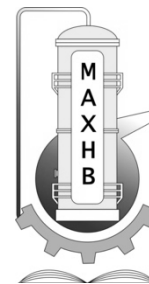




Національний технічний університет  
України «Київський політехнічний  
інститут  
імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет



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

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

06-08 грудня  
Київ 2021

УДК 66

ББК 35.11-5я43

О 16

Збірник тез доповідей ХХІХ всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" 06 - 08 грудня 2021 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. – 86 с

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

## **"ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ"**

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

Члени оргкомітету:  
НТУУ «КПІ»

к.т.н., професор Марчевський Віктор Миколайович

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

к.т.н., доц. Швед Микола Петрович

к.т.н., доц. Зубрій Олег Григорович

к.т.н., доц. Степанюк Андрій Романович

ІТТФ НАН України

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

д.т.н., с.н.с., пр.н.с. Корінчук Д. М.

к.т.н., с.н.с., пр.н.с. Коник А.В.

Інститут Газу НАН України

к.т.н., доц. Ільєнко Борис Кузьмич

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

Редактор к.т.н., доц. Степанюк Андрій Романович

Комп'ютерна верстка: Любека А. М.

Рекомендовано до друку  
Кафедрою машин та апаратів хімічних  
і нафтопереробних виробництв  
Протокол № 7  
від 23 листопада 2021 р.

## **СЕКЦІЯ 1**

### **«ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»**

UDC 661.741

## REVIEW OF CONSTRUCTION OF AIR REFRIGERATORS

student Vakulina A.D., associate professor, Ph.D., Stepaniuk A.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**Abstract:** *the designs of finning of air refrigerators are considered.*

**Keywords:** *AIR REFRIGERATOR, STRUCTURES, RIBS*

## ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ОРЕБРЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ХОЛОДИЛЬНИКІВ

Студентка Вакуліна А.Д., доц. к.т.н. Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України**

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

**Анотація:** *розглянуто конструкції оребрень повітряних холодильників.*

**Ключові слова:** *ПОВІТРЯНИЙ ХОЛОДИЛЬНИК, КОНСТРУКЦІЇ, ОРЕБРЕННЯ*

Heat-exchange apparatuses designed for heat transferring from one transfer fluid to another in order to realize heating process. Finned conduits are using in heat-exchange units for thermal improvement.

Fin fan cooler is a contact heat exchanger, where heat transferring happens as the result of contact both heating and cooling transfer fluids. In contact heat exchangers, the coolants usually interact in different phase states (gas – liquid, vapor – liquid, gas – solids, etc.), heat transferring processes can take place both without changes and with changes of the physical form of the media, with a certain heating exchanger the coolant is used by air without changing the physical aggregative state.

Usually fin type heat exchanger are using in devices for air-cooling of heat transfer fluid. For heat-transfer intensification in refrigeration and gas separation devices for heating gases (including air) with water vapor. Enormous devices for air-heating devices – calorifier (Fig.1) and other situations.

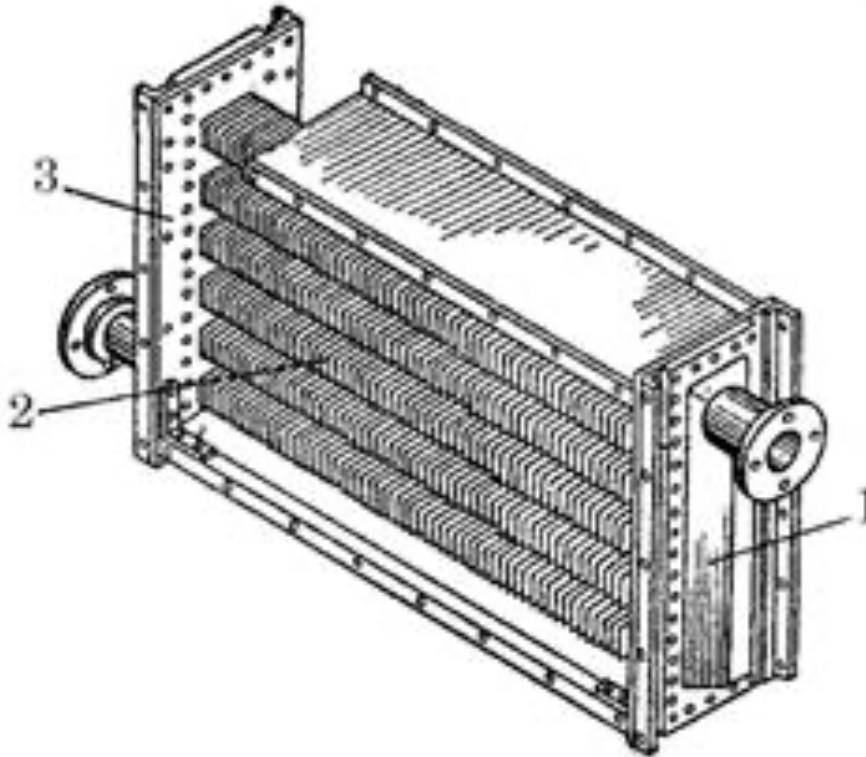


Fig.1. Laminose calorifier: 1 – vapor header; 2 – finned conduit; 3 – inlet condensation header

Saturated water vapor, which is coming to collector 1 and then to bunch of finned conduit 2.

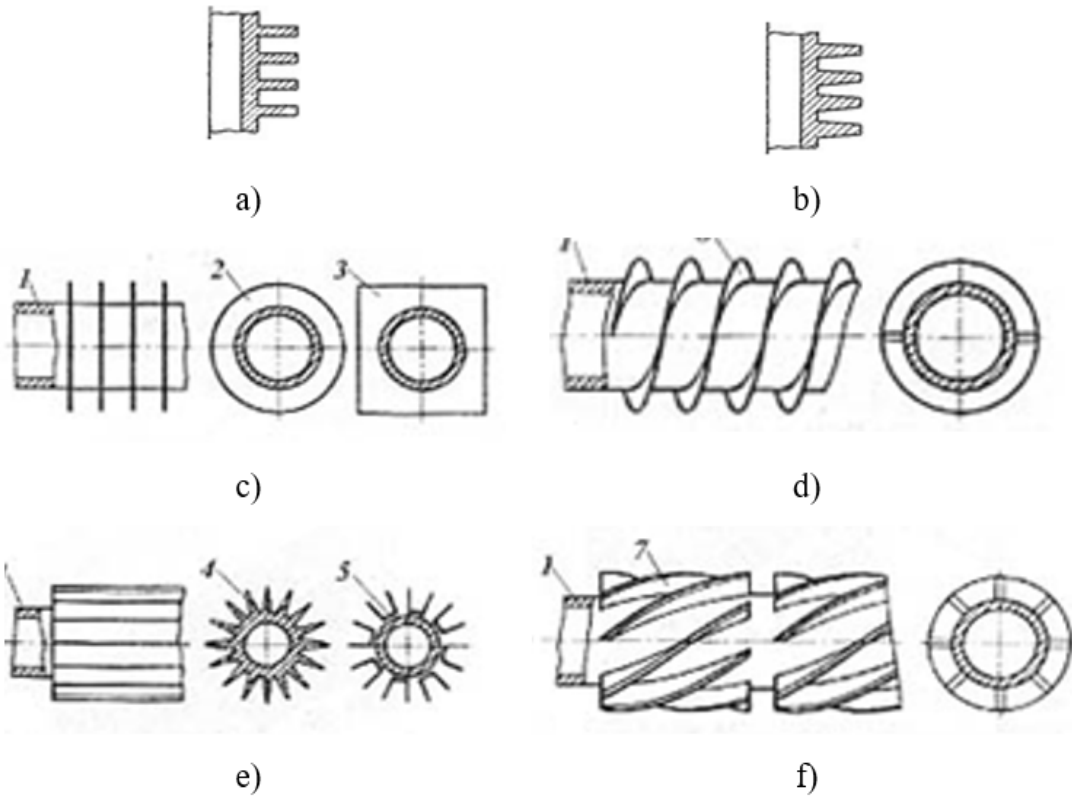
Condensation leaves collector 3.

Various constructions of heat-exchange apparatuses with a finned head heat exchanger are using in compact and efficient heat exchangers.

Finning is used on the side of the heat carrier, which has a low value of heat transfer coefficients (gases, very viscous liquids), helps us to increase heating power demand of devices. In this case it contains  $\alpha \approx 20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

There are different types of fin fan coolers: pipes have a have transverse ribs of rectangular (Fig. 2, a) or trapezoidal section (Fig. 2, b), which were projected with longitudinal, fin, wire, needle continuous spiral ribs and so on.

Some types of ribbing of the outer surface of round straight pipes are shown in Fig. 2.



1 - pipe, 2 - round flat or corrugated rib, 3 - transverse square rib, 4 - cast longitudinal ribs, 5 - welded trough-shaped ribs, 6 - spiral ribbed rib, 7 - spiral split ribs

Figure 2 - Types of finning of the outer surface of the pipes

a - pipe with rectangular ribs, b - pipe with trapezoidal ribs, c - pipe with transverse round (flat or corrugated) or square ribs, d - pipe with spiral split ribs, e - pipe with cast longitudinal ribs, f - pipe with spiral ribs

**References:**

1. Martin H. Heat Exchangers. CRC Press LLC, 2018. 220 p.// <https://www.ekinendustriyel.com/plate-heat-exchanger/what-is-plate-heat-exchanger/>
2. Агеєв К. В. Рекуперативні теплообмінники на основі струминно-вихрової технології в технологічних процесах та апаратах : автореф. Дис. ... канд. техн. Наук. Одеса, 2015. 20 с.
3. Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. Ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — С. 155; 189.

УДК 664.854

## ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ ВОЛОГИ ПЛОДІВ ЛОХИНИ МЕТОДОМ ВИСУШУВАННЯ ДО ПОСТІЙНОЇ МАСИ

к.т.н., стар.наук.співр. Слободянюк К.С., аспірант Граков О.П.

*Інститут технічної теплофізики НАН України*

**Анотація.** З метою подальшого дослідження тепломасообмінних процесів сушіння лохини попередньо виконано дослідження по визначенню масової частки вологи плодів лохини методом висушування до постійної маси. Для того щоб отримати показники постійної маси треба висушувати плоди лохини в сушильній шафі 5 год. 20 хв. Встановлено, що масова частка вологи  $X$  плодів лохини становить 81-87%. Період зберігання плодів до висушування в сушильній шафі має вплив на розбіжність отриманих значень масової частки вологи  $X$  в межах 5-7 %.

**Ключові слова:** ПЛОДИ ЛОХИНИ, МАСОВА ЧАСТКА, ВОЛОГА, СУШИЛЬНА ШАФА, СУШІННЯ.

## DETERMINATION OF THE MASS FRACTION OF MOISTURE OF BLUEBERRY FRUITS BY THE DRYING METHOD TO A CONSTANT WEIGHT

PhD, Senior Researcher Slobodianiuk K.,

postgraduate Grakov O.

*Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

**Abstract.** In order to further study the heat and mass transfer processes of blueberry drying, a study was previously performed to determine the mass fraction of moisture in blueberry fruits by drying to constant weight. In order to obtain a constant weight, you need to dry the blueberries in an oven for 5 hours 20 min. It is established that the mass fraction of moisture  $X$  of blueberry fruits is 81-87%. The period of storage of fruits before drying in an oven has influence on a discrepancy of the received values of mass fraction of moisture within 5-7 %.



**Keywords:** BLUEBERRY FRUIT, MASS FRACTION, MOISTURE, OVEN, DRYING.

Для дослідження тепломасообмінних процесів сушіння лохини потрібно попередньо визначити методологічні особливості визначення масової частки вологи лохини методом висушування до постійної маси.

Метод висушування до постійної маси за ГОСТ 28561-90 [1] заснований на здатності досліджуваного зразка сировини, що розміщена в сушильній шафі, віддавати гігроскопічну вологу при температурі 100-105 °С. Масову частку вологи визначають за різницею в масі наважки зразка до та після висушування [1].

Об'єкт дослідження - плоди лохини. Метою дослідження було визначити масову частку вологи плодів лохини.

Масова частка вологи  $X$  (у %) вираховується за формулою :

$$X = \frac{M_1 - M_2}{M} \cdot 100,$$

де  $M$  – маса зразка сировини, г;  $M_1$  – маса бюкси зі зразком сировини до висушування, г;  $M_2$  – маса бюкси зі зразком сировини після висушування, г.

Проведення дослідження за відомим методом виконувались наступним чином. Зразок (плоди лохини) масою 5 г зважують на аналітичних вагах, в чисту, заздалегідь висушену бюксу, ставлять в сушильну шафу при температурі 100-105 °С на 4 год. Далі бюксу закривають кришкою і охолоджують в ексикаторі протягом 20 хв і зважують. Вважається, що постійна маса досягнена, якщо різниця між двома останніми зважуваннями не буде перевищувати 0,001 г. За результати випробування приймають середнє арифметичне значення двох паралельних визначень. Розбіжність не повинна перевищувати 0,25 %. Похибка розрахунків  $\leq 0,01$  % [1].

Для того щоб отримати показники постійної маси треба висушувати плоди лохини в сушильній шафі 5 год. 20 хв.

**Висновки.** Нами було встановлено, що масова частка вологи  $X$  плодів лохини становить 81-87%. За даними спостережень по зберіганню свіжих плодів лохини від моменту їх збору також встановлено, що період зберігання

плодів до висушування в сушильній шафі має вплив на розбіжність отриманих значень масової частки вологи  $X$  в межах 5-7 %, що є суттєвим при дослідженні тепломасообміну під час сушіння.

