units can be used in the process of wastewater treatment, for cooling biological reactors, which increases the activity of microorganisms and the effectiveness of biological treatment. Refrigerators can also be used to condense volatile organic compounds, to prevent their release into the atmosphere. Cooling of waste water before discharge into natural reservoirs may be necessary to comply with environmental standards [2].

Modernization of the continuous wastewater treatment plant using upgraded refrigerators will improve the efficiency of treatment by reducing the concentration of pollutants in the treated waters. Reduce energy consumption by optimizing the

installation and improve the quality of purified water, it will help to obtain water that meets more stringent requirements. Also increase the resource of equipment, extend the service life of existing equipment.

Figure 1 shows a diagram of the rectification continuous-action installation.



1 – remote boiler; 2 – collector of waste water; 3 – preheater; 4 – the rectification column; 5 – deflector; 6 – the separator of phlegms; 7, 9 - refrigerators; 8, 10 – the collectors

Figure 1 – technological scheme of continuous wastewater treatment with rectification

From the bottom up on the column rises steam coming from the remote boiler . Steam passes through a layer of liquid on the bottom (first in the course of steam) plate. Since the steam has a higher temperature, the liquid on the first plate partially evaporates and in steam passes mainly low-boiling component, and from steam to liquid condenses mainly high-boiling component, the content of which in a pair,

arriving on a plate, is higher than the equilibrium with the composition of the liquid on the plate. On the second plate, the liquid contains more low-boiling component than on the first, and therefore boils at a lower temperature. When faced with this liquid, the steam partially condenses and, enriched with a low-boiling component, is removed to the above plate, etc. Thus, the steam coming from the boiler and containing mainly high-boiling components, as you move to the top of the column is enriched with low-boiling components and leaves the top plate of the column in the form of almost pure pair of low-boiling components. The latter condenses in water-cooled dephlegmator.

The condensed liquid is divided into a distillate and a phlegm, which returns to the top plate of the column. Flowing down the column and interacting with a pair moving toward, on the lower plate of the column, it becomes almost pure high-boiling component, which enters the boiler, where it is heated by a deaf steam or other coolant. At a certain distance from the top of the column to the liquid from the deflector in the feeding plate, the sewage is attached, which is fed by the pump from the collector of sewage and heated in the heater to the boiling point of the liquid on the feeding plate (about 110–120 °C).

In dephlegmator, steam can condense in whole or in part. In the first case, the part of the condensate left after the return of the phlegm is a rectification (distillate), which, after cooling in the refrigerator to a temperature of 25–30 ° C, is sent to the collector. In the second case, the steam not condensed in the defflegmator condenses and is cooled to a temperature of 25–30 °C in the refrigerator, which, under this variant, is a condenser-refrigerator of the distillate. The liquid that comes out of the lower part of the column and is close to high-boiling components is also divided into two parts, one of which is directed to the boiler, and the second after cooling with water in the refrigerator to a temperature of 25–30 ° C enters the collector [3].

The introduction of the refrigeration system into the wastewater treatment plant provides optimal conditions for biological processes, which leads to a more complete

decomposition of organic substances and an increase in the quality of purified water. And modernization of refrigeration equipment will reduce the power consumption of the system, increase the service life of equipment and promote the preservation of aquatic ecosystems, which makes it economically profitable and environmentally appropriate.

References:

1. Waste water treatment Technologies | ECOBUSINESS Magazine. *Journal of ECOBUSINESS. The environment of the company ecolog-ua.com*. URL: <https://ecolog-ua.com/news/tehnologiyi-ochyshchennya-stichnyh-vod-pererobnyh-pidpryyemstv> (дата звернення: 27.10.2024).
2. Design and calculation of shell-and-tube heat exchangers: Learn. take it. for the cold. Specialty 133 "Galuzevo Machine-building". Igor Andreev. KPI name. Igor Sikorsky. Electronic text data. Київ. 2022. 140 с.
3. Lukinyuk M. V. Automation of typical technological processes: Technological objects of control and automation schemes : teach. take it. for the cold. see. learn. 4. The students of the course "Automation and computer-integrated. Київ : НТУУ «КПІ», 2008. 237 с. С. 154-157.

УДК 665.642.26

METHODS OF UPGRADING THE HEAT EXCHANGER FOR HEATING SULFURIC ACID IN THE PRODUCTION OF ANHYDROUS HYDROGEN FLUORIDE BY SULFURIC ACID DECOMPOSITION OF FLUORITE

Student Zykin I. S., associate professor, Ph.D. Novokhat O. A.

National Technical University of Ukraine

Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute

Annotation. *The importance of obtaining hydrogen fluoride, in particular by sulfuric acid decomposition of fluorite, is shown. The negative aspects arising during the operation of heat exchangers are defined. Proposed solutions for improving the design of heat exchangers and their operation.*

KEY WORDS: HEAT EXCHANGER, SULFURIC ACID, HYDROGEN FLUORIDE, HEATING.

СПОСОБИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКА ДЛЯ НАГРІВУ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ У ВИРОБНИЦТВІ БЕЗВОДНОГО ФТОРИСТОГО ВОДНЮ СІРЧАНОКИСЛОТНИМ РОЗКЛАДАННЯМ ФЛЮОРИТУ

Студент Зикін І. С., доц., к.т.н. Новохат О. А.

Національний технічний університет України

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Анотація. *Наведено важливість отримання фтористого водню, зокрема сірчанокислим розкладанням флюориту. Визначені негативні аспекти, що виникають під час експлуатації теплообмінників. Запропоновані рішення вдосконалення конструкції теплообмінників та їх експлуатації.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕПЛООБМІННИК, СІРЧАНА КИСЛОТА, ФТОРИСТИЙ ВОДЕНЬ, НАГРІВАННЯ.

Hydrogen fluoride is an important chemical used in a variety of industries, including the chemical industry, metallurgy, electronics manufacturing, and

pharmaceuticals. One of the methods of obtaining anhydrous hydrogen fluoride consists in the decomposition of fluorite with sulfuric acid (H_2SO_4), which is economically beneficial, but requires a high-temperature regime. For effective decomposition of fluorite, it is important to maintain a high temperature of sulfuric acid, which is usually heated to 200–300°C.

The developed heat exchanger, a device that provides heat transfer between different media, in this case is designed to ensure the reaction process.

Ways to modernize a used heat exchanger directly depend on the negative factors that arise with it during operation.

The following disadvantages of outdated heat exchanger designs are common: large heat losses, frequent breakdowns due to corrosion and the need for regular repair or replacement. One of the main problems in this technological process is a corrosive environment due to the aggressiveness of sulfuric acid, which causes rapid wear of heat exchanger materials. Also, due to the lack of effective heat distribution and increased energy consumption, the cost of production has increased. The use of more resistant materials, such as Teflon or special alloys, allows you to reduce maintenance costs and increase the durability of the equipment.

Replacement of traditional metal structures with composite materials that reduce thermal conductivity to the external environment and minimize heat loss. Introduction of nanocoatings to protect against corrosion and increase resistance to the chemical environment.

Another way to improve the design of the heat exchanger is to improve the geometry of the device to increase the contact area between the sulfuric acid and the coolant, which contributes to more efficient heating.

It is possible to use highly efficient coolants to achieve a uniform and stable temperature regime inside the heat exchanger.

Automation of temperature control processes, which allows reducing the influence of the human factor and increasing the accuracy of maintaining the

temperature regime. Increasing the efficiency of heat transfer helps reduce energy consumption by 10–15%. Also, reducing corrosion activity and increasing the durability of equipment allows you to reduce operating costs. Optimization of the heating process improves the kinetics of fluorite decomposition, increasing the productivity of HF production. Modernization of the heat exchanger is a key factor for increasing the economic efficiency and environmental safety of the production of anhydrous hydrogen fluoride.

Further research in the field of materials science and thermodynamics will allow developing even more sustainable and effective solutions for working with aggressive chemicals.

References:

1. M. V. LUKINIUK. Automation of typical technological processes: technological control objects and automation schemes: training. manual for students higher education faculty studying in the direction of "Automation and computer-integrated technologies / M. V. Lukinyuk - K.: NTUU "KPI", 2008. - 236 p.
2. V. S. Biletsky. Small mining encyclopedia: in 3 volumes. / edited by V. S. Biletsky — D. : Eastern Publishing House, 2013. — Vol. 3: C — I. — 644 p

УДК 66.047

ДОСЛІДЖЕННЯ КИНЕТИКИ ЗНЕВОДНЕННЯ БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ «ФГ-5»

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

Інститут технічної теплофізики НАН України

***Анотація:** В роботі представлено результати досліджень кінетики зневоднення поодиноких крапель біосупензії бактеріального препарату «ФГ-5». Наведено аналіз впливу різних компонентів захисного середовища на зміну характеру кінетичних кривих та інтенсивність вологовіддачі у випарній та сушільних стадіях. Визначено раціональний склад компоненту захисного середовища та діапазон температур повітря на вході в сушільну камеру для подальшого дослідження процесу розпилювального сушіння в виробничих умовах.*

***Abstract:** The paper presents the results of studies of the kinetics of dehydration of individual drops of biosuspension of the bacterial preparation "FG-5". An analysis of the effect of various components of the protective medium on the change in the nature of the kinetic curves and the intensity of moisture transfer in the evaporative and drying stages is presented. The rational composition of the component of the protective medium and the range of air temperatures at the entrance to the drying chamber were determined for further research of the spray drying process in production conditions.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РОЗПИЛЮВАЛЬНЕ СУШІННЯ, КИНЕТИКА ЗНЕВОДНЕННЯ, ПООДИНОКА КРАПЛЯ, ТЕМПЕРАТУРНІ РЕЖИМИ, БІОСУСПЕНЗІЯ, ЗАХИСНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.

KEY WORDS: SPRAY DRYING, DEHYDRATION KINETICS, SINGLE DROP, TEMPERATURE REGIMES, BIOSUSPENSION, PROTECTIVE ENVIRONMENT.