**Перелік посилань:**

1. ГОСТ 28561-90 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги». Москва: «Стандартинформ», 2011.

УДК 661

**MODERNIZATION OF THE PLANT FOR SEPARATION OF THE MIXTURE OF CARBON DISULPHIDE-TETRACHLOROMETHANE**

student Zabolotna N.V., assistant professor, Ph.D. Stepaniuk A.R.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**ANNOTATION:** *The purpose of carbon tetrachloride is given, the technical process of carbon tetrachloride production is described, the directions of installation modernization are formulated.*

**KEY WORDS:** *PRODUCTION TECHNOLOGY, DISTILLATION COLUMN, CARBON TETRACHLORIDE, CARBON TETRACHLORIDE, RECTIFICATION, MODERNIZATION.*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ ДИСУЛЬФІД ВУГЛЕЦЮ-ТЕТРАХЛОРОМЕТАН**

студентка Заболотна Н.В., к.т.н., доц.. Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України**

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

**Анотація.** *Наведено призначення тетрахлорметану, описано технічний процес вироблення тетрахлорметану, сформульовано напрями модернізації установки.*

**Ключові слова:** *ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, ТЕТРАХЛОРОМЕТАН, ЧОТИРИХЛОРИСТИЙ ВУГЛЕЦЬ, РЕКТИФІКАЦІЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.*

Tetrachloride methane ( $\text{CCl}_4$ ) is a chemical substance of industrial production, which does not occur in the environment under natural conditions. It is a clear, non-flammable heavy liquid that evaporates easily, giving a characteristic sweet odor

similar to that of chloroform. It is classified as volatile organic compounds, boils at 76.5 ° C, relative density 1594 kg / m<sup>3</sup> (at 20 ° C) [1]. Although CCl<sub>4</sub> is not found in nature, it is often formed as a result of industrial use. It is a stable compound with a half-life of 6-12 months in water or soil and a half-life of 30-100 years in the atmosphere.

In industry, carbon tetrachloride is obtained by chlorination of various low molecular weight hydrocarbons, such as carbon disulfide, methane, ethane, propane or ethylene dichloride, thermal chlorination of methyl chloride, and chlorination of, for example, chloromethane or methane, heating a mixture of chlorine and other substances

At this temperature, such chemical reactions occur that gradually convert methyl chloride or methane into compounds with a high chlorine content. The process results in a mixture consisting of methyl chloride, dichloromethane, chloroform and carbon tetrachloride. The substances are separated by distillation [2].

Carbon tetrachloride is a good solvent for many substances such as resins, fats, bitumens, rubbers and others. Due to this, as well as due to heavy flammability and cheapness, it has become important for a large number of industries. Tetrachloride methane is also used to produce CFCs as an extractant in medicine. Tetrachloride methane is not only non-flammable, but also has the ability to extinguish the flames of volatile and flammable substances such as gasoline, benzene and the like. Therefore, it is used for special fire extinguishers.

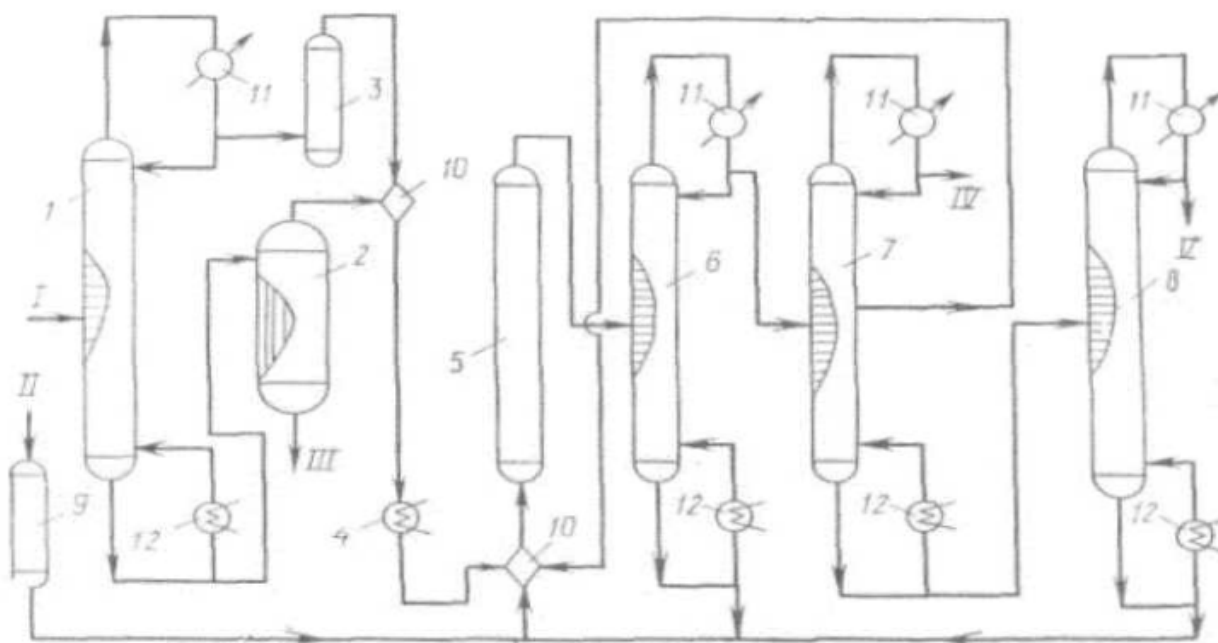
Historically, CCl<sub>4</sub> has been used primarily for the production of chlorofluorocarbons, which are used as coolants in refrigeration equipment and as propellants for aerosols. Previously, carbon tetrachloride was used against intestinal parasites (hookworms), as a grain fumigant, and was a standard filler in portable fire extinguishers for Soviet armored vehicles. Extinguishing the fire in the car had to be performed in gas masks - when carbon tetrachloride hit the hot surface there was a chemical reaction of partial replacement of chlorine by atmospheric oxygen with the formation of phosgene - a potent suffocating poison.

Carbon tetrachloride was the first of five chlorinated solvents to be widely used. Industrial production in Europe began around 1900 or even earlier.

Tetrachloride methane qualification "EMU" is used for analysis of aqueous media for petroleum products by infrared spectroscopy.  $CCl_4$  is currently used to manufacture some of the following products: brake cleaners, electrical and machine cleaners, industrial construction and plastic adhesives, perchlorethylene (also known as Tetrachloride methane), reference chemicals for laboratory applications, and synthetic rubbers.

Tetrachloride methane is a precursor of chlorofluorocarbons, which were used as a propellant for aerosols. The reduction of this use is due to the agreement reached in the Montreal Protocol [3].

The technological scheme of obtaining carbon tetrachloride is shown in Figure 1.



- 1, 6, 7, 8 - rectification columns; 2 - evaporator; 3, 9 - dehumidifiers;  
 4 - heater; 5 - reactor; 10 - the mixer; 11 - refrigerator; 12 - boiler.  
 I - chlorinated hydrocarbons; II - chlorine; III - soot, resin;  
 IV - hydrogen chloride; V -  $CCl_4$ .

Figure 1 - Technological scheme for the production of carbon tetrachloride

Before entering the chlorolysis reactor 5, the chlorine-containing compounds are first separated into heavy and light fractions in the distillation column 1. The heavy fractions are separated from the resins and carbon black in a film evaporator 2, and the light fractions are dried in desiccant 3 with silica gel or aluminogel. Then both types of fractions are combined, then heated in the heater 4 and fed to the mixer 10, where they are mixed with chlorine dried in the apparatus 9. At a temperature of 550-600 ° C and a pressure of 18-20 MPa chlorolysis leads to the formation, mainly,  $\text{CCl}_4$ .  $\text{HCl}$  is removed from the top of column 7, a mixture of  $\text{HCl}$  and  $\text{CCl}_4$  is removed from the middle part of column 7, then sent for recycling together with the VAT residue of column 5. Commodity  $\text{CCl}_4$  is isolated from the top of column 5.

The distillation column effectively cleans the product, provides high-quality separation of the mixture, even if its components take place in other summer periods, but it has a high construction height. The distillation column requires thermal insulation, because it performs its standard functions, minimizing the impact on the rectification process of external factors. The operation of the column depends on the stability and uniform temperature distribution along the length, so the use of insulation is all justified in the rectification process. In general, the rectification process is quite long, as the column is not characterized by very high productivity.

The distillation column effectively cleans the product, provides high-quality separation of the mixture, even if its components take place in other summer periods, but it has a high construction height. The distillation column requires thermal insulation, because it performs its standard functions, minimizing the impact on the rectification process of external factors. The operation of the column depends on the stability and uniform temperature distribution along the length, so the use of insulation is all justified in the rectification process. In general, the rectification process is quite long, as the column is not characterized by very high productivity. Columns with regular nozzles have low weight and large contact area, but there is difficulty in the correct distribution of vapors and reflux, in addition, they have a high resistance [4].

To upgrade the plant used to separate the carbon-carbon Tetrachloride methane mixture, it is necessary to upgrade the nozzle distillation column, which will make the distillation process more efficient.

### References

1. Carbon tetrachloride (Compound) (2021), «Compound summary. Carbon tetrachloride», <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5943>. Від 01.11.2021
2. ScienceDirect (2014), «Carbon Tetrachloride», [www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/carbon-tetrachloride](http://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/carbon-tetrachloride). Від 01.11.2021
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2014), «Carbon Tetrachloride Toxicity», [www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/carbon-tetrachloride](http://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/carbon-tetrachloride). Від 01.11.2021
4. Гутник С.П., Сосонко В.Е., Гутман В.Д. Расчеты по технологии органического синтеза. – М.: Химия, 1988.

УДК 66.026.4

## **TYPES OF REGENERATIVE HEAT EXCHANGERS**

student Muzyka S.N., assistant professor, Ph.D. Stepaniuk A.R.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**ANNOTATION:** This paper provides an overview of the designs of regenerative heat exchangers, namely blast furnace air heaters. Examples of constructions are given, advantages and disadvantages are described.

**KEY WORDS:** HEAT EXCHANGERS, REGENERATIVE HEAT EXCHANGERS, TYPES, COMPARISONS.

## **ВИДИ РЕГЕНЕРАТИВНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ**

студентка Музика С.М., к.т.н., доцент Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ:** В даній роботі наведено огляд конструкцій регенеративних теплообмінників, а саме доменних повітрянагрівачів. Наведено приклади конструкцій, описано переваги та недоліки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ТЕПЛООБМІННИКИ, РЕГЕНЕРАТИВНІ ТЕПЛООБМІННИКИ, ВИДИ, ПОРІВНЯННЯ.

To date, due to the development of industry based on the creation of high-performance plants, the importance of heat and mass transfer processes in terms of rational use of heat and raw materials has increased. One of these types of installations is blast furnace air heaters [1-3].

Blast furnace air heaters (AH) are regenerative heat exchangers. Each of them is a cylindrical structure filled with multi-row gratings (nozzle), lined with refractory



blocks. The nozzle is the main structural element of the air heater, which determines the heat transfer processes from the combustion products to the air.

The full working period of regenerative air heaters consists of two working cycles:

- the heating cycle of the nozzle (gas period), when the combustion products of the heating gas (blast furnace or mixed) are fed from above and, passing through the nozzle, heat it;
- the blast heating cycle (blast period), when the heated air (cold blast) is fed from below into the heated nozzle and, passing through it from the bottom up, is heated. The nozzle in its own is cooled.

In this regard, the number of air heaters can not be less than two. Blocks consisting of three or four (very rarely - five) devices are used in blast furnace production.

Air heaters largely determine the economics of blast furnace production. Increasing the temperature of the blast furnace leads to a reduction in coke consumption and to an increase in the productivity of furnaces, which significantly reduces operating costs. The overall economic efficiency of blast heating is influenced by capital costs for the construction of air heaters and their repairs. The level of blast heating temperatures reached, the capital cost of construction and the service life of air heaters are primarily determined by their design.

There are several types of air heaters.

Air heaters with an internal combustion chamber (Figure 1) [1]. In such devices, the nozzle chamber and the combustion chamber are placed in parallel in one casing. This design was proposed more than 150 years ago, and its long operation has revealed a number of significant shortcomings:

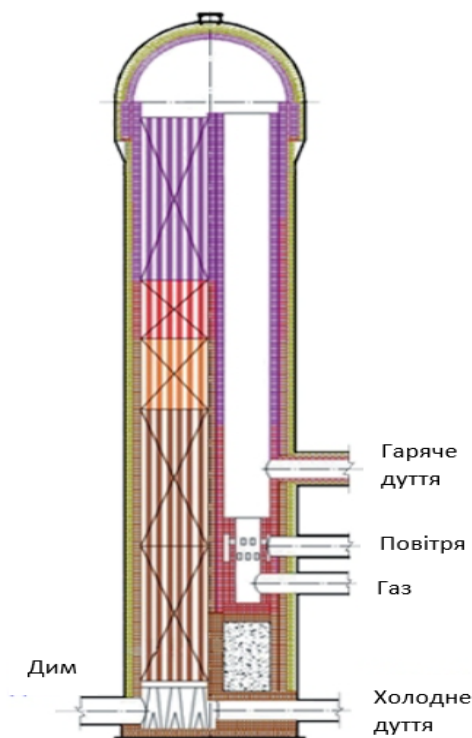


Figure 1 - Air heaters with an internal combustion chamber

- "short circuit", or direct flow of gases between the combustion chamber and the nozzle chamber through cracks and seams between the bricks in the partition wall, which leads: in the gas period - to a significant increase in CO concentration in flue gases up to 5000 mg / m<sup>3</sup> at European standards 100 mg / m<sup>3</sup>, a significant increase in CO emissions into the atmosphere and the deterioration of the environmental situation; in the blast period - before mixing cold blast with hot blast and reducing the temperature of the latter (sometimes by 100°C);
- the inclination of the combustion chamber towards the nozzle ("banana effect"), which leads to mutual damage to the combustion chamber and the nozzle, and the displacement of the nozzle, the overlap of its channels and a significant increase in hydraulic resistance of the air heater;
- high-temperature fluidity (creep) of refractory materials under the action of high temperatures and increased pressures in the lower part of the combustion chamber, which causes deformation and collapse of the masonry, especially hot blast fittings;

- uneven distribution of combustion products on the nozzle, which reaches  $\pm 15\%$  and leads to a decrease in the efficiency of the nozzle, temperature differences in the nozzle array and the appearance of cracks in its blocks and in the nozzle space;
- pulsating combustion, which occurs due to the acoustic excitation of the high combustion chamber like an organ tube and which leads to strong vibration of structures, destruction of masonry, violation of the normal mode of operation of the PN;
- cracking of refractory materials in the lower part of the combustion chamber (in the area of the burner device) under conditions of thermal stability with sharp fluctuations in temperature during the change of gas and blast periods.