Препарат «ФГ-5» є фітогормоном, що стимулює зростання сільськогосподарських рослин. Біосуспензія препарату включає культури 4-х штамів: *Pseudomonas stutzeri*; *Pseudomonas mendocina*; *Pseudomonas alkaligenes*, *Azomonas specias*. Враховуючи, що якісним показником для такого препарату є не сама кількість життєздатних клітин, а вміст у ньому ряду основних активних компонентів клітин та їх кількості, які сприяють активному зростанню рослин, розглядається можливість одержання його сухої форми методом зневоднення розпилювання. Так як досліджуваний бактеріальний препарат є складною, високовологою, багатокомпонентною системою, вивчення кінетики його зневоднення є одним із важливих етапів у комплексі досліджень процесу розпилювального сушіння.

В Інституті технічної теплофізики НАН України створено експериментальні стенди для дослідження кінетики процесу термічного зневоднення з метою виявлення ступеня впливу внутрішніх процесів тепловологопроносу в одиничній краплі (частинці) на інтенсивність та тривалість зневоднення [1]. Крім того, стенди дозволяють змодельовати процеси, що відбуваються в камері розпилювальної установки. При проведенні досліджень вивчалася зміна температури краплі при зневодненні у високотемпературному середовищі; визначалася кількість періодів зневоднення, їх тривалість та характер перебігу; визначався розмір і маса краплі в критичних точках та наприкінці процесу сушіння, що дозволяє оцінити інтенсивність процесів тепло- та вологопередачі, а також судити про щільність самої сухої частки; візуально вивчався характер поведінки продукту певні періоди. Проведено аналіз впливу компонентів захисного середовища на зміну характеру кінетичних кривих та інтенсивність вологовіддачі у випарній та сушильних стадіях. Як такі компоненти були випробувані рекомендовані розробниками препарату дрібнодисперсна крейда та сечовина, які вводилися у масовому

співвідношенні 1:1 до біомаси. Визначено, що введення компонентів захисного середовища з різними фізико-хімічними властивостями сприяє зміні структури кірки краплі, що впливає на інтенсивність зневоднення, а також відсутність або наявність періоду кипіння і його тривалість. Це дає можливість вибрати оптимальний склад захисного середовища із запропонованих компонентів. Так, дослідження кінетичних закономірностей процесу сушіння біосупензії препарату «ФГ-5» з різними захисними компонентами показали перевагу використання дрібнодисперсної крейди, що надалі підтвердили й експериментальні дослідження процесу розпилювального зневоднення на розпилювальній установці.

Крім того, отримані результати дозволяють визначити діапазон температур повітря на вході в сушильну камеру для подальшого дослідження процесу розпилювального сушіння бактеріальних препаратів у виробничих умовах з метою встановлення оптимальних режимів сушіння.

Перелік посилань:

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

UDC 536.24; 666.3

RIBBED MULTI-STAGE HEAT UTILIZER OF DUSTY GAS RENEWABLE ENERGY RESOURCES

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

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

***ABSTRACT.** The paper is devoted to the development of a research and industrial heat exchanger-utilizer suitable for highly dusty gas flows that contain a significant amount of superfine basalt fibers*

KEYWORDS: HEAT AND MASS EXCHANGER-UTILIZE, SECONDARY RESOURCES, FIBER PRODUCTS, PARTICLES, HIGH TEMPERATURE MIXTURE.

ОРЕБРЕНИЙ БАГАТОСТУПІНЧАСТИЙ ТЕПЛОУТИЛІЗАТОР ЗАПИЛЕНИХ ГАЗОВИХ ВЕР

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

Інститут технічної теплофізики НАН України

***АНОТАЦІЯ.** Робота присвячена розробленню дослідно-промислового тепломасообмінника–утилізатора придатного для висикозапилених газових потоків, які містять значну кількість супертонких базальтових волокон.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ТЕПЛОМАСООБМІННИК–УТИЛІЗАТОР, ВТОРИННІ РЕСУРСИ, ВОЛОКОННА ПРОДУКЦІЯ, ЧАСТКИ, ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНА СУМІШ.

In the production of basalt fibers and products based on them, high-temperature emissions are formed, which transport fragments of superfine basalt fibers.

The development is aimed at the operation of the heat and mass exchanger-utilizer during the utilization of thermal energy of secondary gas resources containing a large number of solid fuel particles that are not prone to sticking together. Such

highly dusty gas flows are characteristic of various productions of fiber products (glass fiber, basalt fiber, etc.) [1].

Most of the production processes of basalt fibers and products based on them are characterized by small and medium capacities of technological equipment. At the same time, the specificity of these processes determines the formation of thermal secondary energy resources of high potential. The source of the secondary resource is a high-temperature mixture of natural gas combustion products from bath basalt melting furnaces and workshop air. The mixture is contaminated with dust and fibers with particle sizes of 1-3 microns. The temperature of the combustion products of natural gas is 500-700°C, the temperature of the gas mixture is 150-230 °C, the moisture content of the combustion products is 134-142 g water/kgdry air, the moisture content of the gas mixture is 34-36 g water/kg dry air, pollution of a gas mixture of 0.03-0.05 g/m³.

The purpose of the work. To create a unified heat and mass exchanger using serial finned water-air heat exchangers of the recuperative type, which does not require preliminary cleaning of highly dusty gases, and on its basis - a plant-wide heating system due to the utilization of heat from secondary energy resources.