These shortcomings lead to frequent failure of the combustion chamber and characterize it as the weakest element of the air heater. This limits the temperature of the hot blast during long-term operation at the level of  $1200^{\circ}\text{C}$  and requires frequent repairs of AH.

Air heaters with an external combustion chamber, the scheme of which is shown in Figure 2, [2].

The most significant modernization of air heaters with an internal combustion chamber became devices with an external combustion chamber, where the latter is placed in a separate casing. However, this eliminates only two disadvantages: "short circuit" and the effect of "banana".

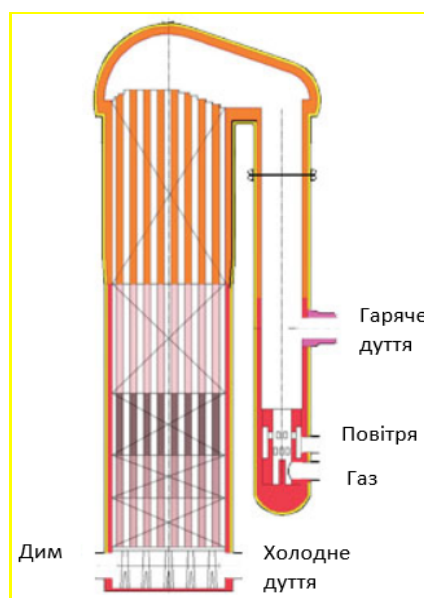


Figure 2 - Air heater with external combustion chamber

These air heaters have a much more complex design of the cover of the device and a complex system of compensation of temperature expansions of the casings of the nozzle chamber and the combustion chamber.

Therefore, their cost is 30-35% higher, and to accommodate them requires much more space, which causes difficulties in the reconstruction of existing shops. In addition, the shells of devices of this type have a high tendency to intergranular corrosion. However, these devices have a more reliable design and are installed on large blast furnaces. The maximum temperature of a hot blast at long operation - 1250°C.

Shaftless air heaters, namely an air heater with an annular prechamber, resting on the lid (Figure 3), [3].

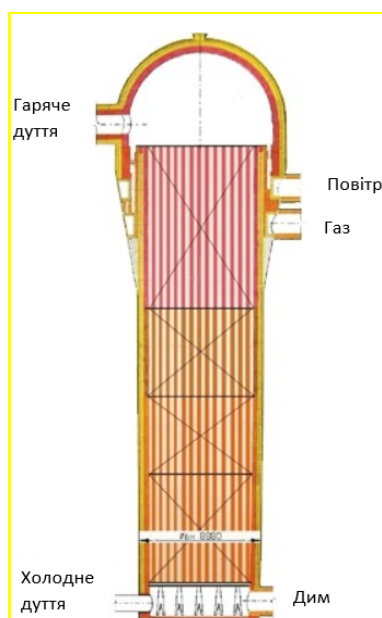


Figure 3 - Shaftless air heaters

The main disadvantages of traditional air heaters with internal and external combustion chambers can be eliminated if you eliminate the combustion chamber itself (another name - mine). Air heaters without combustion chambers are called mineless. The service life of mineless PN will be determined not by the stability of the combustion chamber, but by the stability of the cover, the burner located on it and the nozzle.

At the base of the extended cover, there is a short annular prechamber about 1 m high, in the lower part of which there are 50 small ceramic caliber burners. Almost complete combustion of gas is achieved at the outlet of the prechamber, and pulsating combustion does not occur in any mode. The uneven distribution of combustion products on the nozzle is only  $\pm 5\%$  (in conventional PN -  $\pm 15\%$ ).

This air heater was tested to work with the design temperatures of the dome 1450 °C and blast 1350 °C. It works reliably in a unit with two conventional air heaters with a hot blast temperature of 1200 °C. The service life of a shaftless air heater is determined by the stability of the dome, which is several times higher than the stability of the combustion chamber and reaches 30 years for the cover.

Each type of AH has its advantages and disadvantages.

The advantages of regenerative heat exchangers include: simplicity of the device, the ability to work with large amounts of coolant, relatively low cost of maintenance, the ability to work at high temperatures (for example, with the flue gases of blast furnaces, which we considered).

Disadvantages: cumbersome design, a significant difference in coolant temperatures is required, so that the driving force of the heat transfer process was sufficient at both stages of the process.

The described types of AN make it possible to conclude that there are opportunities to increase the efficiency, reliability and efficiency of heat exchangers.

### **References:**

1. ZIĘBIK, A., RUSINOWSKI, H. and STANEK, W.: Empirical Thermal Characteristics of Cowper Stoves. Archives of Thermodynamics, No 1-2, 1996.

2. Andrzej Ziebig, Wojciech Stanek: Identification of the influence of blast-furnance working parameters upon the supply and net calorific value of blast furnance gas. Acta Montanistica Slovaca 8 (2003), 4

3. Oluleye, G., Jobson, M., Smith, R., Perry, S. J. (2016). Evaluating the potential of process sites for waste heat recovery. Applied Energy, 161, 627–646.

UDC 662.73

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE DRYING KINETICS OF COMPOSITE BIOGRANULES

graduate student Novikova Yu., graduate student Petrov A.

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

*Abstract.* The paper presents studies of the effect of temperature on the drying kinetics of biogranules based on peat, sludge and sawdust.

*Key words:* peat, sludge, sawdust.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА КІНЕТИКУ СУШІННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ БІОГРАНУЛ

аспірантка Новікова Ю.П., аспірант Петров А.І.

**Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України**

*Анотація.* У роботі наведені дослідження впливу температури на кінетику сушіння біогранул на основі торфу, мулових відкладень та тирси.

*Ключові слова:* торф, мулові відкладення, тирса.

Compositions for granulation were created from obsolete sludge, milling peat and biomass [1]. The obtained compositions were subjected to granulation on a screw mechanical device.

After granulation in biogranules, the kinetics of drying on a convective drying stand with an automatic information collection system were studied [2].

In fig. 1 shows the temperature curves and drying kinetics of three-component biogranules based on peat, obsolete sludge and sawdust on a convective drying stand at temperatures of 80 °C and 120 °C.

The drying time of three-component biogranules with increasing coolant temperature from 80 to 120 °C decreases 1.6 times (Fig. 1). The heating of the biogranules at a coolant temperature of 80°C is uniform up to 20 min, followed by

intensive heating and at a humidity of 10% of the granules is 70°C, at a temperature of 120°C the heating of the biogranules is more intense and at the corresponding humidity is 107°C.

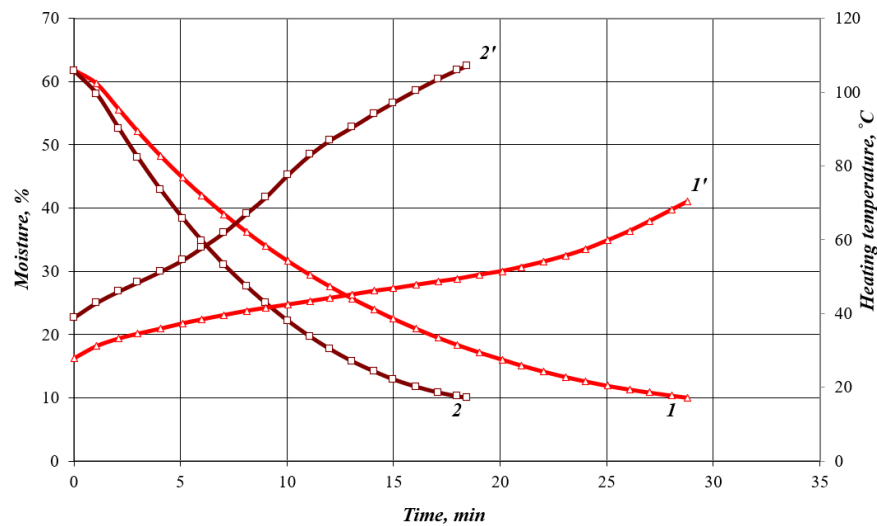


Fig. 1. Change of moisture content (1,2,3) and temperature inside the layer (1', 2', 3') of three-component biogranules based on peat, silt deposits and sawdust from time to time. Mode parameters  $V = 2$  m/s,  $d = 6$  mm: 1, 1' – 80 °C; 2, 2' – 120 °C

Studies of the effect of temperature on the drying kinetics of composite biogranules based on sludge, peat and sawdust showed that at 120 °C the process is faster, about 1.6 times, and the granules are heated more intensely than at 80 °C. Therefore, it is advisable to carry out the process at 120 °C

## References:

1. Petrova, Z., & Novikova, Y. (2021). Preparation of raw materials, creation of compositions and granulation from obsolete sludge, peat and biomass. *Ceramics: science and life*, 1(50), 14-18.
2. Petrova, Z., Sniezhkin, Y., Paziuk, V., Novikova, Y., Petrov, A. (2021). Investigation of the Kinetics of the Drying Process of Composite Pellets on a Convective Drying Stand. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 159-166. <https://doi.org/10.12911/22998993/137676>.

УДК 661.72

## ВПЛИВ ГІДРОМОДУЛЮ НА ДИСПЕРУВАННЯ СТЕБЕЛ КУКУРУДЗИ ПРИ ЇЇ ОБРОБЦІ В РОТОРНО- ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ

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

Інститут технічної теплофізики НАН України

**Анотація:** Розглянуто вплив гідромодулю водних дисперсій соломи пшеничної при їх диспергуванні в роторно-пульсаційному апараті на розмір часток. Визначено, що обробка в роторно-пульсаційному апараті протягом 10 циклів при гідромодулі 1:5 зменшує вміст часток з розмірами >400 мкм з 75 до 25% та збільшує вміст часток з розмірами <80 з 1 до 36%.

**Abstract:** The influence of the water/solid ratio of aqueous dispersions of corn stalks during their dispersion in a rotor-pulsation apparatus on the particle size is considered. It is determined that the treatment in the rotor-pulsation apparatus for 10 cycles at a water/solid ratio of 1: 5 reduces the content of particles with sizes > 400  $\mu\text{m}$  from 75 to 25% and increases the content of particles with sizes <80 from 1 to 36%.

**Ключові слова:** біоетанол, стебла кукурудзи, попередня підготовка, диспергування, роторно-пульсаційний апарат.

**Keywords:** bioethanol, corn stalks, pretreatment, dispersing, rotor-pulsation apparatus.

Одним з вирішальних факторів ефективності сучасного виробництва є рівень безвідходності і комплексний характер переробки сировини.

Фізичні та хімічні властивості рослинної сировини, такі, як структура, вологоємність, вологість, визначають швидкість, ступінь гідролізу і вихід редуруючих речовин [1].

Попередня обробка сировини може збільшити доступну площу поверхні і розмір пір, знизити кристалічність і ступінь полімеризації целюлози [2]. Подрібнення може бути використано для зміни характерної ультраструктури



лігноцелюлози і ступеня кристалічності, а отже, зробити її більш доступною для подальшого гідролізу. Чим менше розмір часток, тим більше питома поверхня, відкрита для гідролізу і тим швидше відбувається утворення редуруючих речовин. Одним з об'єктів застосування диспергованої рослинної сировини є виробництво біоетанолу [3].

Метою роботи є збільшення ефективності диспергування рослинної лігноцелюлозної біомаси за рахунок дискретно-імпульсного введення енергії та інноваційного тепломасообмінного обладнання.

Матеріали і методи. Матеріалом досліджень було обрано стебла кукурудзи. Гранулометричний склад сировини після обробки в дезінтеграторі дезінтеграторі 8255 Nossen, VEB Maschinen Anlagenbau Nossen, Німеччина, наведено в табл. 1. Подальше подрібнення водної дисперсії соломи проводили на тепломасообмінній установці з роторно-пульсаційним апаратом [4].

На рис наведено гранулометричний склад водної дисперсії соломи пшениці у співвідношенні 1:5; 1:10; 1:15 та обробленої в роторно-пульсаційному апараті протягом 10 циклів.

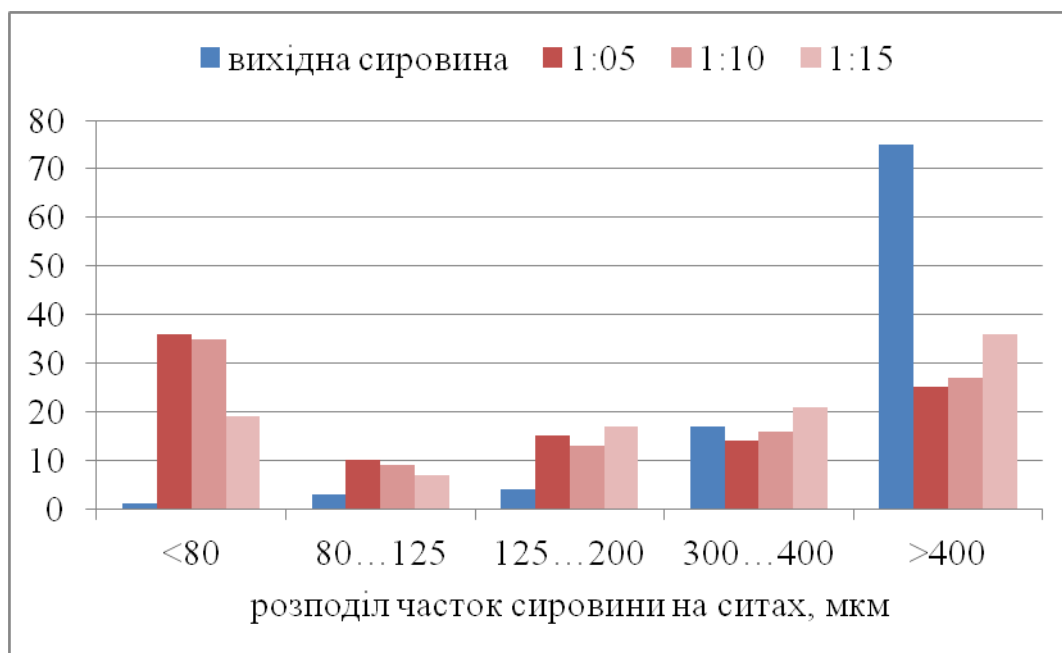


Рис. 1 Залежність гранулометричного складу (% мас.) водної дисперсії стебел кукурудзи, обробленої в роторно-пульсаційному апараті протягом 10 циклів від гідромодулю

Визначено, що обробка в роторно-пульсаційному апараті протягом 10 циклів зменшує вміст часток з розмірами >400 мкм з 75 до 25% та збільшує вміст часток з розмірами <80 з 1 до 38%.

Пат. України № 123463 С12Р 7/10 (2006.01), С12Р 19/02 (2006.01) Спосіб попередньої обробки рослинної сировини для ферментативного гідролізу / А.А. Долінський, О.М. Ободович, В.В. Сидоренко, А.Ю. Лимар, С.П. Азаров, В.О. Хоменко; Заявка а2019 03817; заявл. 12.04.2019, опубл. 07.04.2021, бюл. № 14. (5 стор).

#### **Висновок:**

Обов'язковою умовою підвищення ефективності процесу біоконверсії є висока дисперсність часток рослинного матеріалу, що обумовлює розвинену поверхню, доступну дії ферментів. Будь-який напрямок використання помелу біомаси потребує знання її гранулометричного складу в залежності від технологічних режимів одержання та використання.

#### **Перелік посилань:**

1. Нуртдинов Р.М. Предварительная обработка растительного сырья и отходов сельскохозяйственного производства с целью повышения выхода редуцирующих веществ / Р.М. Нуртдинов, Р.Т. Валеева, С.Г. Мухачев, М.В. Харина// Весник Каз. Технол. Ун-та. – 2011. – №9. – С.264-267.
2. Шарков В.И. Технология гидролизных производств: учеб.пособие для вузов/В.И. Шарков. – М.: Лесная промышленность, 1973. – 230 с.
3. Патент №2233087(Россия) Растительная мука и способ ее получения/ Щеглов В.Н., Бушин В.Г., Проскурин А.А.//27.07.2004.
4. Myronchuk Valerii, Obodovych Oleksandr, Sydorenko Vitalii The influence of discrete-pulsed energy input on the distribution of plant biomass. Ukrainian Food Journal. 2019. Vol.8, Issue 3, P. 634-645.

УДК 628.164

## ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОКИСЛЕННЯ ЖИВИЛЬНОЇ ВОДИ ДЛЯ ПАРОВИХ КОТЛІВ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ

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

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

**Анотація:** Наведено значення ефективності окиснення іонів заліза в залежності від їх концентрації протягом обробки модельних розчинів в роторно-пульсаційному апараті за різних частот пульсацій.

**Abstract:** The values of the oxidation efficiency of ferrous ions depending on their concentration during the processing of model solutions in the rotor-pulsation apparatus at different frequencies of pulsations are given.

**Ключові слова:** водопідготовка, котел, знезалізнення, ефект окислення, роторно-пульсаційний апарат.

**Keywords:** water treatment, boiler, deferrization, oxidation effect, rotor-pulsation apparatus.

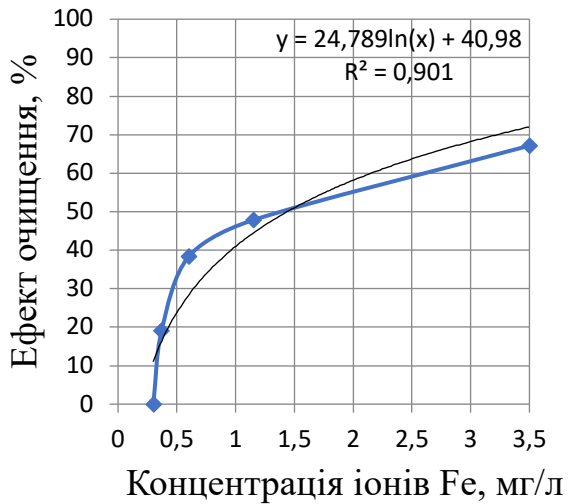
Забруднення і корозія внутрішніх поверхонь нагріву теплоенергетичного обладнання є важливими факторами, що впливають на економічність і надійність роботи систем тепlopостачання [1]. Джерелами водопостачання для живлення котлів та парогенераторів є підземні води, збагачені іонами заліза.

Відомо, що нерозчинні і малорозчинні сполуки заліза ведуть до утворення осаду та корозії обладнання та трубопроводів. Присутність у воді сполук заліза негативно позначається і на процесі пом'якшення води. Воду, що містить залізо, не можна подавати на катіонітові фільтри, оскільки залізо закупорює іонообмінні смоли, позбавляючи можливості їх регенерації, що призводить до необхідності частої заміни завантаження. При використанні технології зворотного осмосу, залізо руйнує зворотньоосмотичну мембрану [2].

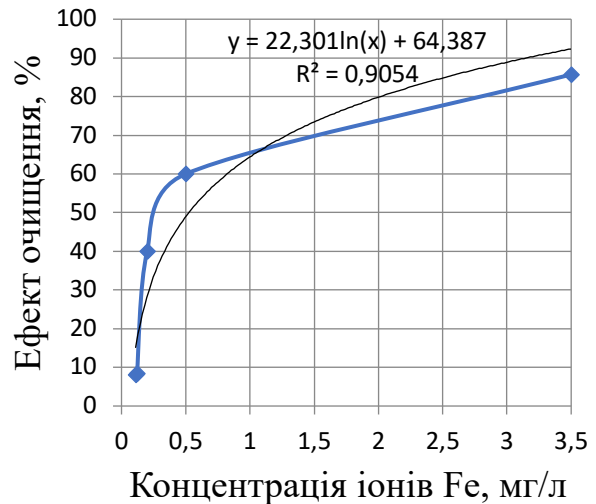
Метою роботи є підвищення надійності та подовження ресурсу котлів ДКВР за рахунок інтенсифікації процесу хімводоочищення шляхом

використання механізмів дискретно-імпульсного введення енергії для підготовки живильної води котлів ДКВР.

Для визначення ефективності окиснення іонів заліза було застосовано аераційно-окиснювальну установку, принцип дії якої наведено в [3].



а)



б)

Рис. 1. Ефект окиснення іонів заліза у воді при частоті пульсацій:  
а - 2,1 кГц; б - 2,7 кГц

Дані, представлені на рис. 1 свідчать про те, що ефект очищення в обох випадках збільшується зі збільшенням концентрації розчиненого заліза у воді, що обробляється. Так, при частоті пульсацій 2,1 кГц ефект очищення складає майже 70% при концентрації іонів Fe 3,5 мг/л та близько 30% при концентрації іонів Fe 0,5 мг/л. Збільшення частоти пульсацій до 2,7 кГц призводить до зростання ефективності очищення до 85% при іонів Fe 3,5 мг/л. Зі зменшенням концентрації іонів Fe до 0,5 мг/л ефективності очищення знижується до 60%.

### Висновок:

Таким чином, збільшення частоти пульсацій потоку в роторно-пульсаційному вузлі призводить до збільшення ефективності очищення незалежно від початкової концентрації іонів заліза.

**Перелік посилань:**

1. Марченко Е. М., Пермяков А.Б., Семенова И.В. Метод водоподготовки для предотвращения накипи и коррозии в системах теплоснабжения промышленной энергетики. *Энергосбережение и водоподготовка*. 2011. 4(66). С. 44-48.
2. Драбкина Е.В., Павлов Ю.Н. Исследование методов обезжелезивания воды для котельных установок и парогенераторов. *Транспортное строительство*. 2017. 3. С. 111-116.
3. Долінський А.А., Ободович О.М., Сидоренко В.В., Гусятинська Н.А. Реалії сьогодення та перспективи майбутнього підготовки питної і технологічної води. *Наукові праці НУХТ*. 2018. 24(2). С. 247-255.

УДК 664.8.047

**РІВНОВАЖНА ВОЛОГІСТЬ СУХИХ ПРОДУКТІВ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ (ГОРОХОВО-МОРКВЯНОГО СУПУ-ПЮРЕ)**

Гол. наук. співр., д.т.н., лауреат Державної премії України

в галузі науки і техніки Петрова Ж.О.,

к.т.н., ст. наук. співр. Самойленко К.М.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

*Анотація:* У роботі наведені дослідження рівноважної вологості сухих продуктів швидкого приготування (горохово-морквяного супу-пюре) та основних рецептурних інгредієнтів.

*Ключові слова:* адсорбція, рівноважна вологість, сухі продукти швидкого приготування.

UDC 664.8.047

**EQUILIBRIUM HUMIDITY OF DRY INSTANT PRODUCTS  
(PEA-CARROT SOUP-PUREE)**

Chief Researcher, Doctor of Engineering, Laureate of the State Prize of

Ukraine in the field of science and technology Zhanna Petrova,

Senior Research Fellow, Ph.D. Kateryna Samoilenko

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

*Abstract:* The paper presents studies of the equilibrium humidity of dry instant products (pea-carrot soup-puree) and the main recipe ingredients.

*Key words:* adsorption, equilibrium humidity, dry instant products.

При розгляді технологічних властивостей функціональних порошків та продуктів з них важливе значення має рівноважна вологість, яка визначає умови їх зберігання та кінцеву вологість при сушінні. Для визначення рівноважної вологості зразків комбінованих порошків залежно від відносної вологості повітря застосовувався тензометричний метод Ван Бамелена [1].

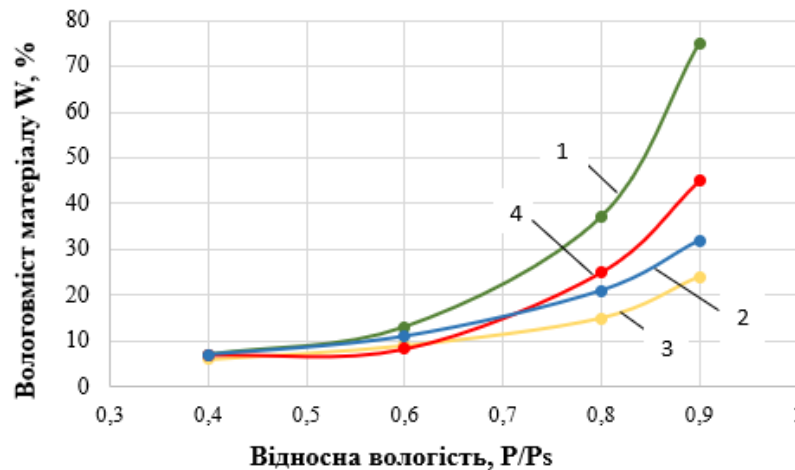


Рис. 1. Ізотерми адсорбції водяної пари моно-, комбінованих порошків та продуктів швидкого приготування на їх основі:

- 1 – морквяний; 2 – гороховий; 3 - горохово-морквяний;  
4 – горохово-морквяний суп-пюре

Як показали проведені дослідження (рис. 1), монопорошки мають найвищу рівноважну вологість. У композиційних порошках ця здатність зменшується, що призводить до покращення умов зберігання цих порошків. Рівноважна вологість горохово-морквяного порошку  $\varphi=0,6$  становить 9 %, а гороховий суп-пюре має рівноважну вологість 8,3.

При зберіганні композиційних порошків та сухих продуктів швидкого приготування з метою збереження їхніх технологічних властивостей рекомендується підтримувати в приміщенні наступні умови: вологість повітря до 60 % при температурі 20 – 25 °С та герметично їх запаковувати.

#### Список використаних джерел:

1. Zh. Petrova, K. Samoilenko (2021) Adsorption properties of combined vegetable powders. Energy Engineering and Control Systems. Vol. 7, No. 1, pp. 38 – 47. <https://doi.org/10.23939/jeeecs2021.01.038>.