Results. The installation uses innovative technical solutions regarding the method of operation and the device for its hardware design, which provide simultaneous heat and mass exchange and gas purification. Periodic cleaning of the heat exchange surface from the outside is carried out in the installation. In this device, heating water moves in the inner space of finned heat exchange pipes. The minimum values of the aerodynamic and hydraulic resistance of the utilizer are ensured in order to minimize the operating costs for pumping media. The unified heat exchanger has the following technical characteristics:

- Coolant temperature at the inlet/outlet is 60/40 °C.
- Volume consumption of gas secondary resources up to 2800 m³/h.
(up to 2426 kg/h).

- Live section for passage:

gas flow 0.329 m²;

coolant 0.000846 m².

- Heat exchange surface 4x16.34 = 65.36 m².

- Full aerodynamic resistance up to 1200 Pa.

The recycling system implemented at the Chernivtsi Thermal Insulation Materials Plant provides an actual economic effect of up to UAH 1.20 million/year [2, 3].

Conclusions. Analogous systems can have a significant distribution in the utilization of the heat of dusty gas emissions containing dust that is not prone to clumping (as in the case of basalt fibers).

References.

1. Джигирис Д.Д., Махова М.Ф. Основы производства базальтовых волокон и изделий. – М.: Теплоэнергетик, 2002. – 412 с.

2. Кремньов В.О., Тимощенко А.В., Беляєв Г.В., Шпільберг Л.Ю., Жуков К.Л. Інноваційні розробки – складові системної інтенсифікації теплотехнологічних процесів виробництва базальтових волокон /Тези XIII Міжнародної онлайн конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики», 7 – 8 листопада 2023 року, м. Київ, С.71 <http://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2023/11/zbirka-tez-2023-dlja-sajtu.pdf>

3. Тимощенко А.В., Кремньов В.О., Беляєва І.П., Корбут Н.С., Стецюк В.Г. Інноваційний дослідно-промисловий тепломасообмінник–утилізатор Тези XIII Міжнародної онлайн конференції «Проблеми теплофізики та теплоенергетики», 7 – 8 листопада 2023 р., м. Київ, С. 72. <http://ittf.kiev.ua/wp-content/uploads/2023/11/zbirka-tez-2023-dlja-sajtu.pdf>

UDC 661.727.4

MODERNIZATION OF THE DEPHLEGMATOR OF THE ETHYL ACETATE PRODUCTION PLANT

Student KOTSYUBKO Artem, assistant, PODYMAN Hryhorii

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: The technological scheme and apparatus for the production of phenyl chloride are described.

KEYWORDS: ETHYL ACETATE, TECHNOLOGICAL SCHEME, DEPHLEGMATOR

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДЕФЛЕГМАТОРА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛАЦЕТАТУ

Студент КОЦЮБКО Артем, асистент, ПОДИМАН Григорій

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: The technological scheme and apparatus for the production of ethyl acetate are described.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕТИЛАЦЕТАТ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ДЕФЛЕГМАТОР

Ethyl acetate is an organic compound, an ester of acetic acid and ethanol, which is widely used as a solvent, in the production of varnishes, paints, and in the food industry as a flavoring.

Main characteristics of ethyl acetate:

- • Chemical formula: C₄H₈O₂
- • Molar mass: 88.11 g/mol
- • Boiling point: about 77 °C

- Solubility: well soluble in water and organic solvents.

Application:

- As a solvent in the pharmaceutical, cosmetic, and chemical industries.
- In the production of varnishes, adhesives, and printing.

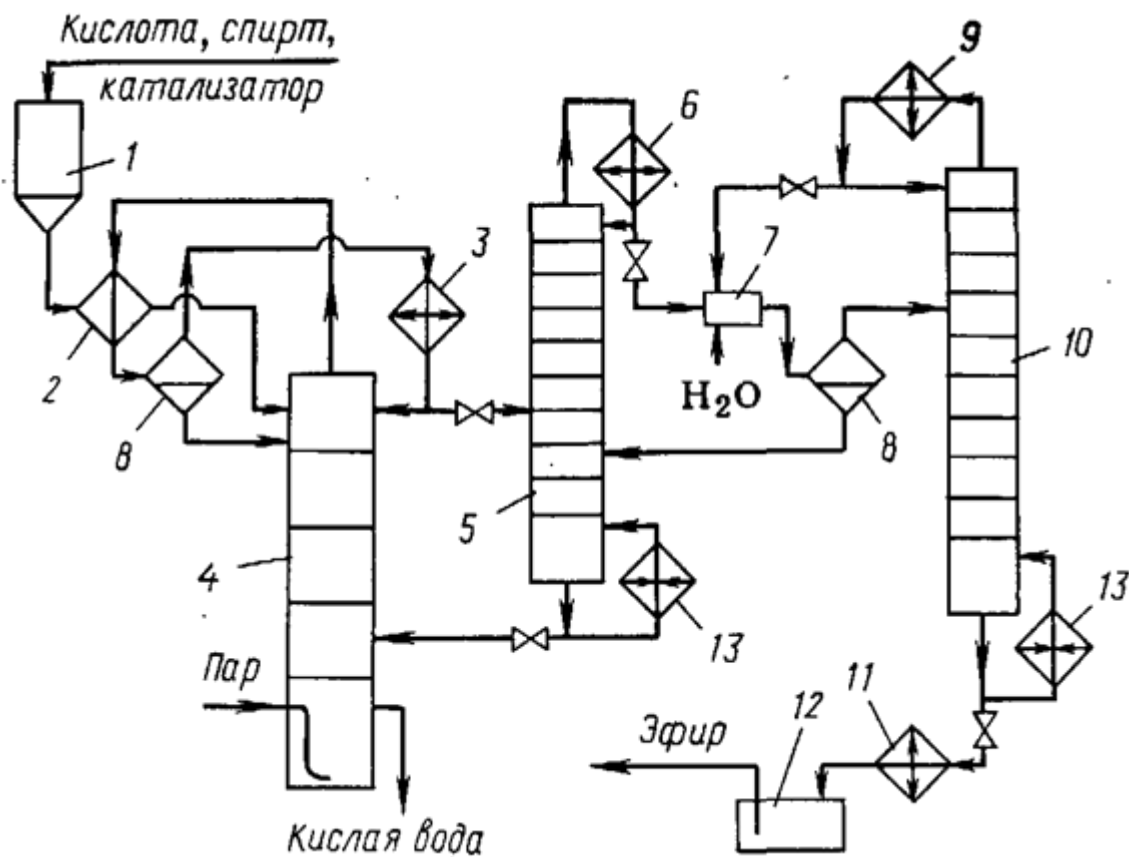
Importance of the reflux condenser in the plant: The reflux condenser in the ethyl acetate production process plays a key role in separating the components of the mixture, allowing it to achieve high product purity. It provides effective cooling and condensation of vapors, which reduces raw material losses and increases the yield of the finished product.