621.565.954

## THE PROCESS OF COOLING ETHANOL DURING ITS PRODUCTION

Student Pechernyi D.V., senior lecture, Ph.D. Novokhat O.A.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

### Анотація

Наведено сфери застосування етилового спирту. Представлено різновиди етанолу та шляхи його отримання. Запропонована конструкція пластинчатого теплообмінника для охолодження етанолу. Наведено переваги, недоліки та основні особливості пластинчатого теплообмінника.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕТИЛОВИЙ СПИРТ, ЕТАНОЛ, ПЛАСТИНЧАТИЙ ТЕПЛООБМІННИК, ТЕПЛООБМІН.

### Summary

The areas of application of ethyl alcohol are given. Varieties of ethanol and ways of its production are presented. The design of a plate heat exchanger for cooling ethanol is proposed. The advantages, disadvantages and main features of the plate heat exchanger are given.

KEYWORDS: ETHYL ALCOHOL, ETHANOL, PLATE HEAT EXCHANGER, HEAT TRANSFER.

Ethyl alcohol (ethanol) is used in many areas of human activity. In addition to the food industry and the production of vodka, it is actively used in medicine, cosmetology and other fields.

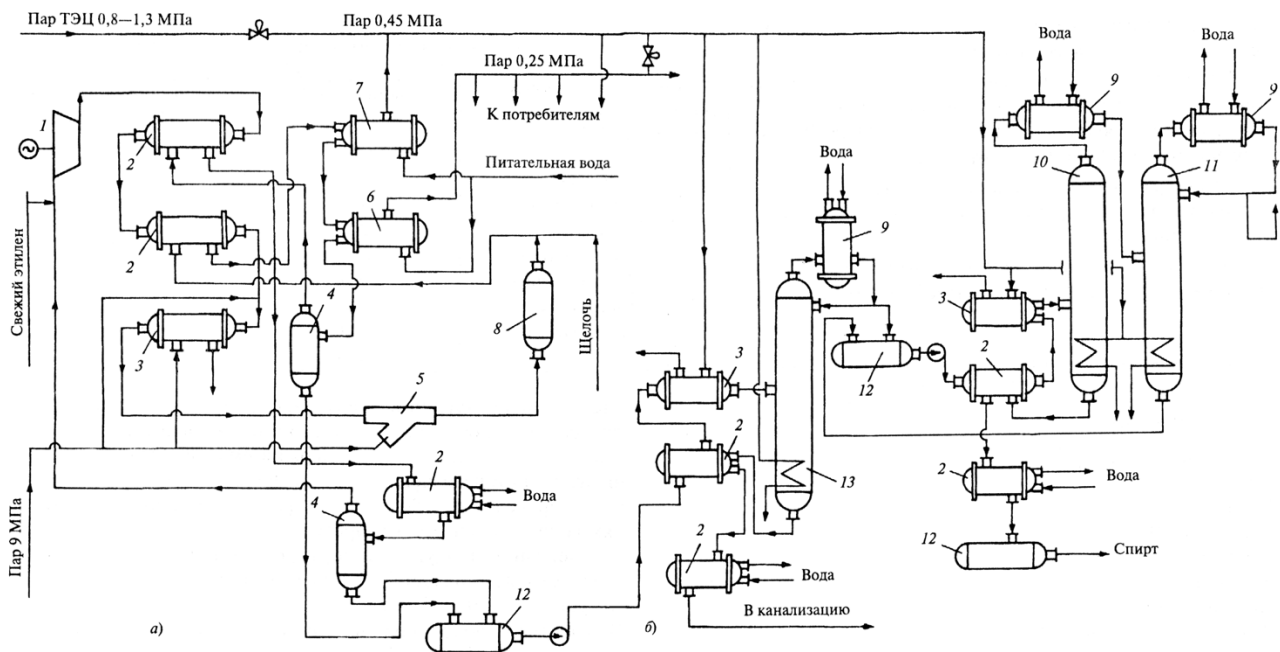
Ethanol is a monoatomic substance having the formula  $C_2H_5OH$ . Under normal conditions, it is a flammable clear liquid with a specific odor. When stored in an open container, it partially evaporates.

There are two types of ethyl alcohol: food and technical.

Food ethanol is made from potatoes, grains, roots, sugar molasses or molasses, grapes and other foods rich in carbohydrates. Wheat is most often used as a raw material, quite often - barley, less often - corn, although it is valued for its high content of starch and fat. It is used for the production of alcohol, fuel for cars, the needs of radio electronics.

Wastes from the oil and wood refining industries are used to produce technical alcohol. It is a part of detergents, paints and other products. Due to the high content of harmful impurities, it is not used in the food industry.

The production of synthetic ethyl alcohol by direct hydration of ethylene belongs to the medium-temperature heat technologies of the petrochemical industry [1]. The temperature of the main technological process here does not exceed 300 °C. The raw material for the production of ethyl alcohol is ethylene (Fig. 1).



- 1 - circulating compressor; 2 - heat exchanger; 3 - heater; 4 - separator; 5 - tee;  
 6, 7 - recovery boilers; 8 - reactor; 9 - reflux condenser; 10, 11 - stripping columns;  
 12 - prefabricated tank; 13 - distillation column.

Fig. 1.– Schematic diagram of production of synthetic ethyl alcohol of direct hydration of ethylene: a - contact department; b - rectification department;

Heat exchangers 2 are installed to regenerate the heat of the cooled technological products (alcohol).

There are different types of heat exchangers [2]. For example, on the principle of operation there are recuperative, regenerative and mixing heat exchangers.

Plate heat exchangers are well suited for cooling alcohol. This type of heat exchanger has a number of advantages [3].

First of all, it should be noted such an important advantage as ease of maintenance. In cases where this unit becomes clogged, the device must be disassembled and rinsed thoroughly. After that, it should be dried and collected. This procedure does not require any large physical or time costs.

The second advantage is that when using this type of heat exchanger, a low level of contamination of the heat exchange surface can be observed. This is achieved due to the high turbulence of the fluid flow, which is formed by corrugation. In addition, this factor is also influenced by the fact that the heat exchange plates have a quality polishing.

The third important advantage is economy. This unit is capable to serve more than 20 years. In this case, if in the process you need to replace the plates, it is easy to do, while saving a lot of money. So, for example, at repair of the casing and pipe unit it is necessary to say goodbye to the big sum of money.

In addition, plate heat exchangers are relatively compact in size and high process intensity.

The main disadvantage of a plate heat exchanger will be that if you use poor quality coolant, the device will soon become dirty.

The disadvantages also include the possible deformation of the plates at a large temperature gradient or pressure difference between the coolants.

The presented shortcomings require improvement of plate heat exchangers. In addition, increasing the heat transfer intensity will also increase the efficiency of the heat exchanger.

**References:**

1. Internet resource: <https://megaobuchalka.ru/2/20371.html>
2. Internet resource: <https://studfile.net/preview/2665907/page:2/>
3. Internet resource: [http://www.gazportal.ru/info/partart/preimushhestva-  
teploobmennikov/](http://www.gazportal.ru/info/partart/preimushhestva-teploobmennikov/)

ODK 661

**MODERNIZATION OF THE INSTALLATION OF ETHANOL  
PRODUCTION BY DEVELOPMENT OF A NOZZLE RECTIFICATION  
COLUMN**

Student Heorhii Pirenko, associate professor, Ph.D., Andrii Stepaniuk

**National Technical University of Ukraine**

**“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”**

**ABSTRACT:** *The purpose and area of use of ethanol are given. The technological scheme of ethanol production is described. The necessity of modernization is substantiated.*

**KEY WORDS:** *PURPOSE, ETHANOL, TECHNOLOGICAL, SCHEME, MODERNIZATION.*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВИ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ ЗА  
РОЗРОБКОЮ НАСАДКОВОЇ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ**

студент Піренко Г.І., доц. к.т.н., Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України**

**«Київський політехнічний університет України**

**імені Ігоря Сікорського»**

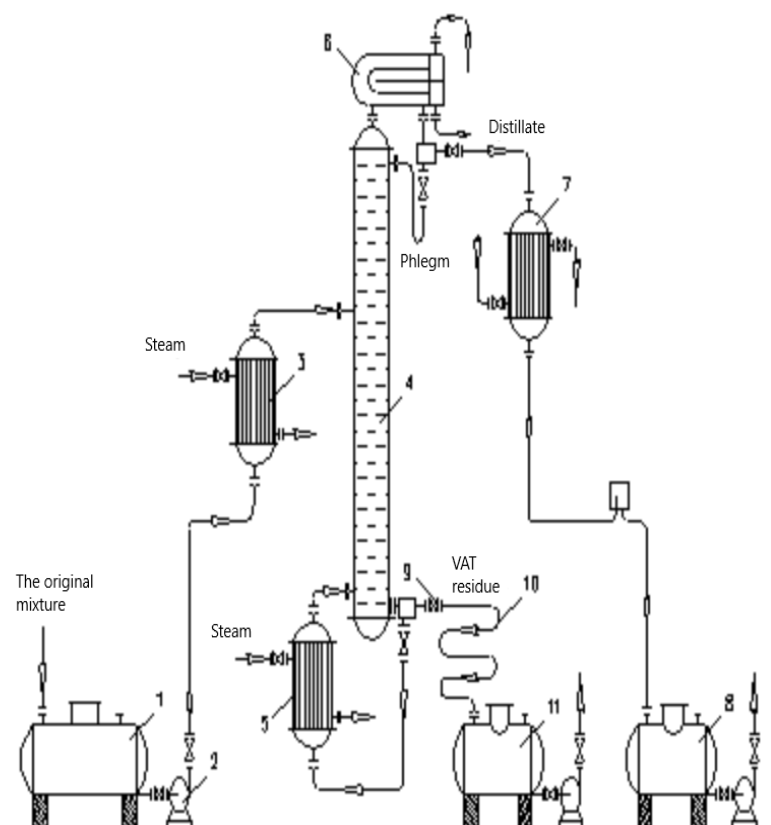
**АНОТАЦІЯ:** Наведено призначення та область використання етанолу.

Описано технологічну схему виробництва етанолу. Обґрунтовано необхідність виконання модернізації.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ПРИЗНАЧЕННЯ, ЕТАНОЛУ, ТЕХНОЛОГІЧНА, СХЕМА, МОДЕРНІЗАЦІЯ

Ethanol is an organic compound and a representative of a number of monohydric alcohols of  $C_2H_5OH$  composition. One of modern world's important compounds that's used in fuel and solvent production as well as antiseptics for which the demand has been rising as of late [1, 2].

The technological scheme of the ethanol production process is shown in figure 1 [2].



1 – tank; 2 – centrifugal pump; 3 – heat exchanger; 4 – fractionating column; 5 – still; 6 – reflux condenser; 7 – heat exchanger; 8 – tank; 9 – pump; 10 – heat exchanger; 11 – tank.

Figure 1. Technological scheme of the methanol – ethanol separation process.

The initial compound from tank 1 is fed by centrifugal pump 2 to the heat exchanger 3, where it is heated to a boiling point and then fed to the plate on the column where the  $x_F$  mixture is being boiled, ie on the upper plate of the lower exhaust part of the column.

Inside the fractionating column 4 are nozzle shaped contact devices. From still (boiler) 5 steam moves up from the bottom of the column, (the still can be placed directly under the column). There is partial condensation of high-boiling component (HBC) vapors on each plate and, due to condensation, a partial evaporation of volatile components (low-boiling components (LBC)). Initial steam composition approximately equals to  $x_Q$  residue composition, ie is contaminated by LBC. Thus the steam that's coming out of the still is almost a pure LBC, which while moving upwards gets enriched by HBC and leaves the column in the state of pure HBC steam. For complete enrichment, the upper part of the column is irrigated according to a given reflux ratio, the liquid (reflux) of  $x_P$  composition, which is obtained by reflux condenser 6 through steam condensation leaving the column and is then water cooled. A part of the condensate is removed from the reflux condenser in the form of a finished product - distillate, which gets cooled in the heat exchanger 7 and then fed into tank 8. Phlegm that flows down the column and interacts with the steam gets enriched with HBC. The lower product (vat residue) is removed from the still.

From the bottom of the column pump 9 continuously removes the bottom residue that is enriched by HBC, which is then cooled in heat exchanger 10 and fed to tank 11.

The aim of this work is modernization of ethanol production plants through modernizing the nozzle distillation column.

Advantages of the nozzle distillation column: design simplicity, bigger phase contact area.

Disadvantages would be high hydraulic resistance and the difficulties of proper vapors and reflux distribution

### References:

1. <https://science.kpi.ua/konk-pidr-2013/pidruchnik-protsesta-obladnannya-himichnoyi-tehnologiyi-ya-m-korniyenko-yu-yu-lukach-i-o-mikulonok-b-l-rakitskij-g-l-ryabtsev-k-ntuu-kpi-2011-ch-1-300-s-ch-2-416-s/> From 12.11.2021
2. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BB> From 12.11.2021
3. <http://www.chemicals-el.ru/chemicals-2694-1.html> From 12.11.2021



**UDC 661**

**MODERNIZATION OF OIL CLEANING INSTALLATION  
WITH DEVELOPMENT OF STEAMING COLUMN**

student Mudryk M.I. associate professor, Ph.D., Stepanyuk A.R.