Modernization of the reflux condenser can increase the productivity of the plant, reduce energy costs, and improve environmental performance.

Production of ethyl acetate: From pressure tank 1, the initial mixture of reagents containing acetic acid, ethanol, and sulfuric acid as a catalyst is continuously fed to the reaction through a flow meter. It first passes through the heat exchanger 2, in which it is heated by the vapors leaving the reaction column, and then enters the upper plate of the etherizer 4. Due to the heating of the column cube with high-pressure steam, the ethyl acetate formed together with the vapors of alcohol and water is distilled from the column, and the liquid is enriched with water as it moves down the plates. The residence time of the reaction mass in the etherizer and the ratio of the initial reagents are selected so that the bottom liquid contains only a small amount of unreacted acetic acid (all the acetic acid also remains in it). This liquid is removed from the cube, and after neutralization is discharged into the sewer.

The vapors leaving the top of the reactor contain 70% alcohol and 20% ether. They are sent for cooling and condensation first to heat exchanger 2, where the mixture of starting reagents is heated, and then to condenser 3. Condensate from Apparatus 2 and part of the condensate from Apparatus 3 are returned to the upper plate of Reactor 4. The rest of it enters the distillation column to separate the azeotropic mixture from aqueous alcohol. The cube of column 5 is heated by a boiler

13 and reflux is created in apparatus 6, from which part of the condensate is returned for irrigation.



- 1 - pressure tank; 2 - heat exchanger; 3 - condenser; 4 - etherifier;
5, 10 - rectification columns; 6, 9 - condensers-refluxers; 7 - mixer;
8 - separator; 11 - refrigerator; 12 - assembly; 13 - boilers.

Figure 1 - Technological scheme of ethyl acetate production

The bottom liquid of column 5 consists of alcohol (most of it) and water. It is removed from the column and enters one of the lower plates of the etherizer 4 to ensure a sufficient amount of alcohol in the lower part of this column and to achieve complete conversion of acetic acid.

The vapors from column 5 are condensed in apparatus 6, from where part of the condensate goes to irrigation, and the rest enters the mixer 7, where it is diluted with an approximately equal volume of water (without this, the condensate will not

stratify, since water is quite soluble in a mixture of ether and alcohol). The emulsion formed is separated in the separator 8 of continuous action into two layers - the upper one, containing ether with alcohol and water dissolved in it, and the lower one, which is an aqueous solution of alcohol and ether. The lower layer is returned to one of the middle plates of column 5. The crude ether from separator 8 is sent for purification from water and alcohol. It is carried out in rectification column 10 by distilling a low-boiling ternary azeotropic mixture of ether, alcohol, and water. Part of this mixture after the condenser 9 goes to the irrigation of column 10, and the rest is returned to the mixer 7. Ethyl acetate is removed from the cube of column 10 and, after cooling in refrigerator 11, is sent to collector 12.

Description of the reflux condenser

Construction of the reflux condenser:

Type: Tubular or flat reflux condenser.

1. Internal part: Usually has a system of tubes or plates to improve heat transfer.
2. Cooling circuit: Equipped with cooling fluids that pass through the outer walls, taking heat from the vapors.

Working principle:

1. The vapor mixture enters the reflux condenser from the top of the column.
2. The vapors are cooled by the circulation of a cold liquid, which allows some of the vapors to condense, which are returned to the column for further distillation.
3. Separation of components: Due to the temperature difference, the lighter components rise to the top, while the heavier ones remain at the bottom.

Reflux modernization

1. Improving heat transfer:

- a. Using new materials with high thermal conductivity.

b. Optimizing the shape of internal elements (tubes or plates) to increase the contact area.