**National Technical University of Ukraine**

**"Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky"**

**Abstract:** *The purpose and area of use of oil are given. The technological scheme of oil purification is described. The advantages and disadvantages of the existing design of the evaporator column are formulated.*

**Key words:** *PURPOSE, USE, LUBRICANT, TECHNOLOGICAL SCHEME, CLEANING, STEAM COLUMN.*

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ МАСТИЛА  
З РОЗРОБКОЮ ВІДПАРНОЇ КОЛОНИ**

студент Мудрик М. І. доц. к.т.н. Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України**

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

**Анотація:** *Наведено призначення та область використання мастила. Описано технологічну схему очистки мастила. Сформульовано переваги і недоліки існуючої конструкції випарної колони.*

**Ключові слова:** *ПРИЗНАЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ, МАСТИЛО, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ОЧИСТКА, ВІДПАРВНА КОЛОНА.*

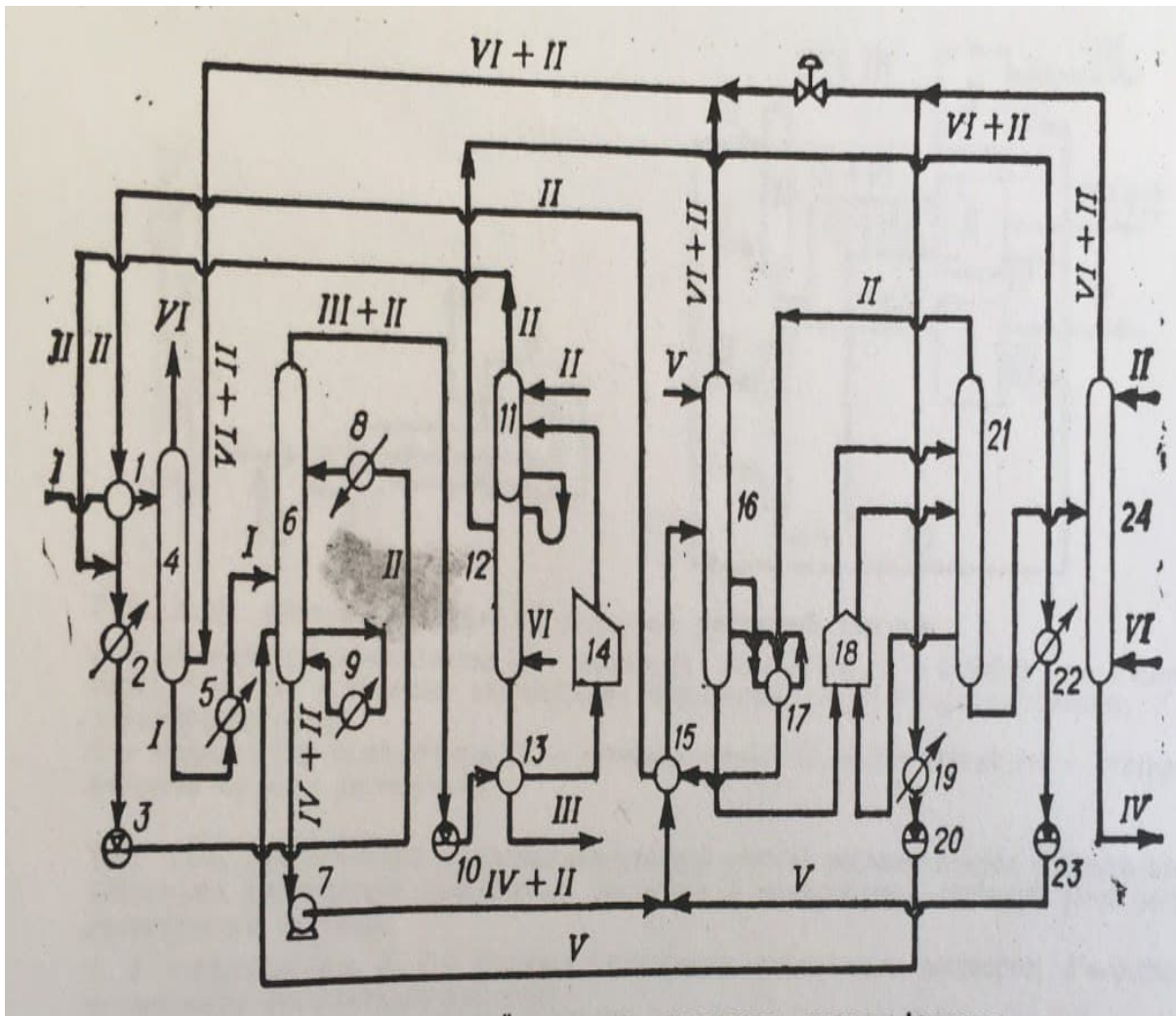
Engine oil plays a key role in engine performance, while the oil system can be compared to the circulatory system in humans. Its correct operation guarantees durability. Negligence in this regard can lead to unpleasant consequences. The use of poor quality raw materials can damage the oil supply system to the machine or machine, while its lack or excess will inevitably lead to failure of the unit. Usually such a failure is very expensive, and as a result can lead to complete destruction of the power unit. Lubricant performs many functions. Of course, the main thing is engine lubrication, which minimizes friction between all working elements, ie pistons, valves, connecting rods, etc. In addition, the oil has cooling properties, the lack of oil not only increases the friction between the parts, but also (as a result of friction) leads to an increase in the temperature of the entire power plant. Rubbed parts without lubrication are irreversibly deformed, in many cases they can not be restored, and the only solution is to replace damaged elements as a whole [ 1 ].

Therefore, the development and modernization of lubricants is relevant.

The technological scheme of the process is shown in Figure 1 [2].

The engine oil purification unit consists of the following main sections: absorption of raw oil motor oil azeotropic mixture of oil and water, extraction, regeneration of oil from extract and raffinate solutions and "water circuit". The raw material is fed through the heat exchanger 1 to the top of the absorber 4, where the countercurrent is in contact with the vapors of the azeotropic mixture of oil and water coming from the drying column 16. Water vapor from the top of the absorber 2 is discharged into the atmosphere or sent to the water circuit. The raw material from the absorber 4 through the refrigerator 5 is fed into the extraction column 6 (in the middle part). In the upper part of the column 6 of the tank 3 through the heater 8 is fed oil. Lubricating water is supplied from the tank 20 to the lower and, if necessary, to the upper and middle part of the column 6. Regeneration of the raffinate solution is carried out in two stages: determined by the temperature of the oil and feed, for part of the extract solution through the refrigerator 9. Leaving by gravity from the top of the column 6, the raffinate solution is collected in the tank 10, where the heat

exchanger 13 and fed to the stripping column 11. The condensate is collected in the tank 3.



1, 2, 5, 8, 9, 13, 15, 17, 19, 22 - heat exchange equipment; 3 - oil capacity; 4 - absorber; 6 - extraction column; 7 - pump pump extraction solution; 10 - capacity of the refined solution; 11, 12 - columns of oil regeneration from refined solution; 14, 18 - furnaces; 16, 21, 24 - columns of oil regeneration from the extract solution; 20, 23 - water capacity.

Figure 1 - Technological scheme of the process of cleaning engine oil

The raffinate of the solution containing 6% of the oil from the bottom of the column flows into the stripping column 12, to the bottom of which is introduced sharp water vapor. Vapors of solvent and water from the top of the column 12 are condensed in the refrigerator 22, the condensate is collected in the tank 23. Through the heat exchanger 13 and the refrigerator 12 is pumped out of the installation. The

extract solution is pumped from the bottom of the column 6 by pump 7, the operation of this pump regulates the level of distribution of the extract and raffinate phases in the extraction columns. The extract solution is fed through the heat exchanger 15 into the drying column 16, from the top of which are vapors of azeotropic mixture of solvent and water coming from the absorber 4 into the tank 20. Dehydrated extract solution from the bottom of the column 1 passes through a heater 17, then through the furnace 18 is fed to the stripping column 21. Additional heat is introduced into the column 21 by the extract solution circulating through the coils of the furnace 18. The solvent vapor from the heater 17 and the heat exchanger 15 is cooled in the refrigerator 2, the oil is collected in tank 3. The oil is produced by the hot steam of the column 24, from the top of which the vapors of the mixture of water and solvent are removed, and from the bottom - the extract which is removed from the installation through the refrigerator.

The purpose of the work is the design and modernization of the stripping column [ 2 ].

Advantages of the evaporator column: compactness, high efficiency, convenient service, high corrosion resistance.

Disadvantages: expensive cost (compared to analogues of other manufacturers) of evaporating columns, resistance to high temperatures and resistance to pressure are not very strong and can not be used for ultra-high temperatures or complex liquids.

### References:

1. Refiner's Handbook: Handbook / Ed. НА. Ластовкина, Е.Д. Ryadchenko and MG Rudina.- L: Chemistry, 1968-648 p.
2. <https://uk.wikipedia.org/wiki/25.07.2017>

УДК 637.142

## ВПЛИВ КАВІТАЦІЇ НА ПЕРЕБІГ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЛАКТОЗИ

пр.н.с., к.т.н. Целень Б.Я., пр.н.с., д.т.н. Іваницький Г.К., с.н.с., к.т.н. Радченко  
Н.Л., гол. технолог Щепкін В.І.

Інститут технічної теплофізики НАН України

**Анотація:** Проведено дослідження процесу кристалізації лактози в згущеній молочній сироватці обробленій в роторно-пульсаційному апараті безперервної дії. Досліджено зміну фізико-хімічних властивостей згущеної молочної сироватки і вплив технологічних параметрів на утворення кристалів лактози та їх дисперсний розподіл. Отримано кристали лактози з дисперсним розподілом в діапазоні 5,0÷6,5 мкм, що дозволить отримувати продукт високої якості.

**Abstract:** The study of the process of lactose crystallization in concentrated whey processed in a rotary pulsation apparatus of continuous action was carried out. The change in the physical and chemical properties of concentrated whey and the influence of technological parameters on the formation of lactose crystals and their dispersed distribution are investigated. Lactose crystals with dispersed distribution in the range of 5.0÷6.5 microns were obtained, which will allow to obtain a high quality product.

**Ключові слова:** лактоза, кристалізація, роторно-пульсаційний апарат, дисперсний розподіл.

**Keywords:** lactose, crystallization, rotor-pulsation apparatus, dispersed distribution.

Лактоза – єдиний у природі вуглевод тваринного походження вміст якого в молоці становить 4,4÷5,2%. Це обумовлює необхідність одержувати її у вигляді специфічного продукту – молочного цукру, який знаходить застосування в медицині, харчовій промисловості, виробництві продуктів

дитячого і дієтичного харчування тощо. Вважається, що економічний потенціал кристалізації лактози за умови використання сучасних методів оброблення сировини, зокрема згущення, а також нових способів – кріоконцентрування, зворотний осмос та ін. покриває витрати на розроблення та виробництво, тому інтерес науковців і виробників молочної продукції до виробництва молочного цукру має стійку зацікавленість.

Кристалізація лактози в згущеній молочній сироватці перебігає в складних гідродинамічних умовах і широкому діапазоні температур. Отримання кристалів лактози з молочної сироватки поділяють на чотири стадії: згущення молочної сироватки, її перенасичення, зародження кристалів лактози і їх зростання. Під час процесу кристалізації важливо контролювати чистоту, форму і розмір кристалів. Процес проводять, в основному, в апаратах періодичної дії, що знижує ефективність процесу кристалізації, яка залежить від можливості його автоматизації, керованості та забезпечення однорідності дисперсності кристалів.

Проведено дослідження процесу кристалізації лактози в згущеній молочній сироватці обробленій в роторно-пульсаційному апараті (РПА) безперервної дії. Досліджено зміну фізико-хімічних, фізико-механічних, функціонально-технологічних властивостей згущеної молочної сироватки з масовою долею сухих речовин 55÷62% обробленої на РПА. Також досліджено вплив часу обробки, частоти обертання робочих органів РПА на утворення кристалів лактози, їх кількість і середній розмір, визначили температуру масової кристалізації лактози і кількість лактози, що перейшла в кристалічний стан. Процес кристалізації лактози проводили за стандартною методикою.

Встановлено, що обробка даним способом сироватки молока перед стадією кристалізації лактози дозволяє після завершення процесу кристалізації отримувати кристали лактози меншого розміру з вузьким дисперсним розподілом в діапазоні 5,0÷6,5 мкм з метою отримання продукту високої якості.

**Розробка методичних матеріалів та результати випробування працездатності газорегуляторного обладнання на газоводневих сумішах**

**Цюпашук А.М., Пяних К.Є., Костогриз К.П.**

**Інститут газу НАН України, м. Київ, Україна**

У зв'язку зі зростаючим інтересом до водневої енергетики в ЄС та Україні, однією із концепцій якої є транспортування водню виробленого ВДС по існуючим газопроводам, шляхом додавання до природного газу у кількості до 20% об'ємних, виникла необхідність перевірки можливості використання існуючих систем редукування газу та вузлів обліку газу при роботі на суміші водню з природним газом (20% H<sub>2</sub> / 80% CH<sub>4</sub>) (далі - суміш), а також визначення впливу даної суміші на надійність та працездатність цих систем.

Для вирішення даного завдання Івано-Франківським національним технічним університетом нафти і газу разом з Інститутом газу НАН України було створено методика та порядок випробування здатності роботи комплексів газорегуляторного обладнання на газоводневих сумішах (далі – Порядок). Порядок призначений для оцінки впливу газоводневих сумішей на роботу обладнання комплексів для зниження тиску газу та підтримання його на заданому рівні, що під загальною назвою «пункт редукування газу» (ПРГ) охоплюють: газорегуляторні пункти (ГРП), шафові газорегуляторні пункти (ШГРП) (у т.ч. ШГРПВ), газорегуляторні установки (ГРУ) та ін. Складено його у відповідності до діючих на сьогоднішній день нормативних документів (Закон України "Про охорону праці", Закон України "Про метрологію та метрологічну діяльність", Кодексу газорозподільних систем, ДБН В.2.5-20-2018, ДСТУ EN 334:2015 та ін.)