2. *Control systems:*

a. Introducing automatic temperature and pressure control systems for stable operation.

b. Using sensors to monitor condensation efficiency.

3. *Environmental aspects:*

a. Implementing technologies to reduce emissions and waste disposal.

b. Using an energy recovery system to reduce resource consumption.

4. *Cooling system:*

a. Introducing new, more efficient coolers that provide better performance with reduced energy consumption.

5. Increasing throughput:

a. Expanding tube diameters or changing their configuration to improve flow.

References:

1. Процеси та обладнання хімічних технологій. Частина 1. [Електронний ресурс]: практикум : навч. посіб. для ступеня бакалавра за освіт. Програмою «Комп'ютерноінтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» спец. 133 Галузе машинобудування / Корнієнко Я.М. Степанюк А.Р., Гулієнко С.В., Гайдай С.С., Семінський О.О. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 468 с.

2. Ластухін Ю. О. Органічна хімія /Ю. О Ластухін, С. А. Воронов. – Львів: Центр Європи, 2001. – С. 309-340; С. 684-709. – ISBN 966-7022-19-6.

3. Штеменко Н.І. Органічна хімія та основи статичної біохімії / Штеменко Н. І., Соломко З. П., Авраменко В. І. – Дніпропетровськ. Видавництво ДНУ, 2003. – С. 233-266. – ISBN 966-551-117-3

REFRIGERATION TECHNOLOGY OPERATING BY CARNOT CYCLE

assistant Podyman Hryhorii, student Koren Dmytro

National Technical University of Ukraine

"Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: *This paper examines the principles and technical efficiency of refrigeration systems that operate based on the Carnot cycle. Special attention is paid to the thermodynamic processes involved and the potential for improving energy efficiency through advanced technological approaches.*

KEY WORDS : CARNOT CYCLE, REFRIGERATION SYSTEMS, THERMODYNAMICS, ENERGY EFFICIENCY, COOLING.

ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА, ЩО ПРАЦЮЄ ЗА ЦИКЛОМ КАРНО

асистент Подиман Г. С., студент Корень Д.М.

Національний технічний університет України

“ Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського ”

АНОТАЦІЯ: *У роботі досліджено принципи та ефективність роботи холодильних систем, що функціонують за циклом Карно. Основна увага приділена термодинамічним процесам і можливостям підвищення енергоефективності за рахунок сучасних технологій.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИКЛ КАРНО, ХОЛОДИЛЬНІ СИСТЕМИ, ТЕРМОДИНАМІКА, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ОХОЛОДЖЕННЯ.

Сучасні холодильні системи відіграють ключову роль в промисловості, транспорті та побуті, забезпечуючи зберігання продуктів, охолодження обладнання та кондиціонування повітря. Ефективність холодильних машин значно залежить від вибору термодинамічного циклу, на якому вони працюють. Цикл Карно є теоретичним еталоном для досягнення максимального коефіцієнта корисної дії (ККД) у процесах теплопередачі. Вивчення

можливостей його практичного застосування для підвищення енергоефективності холодильних систем є важливою задачею в сучасній інженерії.

Метою даної роботи є аналіз ефективності застосування циклу Карно в сучасних холодильних установках, виявлення шляхів підвищення енергоефективності за рахунок використання новітніх матеріалів і технологій, а також обґрунтування можливостей їхньої модернізації.

Цикл Карно є замкненим циклом, що складається з двох ізотермічних і двох адіабатних процесів. На першій стадії, під час ізотермічного розширення, робоче тіло (холодоагент) поглинає тепло від охолоджуваного середовища при постійній температурі. На другій стадії, під час адіабатного розширення, відбувається зниження температури холодоагента без теплопередачі. Наступний етап — ізотермічне стискання, під час якого холодоагент передає тепло в навколишнє середовище. Завершується цикл адіабатним стисканням, в результаті чого температура знову підвищується.

Теоретично, цикл Карно забезпечує максимальний ККД, оскільки в ньому враховується ідеальна теплопередача без втрат. Однак на практиці впровадження цього циклу має ряд труднощів через технічні обмеження матеріалів та робочих середовищ, а також через високі вимоги до точності роботи систем управління.

Незважаючи на теоретичну ефективність, пряме застосування циклу Карно в холодильних установках є складним через технічні обмеження. Проте, у сучасних холодильних системах використовуються технології, що наближаються до ідеального циклу, такі як регенерація тепла, використання нових теплоізоляційних матеріалів та оптимізація робочих параметрів.

Дослідження показали, що використання вискоефективних холодоагентів із низькою теплоємністю дозволяє знизити енергоспоживання систем на основі циклу Карно. Водночас використання наноматеріалів у

теплообмінниках дозволяє покращити теплопередачу і збільшити загальний ККД системи. Наприклад, застосування нанофлюїдів як теплоносіїв підвищує тепловідведення і знижує енергетичні витрати при охолодженні (Gao et al., 2020).

Для підвищення енергоефективності холодильних установок на основі циклу Карно було запропоновано декілька підходів. По-перше, удосконалення матеріалів, з яких виготовляються теплообмінники, є одним із головних шляхів зменшення втрат енергії. Використання матеріалів із високою теплопровідністю, таких як мідь або композитні матеріали на основі графену, дозволяє збільшити ефективність теплопередачі (Smith et al., 2022).