Предметом досліджень є вивчення впливу водню, що міститься у газоводневих сумішах, на обладнання ПРГ у процесі випробування його роботи на газоводневих сумішах. Дослідження проводились на експериментальних полігонах операторів газорозподільних мереж (ГРМ), з визначенням його працездатності, надійності та безпечності експлуатації.

Об'єктом роботи є: пристрої регулювання газу ШГРП, вузли обліку газу (ВОГ) та прилади які в них використовуються: регулятори тиску, запобіжні-скидні (ЗСК) та запобіжно-запірні клапани (ЗЗК) прилади та ін.

Порядком передбачено обов'язкове виконання порівняльного випробування обладнання ПРГ: фільтрів газових (ФГС/ФГК), ЗЗК, ЗСК, ВОГ та регуляторів тиску, за умови їх роботи на природному газі та суміші.

Під час порівняльного випробування на газоводневій суміші та природному газі необхідно забезпечити однакову теплоту згоряння спалюваного об'єму. Оскільки нижча теплота згоряння водню складає за робочих умов 10,05 МДж/м<sup>3</sup>, а природного газу – 34,73-34,75 МДж/м<sup>3</sup>, то із збільшенням частки водню в суміші її підсумкова теплота згоряння зменшується. Таким чином, необхідно збільшити об'єм спалюваної суміші для забезпечення того самого обсягу енергії одержаного під час спалювання газоводневої суміші. Тож, доцільно досліджувати працездатність ПРГ, з урахуванням необхідності транспортування збільшеного обсягу газоводневої суміші. За умови вмісту водню у 20% об., еквівалентом 1 м<sup>3</sup> природного газу з теплою згоряння 34,54 МДж/м<sup>3</sup> буде 1,165 м<sup>3</sup> газоводневої суміші з теплою згоряння  $(0,8 \cdot 34,54 + 0,2 \cdot 10,05) = 29,64$  МДж/м<sup>3</sup>.

У зв'язку з необхідністю забезпечити однорідні результати, які можна порівнювати один з одним для співставлення роботи різних типів регуляторів на різних газах, покази приладів, що вимірюють тиск та витрату, мають бути приведені до робочих умов.

Прилади для вимірювання тиску повинні мати клас точності не нижче 1% та шкалу, що не більш як удвічі перевищує значення вимірюваної величини.

Засоби вимірювання температури мають вимірювати температуру з точністю, не гірше 0,5°C.

Розроблений Порядок визначає вимоги до монтажу, умов щодо забезпечення джерела постачання газоводневої суміші, огляду обладнання, його продувки та перевірки на герметичність.

Хід виконання випробувальних досліджень базується на перевірці готовності ПРГ/ВОГ до експерименту, перевірці ЗЗК та ЗСК, перевірці зовнішньої та внутрішньої герметичності, визначенні падіння тиску на газовому фільтрі та перевірці працездатності регулятора на ПРГ з визначенням його точності.

Також порядок містить вимоги до безпеки згідно згаданих вище законів та інших нормативних документів.

Польові експериментальні випробування газорегуляторного обладнання, згідно із затвердженим «Порядком випробування здатності роботи комплексів газорегуляторного обладнання на газоводневих сумішах», здійснювалося операторами ГРМ на п'яти дослідних полігонах (АТ «Житомиргаз», АТ «Дніпропетровськгаз», АТ «Харківгаз», АТ «Волиньгаз», АТ «Івано-Франківськгаз»). Нагляд за проведенням всіх досліджень та контроль за дотриманням вимог Порядку здійснювали співробітники Інституту газу НАН України при участі представників замовника ТОВ "Нафтогазбудінформатика" та Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Досліджувались такі складові систем редукування газу: ФГС/ФГК, ЗЗК, ЗСК, ВОГ та регулятори тиску.

Для забезпечення порівняльних результатів випробування обладнання, всі дослідження проводились на природному газі та на суміші водню з природним газом. Всього було досліджено 26 одиниць обладнання на вплив водню.

Аналізуючи данні роботи регуляторів тиску можна сказати наступне: на природному газі в цілому вони працюють більш точно ніж на суміші, а зниження точності роботи регулятора на 0,45% не може суттєво вплинути на функціонування ШГРП. В ході всіх проведених випробувань відхилення тиску при роботі регулятора не перевищувало 10% від встановленого значення.

Різниця у внутрішній герметичності регуляторів тиску при роботі на природному газі та суміші не виявлено, оскільки середнє значення зростання тиску на суміші не перевищує таке значення для природного газу.

Відхилення тиску при якому спрацьовував ЗСК при перевищенні тиску у всіх випробуваних регуляторів не перевищувало 10%. Середнє відхилення між налаштуванням ЗСК та тиском спрацювання на природному газі та суміші відрізняються не суттєво. Таким чином, під час проведення досліджень різниця у роботі ЗСК на природному газі та суміші не може впливати на працездатність.

Відхилення тиску при якому спрацьовував ЗЗК при перевищенні тиску у всіх випробуваних регуляторів також не перевищувало 10%, при цьому різниця у точності роботи на природному газі та суміші несуттєва. Таким чином, під час проведення досліджень суттєвої різниці у роботі ЗЗК на природному газі та суміші не також виявлено.

Отже, можна вважати, що все обладнання, котре входить до складу ШГРП та ВОГ відповідає класу точності АС 5-10.

Результати проведених експериментальних досліджень на полігонах РГК проведених згідно із затвердженим «Порядком випробування здатності роботи комплексів газорегуляторного обладнання на газоводневих сумішах» підтверджують можливість роботи сучасного обладнання ПРГ/ВОГ як з природним газом так і з сумішшю водню з природним газом (20% H<sub>2</sub> / 80% CH<sub>4</sub>).



UDC 662.7:661.9

## GASIFICATION OF COAL AND NON-TRADITIONAL FUELS

senior researcher, candidate of technical sciences Chmel V., researcher Novikova I.

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

*Abstract.* Development and research of a method of gasification of solid fuels in order to create industrial gas generators.

*Key words:* gasification, coal, shale, garbage, direct flow layer.

## ГАЗИФІКАЦІЯ ВУГІЛЛЯ ТА НЕТРАДИЦІЙНИХ ПАЛИВ

ст.н.с., к.т.н. Чмель В. М., н.с. Новікова І.П.

**Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України**

*Анотація.* Розробка та дослідження способу газифікації твердих палив з метою створення промислових газогенераторів.

*Ключові слова:* газифікація, вугілля, сланці, сміття, прямоточний шар.

The use of natural coal in energy is, firstly, less efficient than gas or liquid fuels, and secondly, it is always associated with increased pollution of the biosphere and, finally, not in all cases solid fuels can replace liquid or gaseous.

In recent years, the quality of coal has deteriorated significantly due to the increase in its ash content. As a result, its direct combustion was ineffective.

At the same time, there is a large amount of unconventional fuels: various biomass wastes, processing of agricultural products - husks of cereals, wood wastes, which are alternatives to fossil fuels [1,2].

Efficient use of coal and alternative fuels is their complete gasification in the gas generator, obtaining energy gas and its subsequent combustion in the furnace.

But there is a significant disadvantage - the resulting gas cannot be transferred over long distances, as, as a result of its cooling, part of the physical heat is lost, which reduces the efficiency of their use. As a result, the gas generator must be

located directly next to the consumer. The latter is most suitable for medium and low power consumers. At the same time, gas generators of low productivity do not require large areas for their construction and means of their maintenance.

Until 1968, gas generators were produced in the USSR and gas-generating gas was widely used. However, the development of the gas industry has led to their almost complete elimination.

At the same time, in countries where there is little natural gas (Germany, the Czech Republic, etc.), gas-generating gas is used in various industries and work is underway to create new efficient methods of gasification.

Experiments conducted by the Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine on the interaction of solid fuels in the monofractional direct-flow layer with high-temperature gases containing oxygen show the possibility of creating a gasification process in the direct-flow layer. To obtain a gasification agent, the proportion of the final product is used. The created process has high intensity and high reliability due to the absence of slag.

A prototype of a gas generator with a capacity of 100 kW was built at the IETP of the NAS of Ukraine. The gasification of anthracite, oil shale, brown coal and sorted garbage allowed to obtain fuel gas, the heat of combustion of which is 4233 - 5033 kJ/nm<sup>3</sup> and close to or exceeds the heat of combustion of the ideal gas gasification gas (4319 kJ/nm<sup>3</sup>). Its working process can be the basis of more powerful gas generators suitable for the supply of fuel gas to boilers of industrial and municipal boilers.

### References:

1. Chmel V. N. (2012). Ispolzovanie biomassyi v kachestve alternativnogo topliva [Using biomass as an alternative fuel]. *Alternative energy and ecology*, 60-65.
2. Chmel V.M., Novikova I.P. (2006). Doslidzhennia palyvnykh kharakterystyk vidkhodiv biomasy [Study of fuel characteristics of biomass waste]. *Vidnovluvana energetika*, 4(7), 107-113.

УДК 532.528:66.061

## ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ В ПРОЦЕСАХ ЕКСТРАГУВАННЯ

гол. технолог Щепкін В.І.<sup>1</sup>, гол. механік Шуляк В.В.<sup>1</sup>, с.н.с. Гартвіг А.П.<sup>1</sup>,  
Величко О.Д.<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Київський національний торгово-економічний університет

**Анотація:** Розглянуто існуючі способи інтенсифікації процесу екстракції. Досліджено кінетичні закономірності інтенсифікуючої дії гідродинамічної кавітації у масообмінних процесах екстрагування. Проведені дослідження попередньої обробки екстрагента на кавітаційному апараті зі швидкістю екстрагента в робочій частині 7,2 м/с та 11,5 м/с і в механічній мішалці зі швидкістю обертання 6,3 с<sup>-1</sup> та 16,5 с<sup>-1</sup>. Встановлено, що гідродинамічна кавітація дозволяє прискорювати процеси екстрагування і вилучення рослинного компонента.

**Abstract:** Existing methods of intensification of the extraction process are considered. The kinetic regularities of the intensifying action of hydrodynamic cavitation in mass transfer extraction processes have been studied. Studies of pre-treatment of the extractant on a cavitation apparatus with the extractant speed in the working part of 7.2 m/s and 11.5 m/s and in a mechanical stirrer with a rotation speed of 6.3 s<sup>-1</sup> and 16.5 s<sup>-1</sup> were carried out. It is established that hydrodynamic cavitation allows to accelerate the processes of extraction and extraction of the plant component.

**Ключові слова:** екстрагування, перемішування, гідродинамічна кавітація, інтенсифікація, рослинна сировина.

**Keywords:** extraction, mixing, hydrodynamic cavitation, intensification, vegetable raw materials.

Екстрагування – широко розповсюджений процес, який відрізняється довгою тривалістю та енергоємністю. Існуючі способи інтенсифікації процесу екстракції спрямовані на скорочення часу проведення процесу, зниження енергозатрат і зменшення втрат речовин, що екстрагуються. З фізичної точки зору досліджуваний процес екстрагування з одиночних частинок є внутрішньо-дифузійним рухом екстрагованих субстанцій і конвективним перенесенням маси з поверхні твердої частинки в об'єм екстрагента.

Метою роботи є дослідження кінетичних закономірностей інтенсифікуючої дії гідродинамічної кавітації у масообмінних процесах екстрагування. Гідродинамічна кавітація утворює сильні дискретно-імпульсні впливи на оброблену речовину, що робить її найбільш дієвим способом досягнення високих енергетичних показників у технологіях, пов'язаних з обробкою рідинних дисперсних середовищ. Кавітаційні механізми здійснюють вплив на мікро- і нанорівні на супромолекулярні структури, клітини мікроорганізмів, дозволяють керувати кінетикою перебігу хімічних і біологічних реакцій в розчинах.

Проведені дослідження попередньої обробки екстрагента на кавітаційному апараті зі швидкістю екстрагента в робочій частині 7,2 м/с та 11,5 м/с і в механічній мішалці зі швидкістю обертання 6,3 с<sup>-1</sup> та 16,5 с<sup>-1</sup>. Обробку проводили по 10 хв., температура екстрагента становила 20°C. Оброблений екстрагент поміщали в кавітаційний апарат та механічну мішалку з рослинним компонентом зі співвідношенням, вибраним згідно стандартної методики. Результати експерименту показали, що концентрація рослинного компонента в екстракті при обробці екстрагента зі швидкістю 7,2 м/с та швидкості обертання мішалки 6,3 с<sup>-1</sup> змінюється не суттєво. Зміна концентрації рослинного компонента після обробки екстрагента в кавітаційному апараті зі швидкістю екстрагента 11,5 м/с збільшувалась, у порівнянні з обробкою екстрагента в механічній мішалці зі швидкістю обертання 16,5 с<sup>-1</sup>. Отже, гідродинамічна кавітація дозволяє прискорювати процеси екстрагування і вилучення рослинного компонента.

UDC 661

## MODERNIZATION OF UNIT FOR SEPARATION OF METHANOL- BENZENE MIXTURE

student Chorna V.A., Ph. Stepaniuk A.R.

National technical university of Ukraine

"Kiev polytechnic institute named after Igor Sikorsky"

**SUMMARY:** The purpose of benzene is given, the technical process of benzene production is described, the directions of plant modernization are formulated.