По-друге, інноваційні технології, такі як магнітне охолодження, можуть стати перспективним напрямом розвитку холодильних систем. Ця технологія базується на ефекті магнітокалорії, що дозволяє отримувати високоефективні системи охолодження без використання традиційних холодоагентів (Doe, 2021).

Результати дослідження показують, що цикл Карно є теоретично найбільш ефективним способом охолодження, проте його практичне впровадження потребує удосконалення сучасних технологій. Використання нових матеріалів, таких як нанофлюїди і композити, дозволяє суттєво підвищити ККД холодильних установок. Подальші дослідження в цьому напрямі можуть привести до створення нових високоефективних холодильних систем.

Використані джерела:

1. Smith, J., & Brown, R. "Advanced Heat Exchange Materials for Carnot Refrigeration Systems", *Journal of Materials Science*, 2022.
2. Doe, A. "Magnetic Cooling: The Future of Refrigeration", *International Journal of Thermodynamics*, 2021.
3. Gao, M., et al. "Nanofluids for Enhanced Thermal Efficiency in Refrigeration", *Journal of Applied Physics*, 2020.

4. Johnson, P. "Thermodynamic Optimization in Carnot-based Refrigeration", Energy Science Reviews, 2023.
5. Lee, D. "Innovations in Low-temperature Refrigeration Systems", Refrigeration Technology Journal, 2019.

UDC 665.642.26

METHODS OF PROTECTING THE ENVIRONMENT FROM THERMAL RADIATION

student HOLONDAROVA Maryna, assistant PODYMAN Hryhorii;
associate professor, Ph.D. DUDA Bohdan

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

ABSTRACT: *This work describes the problems of thermal radiation and his impact on the environment. New methods of protecting the environment from radiation are presented.*

KEY WORDS: *THERMAL RADIATION, GREEN ROOFS, INFRARED ABSORBERS, URBAN HEAT ISLANDS.*

МЕТОДИ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЯ ВІД ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

студентка ГОЛОНДАРЬОВА Марина, асистент ПОДИМАН Григорій,
доцент, к.т.н. ДУДА Богдан

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

АНОТАЦІЯ: *В даній роботі описані проблеми теплового випромінювання, його вплив на довкілля. Наведені нові методи захисту середовища від випромінювання.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *ТЕПЛОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, ЗЕЛЕНІ ДАХИ, ІНФРАЧЕРВОНІ ПОГЛИНАЧІ, МІСЬКІ ТЕПЛОВІ ОСТРОВИ.*

Теплове випромінювання є глобальною екологічною проблемою, що виникає через нагрівання об'єктів під дією високих температур, промислових

процесів, а також природних факторів, таких як сонячне випромінювання. На природні екосистеми впливає теплове випромінювання, що сприяє підвищенню температури на урбанізованих територіях і може призвести до деградації ґрунтів, підвищення рівня води в океанах та зниження якості повітря. У великих містах, де концентрується велика кількість транспорту та промислових підприємств, ефект теплового випромінювання може збільшувати температуру до 5-7 градусів вище, ніж у прилеглих сільських місцевостях, створюючи так звані "міські теплові острови".

Шляхом перетворення енергії органічного палива приблизно 30% енергії палива перетворюється на електричну енергію, а частина енергії поступає в забруднення довкілля у вигляді теплового забруднення атмосфери продуктами згорання.

Теплове забруднення водоймів та атмосфери має місце і при експлуатації атомних електростанцій. Зараз встановлена закономірність загального підвищення температури у водоймах, річках, атмосфері, особливо в місцях знаходження електростанцій, промислових підприємств у великих індустріальних районах. В свою чергу це приводить до зміни теплового режиму водоймів, що впливає на життя біоорганізмів, до виникнення небажаних повітряних потоків із-за підвищення температури в атмосфері, зміни вологості повітря та сонячної радіації і, в кінцевому випадку, до зміни мікроклімату.

Для зменшення впливу теплового випромінювання застосовуються різноманітні методи та технології. Основними серед них є установка тепловідбивних панелей та використання ізоляційних матеріалів, що зменшують розсіювання тепла. Зокрема, матеріали, такі як рідка керамічна теплоізоляція або теплозахисні плівки, можуть суттєво знижувати теплопередачу, зменшуючи необхідність у кондиціонуванні. Важливу роль відіграє зелена інфраструктура, озеленення, створення "зелених дахів" та стін, які природним шляхом знижують температуру повітря. Дослідження

показують, що зелений дах може зменшити температуру поверхні на 20-30 градусів в порівнянні зі звичайним дахом будівлі.

Сучасні пристрої, такі як інфрачервоні поглиначі та системи охолодження з термічною рециркуляцією, допомагають зменшити вплив теплового випромінювання, дозволяючи зменшити розсіювання тепла в навколишнє середовище, спрямовуючи його для подальшого використання в промислових цілях, або для обігріву приміщень. Новітні методи теплозахисного захисту роблять значний внесок у збереження навколишнього середовища. Поєднання фізичних і біологічних методів дозволяє ефективно захищати навколишнє середовище, зберігаючи при цьому прийнятне середовище для проживання людини. Наукові дослідження в даній галузі можуть допомогти у розробці більш ефективних та стійких методів пом'якшення впливу теплового випромінювання на довкілля, спричиненого людиною.

Використані джерела:

1. Urban Heat Islands and Their Impact on Environment.
<https://education.nationalgeographic.org/resource/urban-heat-island/>
2. Green Roofs: Benefits for Urban Areas.
<https://www.epa.gov/heatislands>
3. Advanced Cooling and Heat Absorption Systems in Industry.
https://www.researchgate.net/publication/339610955_Absorption_cooling_systems_-_Review_of_various_techniques_for_energy_performance_enhancement
4. Герасимов Олег Іванович. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: навчальний посіб. / Одеськ. держ. екол. ун-т. Одеса: ТЕС, 2018. 228

СЕКЦІЯ 1

«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

A NEW ENERGY-TECHNOLOGICAL COMPLEX FOR DRYING SOLID DISPERSED MATERIALS

Belyaev G., Ph.D. Belyaeva I., Zhukov K., Stetsuk V. 4

MODERNIZATION OF PHENYL CHLORIDE PRODUCTION PLANT WITH DEVELOPMENT OF HEAT EXCHANGER

TARTACHNYI Nazar, PODYMAN Hryhorii 7

THE MODERNIZATION OF THE EVAPORATOR OF EVAPORATOR FOR SEAWATER DESALINATION PLANT WITH BRINE UTILIZATION

Vovk M.Y., Hulienko S.V. 13

МОДЕРНІЗАЦІЯ АПАРАТУ ЗВОРОТНОГО ОСМОСУ УСТАНОВКИ ОПРИСНЕННЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ З УТИЛІЗАЦІЄЮ КОНЦЕНТРАТУ

Процюк М.О., Гулієнко С.В. 16

EFFECTIVENESS OF HYDRODYNAMIC CAVITATION FOR WATER ACTIVATION IN PRODUCTION

B. Tselen, A. Nedbailo, L. Gozhenko, N. Radchenko 19

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ДЕФЛЕГМАТОРА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА АЦЕТАТАЛЬДЕГІДУ

Єрмуракі С.Л., Гулієнко С.В. 22

INFLUENCE OF EXTRUSION TREATMENT ON BARLEY GRAIN AS A COMPONENT OF FUNCTIONAL PRODUCTS

B. Tselen, A. Nedbailo, L. Gozhenko, N. Radchenko 26

MODERNIZATION OF ETHANOL PRODUCTION FACILITY WITH DEVELOPMENT OF RECTIFICATION COLUMN

Sviatoslav Hnidenko, Andrii Stepaniuk 34

MODERNIZATION OF THE METHANOL PRODUCTION FACILITY WITH THE DEVELOPMENT OF A HEAT EXCHANGER

Glyb Stepura, Andrii Stepaniuk 48

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАКЦІЇ МЕТОДОМ КОМБІНОВАНОГО КАВІТАЦІЙНОГО ВПЛИВУ

Іваницький Г. К., Гоженко Л. П., Целень Б. Я., Радченко Н. Л.,
Недбайло А. Є. 56

MODERNIZATION OF THE ACETONE PRODUCTION FACILITY Murashov H. I., Podyman H.S.	59
ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПЕРЕМІШУВАННЯ ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМ Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Недбайло А.Є., Радченко Н.Л., Гоженко Л.П., Щепкін В.І., Шуляк В.В.	62
THE PROCESS OF HEAT EXCHANGE IN AN AIR COOLER Ihor VARTANYAN, Oleksii BAKUTA, Denis KUCHER, Stepaniuk A.R.	65
BABY FOOD PRODUCTION ESTABLISHMENT Ihor VARTANYAN, Oleksii BAKUTA, Denis KUCHER, Ph.D., Stepaniuk A.R.	73
MODERNIZATION OF THE CONTINUOUS WASTEWATER TREATMENT PLANT WITH THE DEVELOPMENT OF A REFRIGERATOR Novohat O. A., Honchar B. M.	76
METHODS OF UPGRADING THE HEAT EXCHANGER FOR HEATING SULFURIC ACID IN THE PRODUCTION OF ANHYDROUS HYDROGEN FLUORIDE BY SULFURIC ACID DECOMPOSITION OF FLUORITE Zykin I. S., Novokhat O. A.	81
ДОСЛІДЖЕННЯ КИНЕТИКИ ЗНЕВОДНЕННЯ БАКТЕРІАЛЬНОГО ПРЕПАРАТУ «ФГ-5» Переяславцева О.О., Проценко Є.М.	84
RIBBED MULTI-STAGE HEAT UTILIZER OF DUSTY GAS RENEWABLE ENERGY RESOURCES Kremnev V., Timoshchenko A., Timoshchenko A., Korbut N.	87
MODERNIZATION OF THE DEPHLEGMATOR OF THE ETHYL ACETATE PRODUCTION PLANT KOTSYUBKO Artem, PODYMAN Hryhorii	90
ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА, ЩО ПРАЦЮЄ ЗА ЦИКЛОМ КАРНО Подиман Г. С., Корень Д.М.	95
METHODS OF PROTECTING THE ENVIRONMENT FROM THERMAL RADIATION HOLON DAROVA Maryna, PODYMAN Hryhorii; DUDA Bohdan	99