**Key words:** RECTIFICATION COLUMN, BENZENE, RECTIFICATION, MODERNIZATION

## МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ СУМІШІ МЕТАНОЛ – БЕНЗОЛ

студентка Чорна В.О., к.т.н., доц.. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**АНОТАЦІЯ.** Наведено призначення бензолу, описано технічний процес вироблення бензолу, сформульовано напрями модернізації установки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, БЕНЗОЛ, РЕКТИФІКАЦІЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ

Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, PhH) is an organic chemical compound, a colorless liquid with a pleasant sweet odor. The simplest aromatic hydrocarbon. Benzene is part of gasoline, widely used in industry, is a raw material for the production of medicines, various plastics, synthetic rubber, dyes. Although benzene is part of crude oil, it is synthesized on an industrial scale from other components. Toxic, carcinogenic.

Benzene by composition refers to unsaturated hydrocarbons (homologous series  $C_nH_{2n-6}$ ), but unlike the hydrocarbons of the ethylene series  $C_2H_4$  exhibits properties typical of unsaturated hydrocarbons (they are characterized by reactions of addition) only under harsh conditions, but to substitution reactions. Such "behavior" of benzene is explained by its special structure: the location of all bonds and molecules on one plane and the presence of a conjugated  $6\pi$ -electron cloud in the structure[1].

Main features and advantages

Features of the chemical compound:

1. Benzene is the main element used in the manufacture of cosmetics, rubber, plastic, etc. Aromatic hydrocarbons derived from phenyl hydrogen are also used in the production of artificial leather and medicines.

2. A large amount of benzene is in the composition of candles. This element is also used in the production of waterproof fabrics. They are treated with solutions based on hydrogen phenyl. Benzene is used to obtain fats, phosphorus from bones, nuts and meat. Benzene is used to remove oily stains from work clothes.

3. In common use, this compound can be used as alcohol, welding reagents, or a lighter. Through benzene, the octane number of the fuel is increased and its ability to ignite is reduced.

Phenyl hydrogen quickly and easily volatilizes because it is highly volatile. Accordingly, human contact with the substance may cause dizziness or nausea. These signs indicate poisoning. Benzene also causes skin irritation. Its vapors are strong and volatile, so it penetrates healthy skin as well. Accordingly, safety requirements must be considered when handling and receiving the substance. In contact with air, benzene creates an explosive compound.

That is why the amount of phenyl hydrogen in automobile fuel must be minimal. The more it is, the more toxic gasoline becomes, as well as its combustion products. When the engine is running, the amount of carbon monoxide formation increases, as a result, over time, the functionality of the motor may be impaired.

Regarding storage, benzene should not be in close proximity to sources of open flame or heat. In addition, possible contact of this compound with oxidizing agents or foodstuffs should be excluded. Any work involving hydrogen phenylene should be carried out in ventilated rooms where the air temperature does not exceed 30 degrees [2].

To date, there are three fundamentally different ways to produce benzene.

Coking of hard coal. This process was historically the first and main source of benzene before World War II. Currently, the percentage of benzene produced this way is less than 1%. It should be added that benzene obtained from coal tar contains a significant amount of thiophene, which makes such benzene a raw material unsuitable for a number of technological processes.

Ways of use of crude benzene products

The main applications of pure benzene are synthesis of ethylbenzene for production of synthetic rubber and plastics. Synthesis of phenol through chlorobenzene, benzenesulfonic acid or isopropyl benzene (cumene).

Phenol is a feedstock for the production of plastics, as well as in some cases caprolactam, the starting substance for the production of caprone fiber, that is, benzene is the starting product for synthetic fiber, as well as nitrobenzene and aniline, the starting products for the production of dyes.

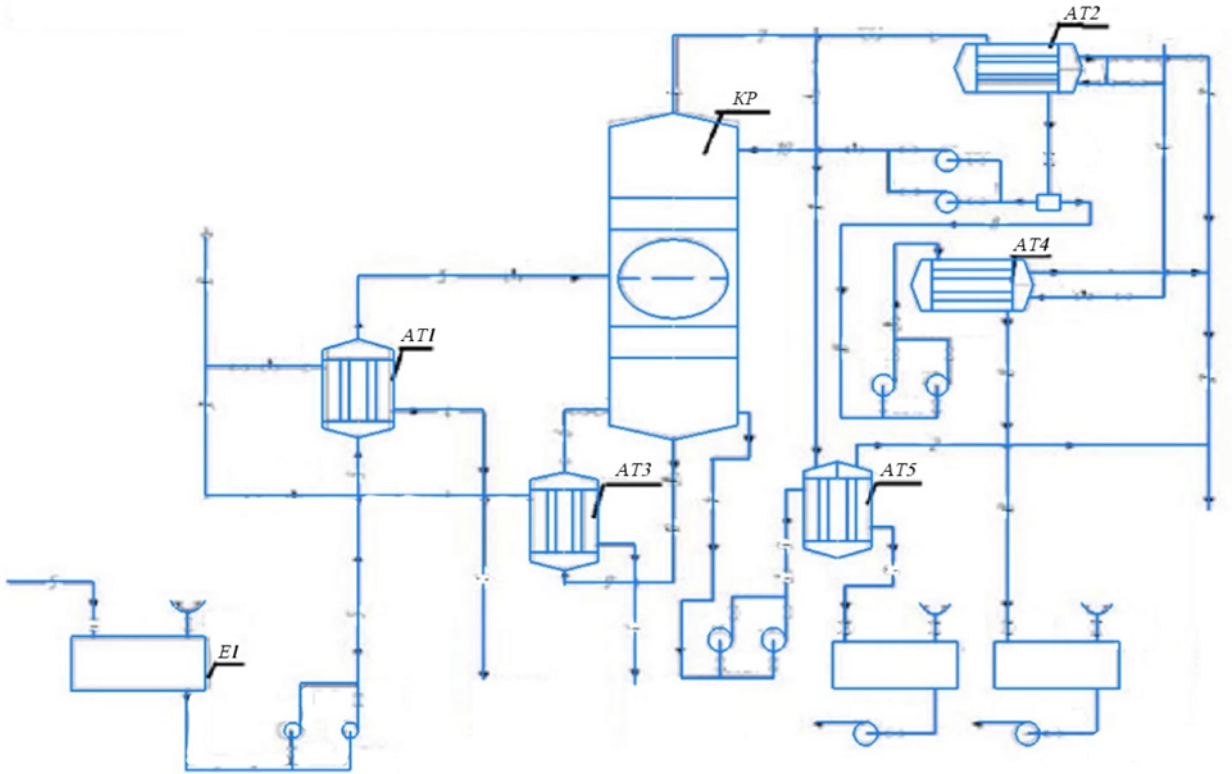
Toluene, used mainly for the production of trinitrotoluene and as an additive to motor fuel, in some cases toluene, is also used as a solvent in the production of pharmaceuticals.

Xylene is usually used as a mixture of three isomers and ethylbenzene as a solvent. Separate isomers are used for production of phthalic anhydride, isophthalic and terephthalic acids.

Trimethyl benzene is usually produced as a mixture, all isomers - solvent.

Recently, benzene hydrocarbons are relatively used in the production of dyes and pharmaceuticals.

The technological scheme of benzene production is shown in Figure 1[3].



E1 – collection; AT1, AT4, AT5 – heat exchangers; AT3 – steam generator;  
AT2 – dephlegmator; KP – rectification column.

Figure 1 – Technological scheme of benzene production

Description of the technological scheme of the process. Let's consider the technological scheme of rectification unit (Fig. 1). The initial mixture from the preheater, where it is heated to boiling point, goes to feed the rectification column. Floating on the plates the liquid enters the cube, from which it enters the boiling pot. From the boiling pot liquid vapor enters the lower part of the column and moves towards the initial mixture, barbotaging through it and enriching with low-boiling component. Exiting the column the vapor enters the deflegmator and is condensed. The distillate enters the separator, where it is divided into two streams: one part, as phlegma, returns to the column and flows down the plates, being enriched with high-boiling component, and another part, as a finished product enters the receiving tank [4].

The problem of efficiency of rectification columns, depending first of all on contact devices, existed: raw materials, productivity of units and set tasks change. In recent years, when reconstructing distillation tray columns, more often tray contact



devices are replaced by more advanced packing contact devices. The packed column provides smaller pressure drop across the apparatus height, wider range of stable operation, higher efficiency and accordingly higher resolution. Columns with such characteristics allow to solve problems of deepening of oil and oil products processing, energy saving and increasing flexibility of both existing and projected technologies[5].

For modernization of the unit used for separation of methanol-benzene mixture it is necessary to modernize a packing rectification column.

### References:

1. <https://neftegaz.ru/science/petrochemistry/332062-benzol/> from 02.11.2021
2. <https://kurs.if.ua/society/benzol-osnovni-vlastyvosti-zastosuvannya-osoblyvosti-ta-perevagy/> from 02.11.2021
3. [https://vmasshtabe.ru/promzona/himicheskaja\\_otrasl-promzona/raschet-i-proektirovanie-nepreryivnoy-rektifikatsionnoy-ustanovki-dlya-razdeleniya-smesi-metanol-etanol.html](https://vmasshtabe.ru/promzona/himicheskaja_otrasl-promzona/raschet-i-proektirovanie-nepreryivnoy-rektifikatsionnoy-ustanovki-dlya-razdeleniya-smesi-metanol-etanol.html) from 02.11.2021
4. [https://vmasshtabe.ru/promzona/himicheskaja\\_otrasl-promzona/raschet-i-proektirovanie-nepreryivnoy-rektifikatsionnoy-ustanovki-dlya-razdeleniya-smesi-metanol-etanol.html](https://vmasshtabe.ru/promzona/himicheskaja_otrasl-promzona/raschet-i-proektirovanie-nepreryivnoy-rektifikatsionnoy-ustanovki-dlya-razdeleniya-smesi-metanol-etanol.html) from 02.11.2021
5. <https://scienceforum.ru/2017/article/2017033485> from 02.11.2021

УДК 664.8.047

## ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА НАТУРАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ СНЕКОВОЇ ГРУПИ

к. т. н. Гусарова О. В., к. т. н. Шапар Р. О.

Інститут технічної теплофізики НАН України

***АНОТАЦІЯ.** Проаналізовано відомі світові технології виробництва продуктів снекової групи, зокрема фруктово-овочевих чипсів, зазначено їх переваги та недоліки.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СНЕКИ, ФРУКТОВО-ОВОЧЕВІ ЧИПСИ, ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЇ, СУШІННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.

## TECHNOLOGIES OF PRODUCTION OF NATURAL SNACKS

Ph. D. Husarova O., Ph. D. Shapar R.

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

***ABSTRACT.** The known world technologies of snack production, in particular fruit and vegetable chips, are analyzed, their advantages and disadvantages are noted.*

**KEYWORDS:** SNACKS, FRUIT AND VEGETABLE CHIPS, HEAT TECHNOLOGY, DRYING, ENERGY EFFICIENCY.

Снеки з англійської мови перекладаються як „легка закуска”. Продукти снекової групи – один з найпопулярніших видів закусок у світі, які є зручними

у споживанні, мають привабливий зовнішній вигляд та тривалий термін зберігання. До них відносяться сухарики, крекери, пластівці, екструзійні продукти, чипси (снеки), насіння тощо.

Однією з форм сушеної продукції є фруктово-овочеві чипси (із яблук, груш, хурми, айви, бананів, буряка, моркви, батату, білих коренеплодів та ін). Фруктово-овочеві чипси – це тонкі хрусткі пластинки висушені до низької кінцевої вологості не більше 6 %. Їх характерною відзнакою є відсутність процесу обсмаження, що виключає у їхньому складі наявність холестерину, канцерогенів тощо. Вони ароматні, смачні та, що дуже важливо, – натуральні.

Останні дані свідчать про те, що калорійні чипси та снеки все більше витісняються з ринку натуральними. На думку споживачів, вибір на користь чипсів натурального походження, без штучних підсилювачів смаку та ароматизаторів сприяє здоровому способу життя [1].

**Мета роботи** - проаналізувати світові технології виробництва продуктів снекової групи, визначити їх переваги та недоліки.

Існує значна кількість технологій для виробництва чипсів із фруктів та овочів. Науковими розробками технологій сушіння чипсів займаються у багатьох країнах світу, зокрема у США, країнах Європи, країнах сходу, у Росії, Білорусії та ін. В Україні найбільш ґрунтовні дослідження процесу сушіння чипсів із рослинної сировини проводяться в Інституті технічної теплофізики НАН України.

Існуючі технології виробництва відрізняються формою та розмірами нарізання матеріалу (від 0,8 мм до 7 мм) та методами зневоднення (вакуумний, конвективний, ІЧ, сублімаційний, а також їх комбінаціями – конвективний метод з СВЧ-досушуванням, вакуумний сублімаційний, СВЧ-сушіння з вакуумуванням, конвективно-радіаційний метод, конвективно-конденсаційний) та режимами (температури сушильного агенту від 40 °С до 110 °С в залежності від методу сушіння та вихідної сировини) [2].

Усі розглянуті технології отримання чипсів передбачають обробку сировини розчинами, що містять кислоти та цукри, соки, мед, підсолоджувачі на стадії підготовки до сушіння або нанесення на завершальній стадії на продукт різноманітних підсилювачів смаку, прянощів чи ароматизаторів, часто штучного походження. Є технології, що використовують обробку на обох стадіях [2]. Кінцева вологість чипсів коливається в межах 2...10 %.

*Перевагами* технологічних ліній є їх багатofункціональність, компактність та широкий асортимент чипсів. *Основні недоліки* – високі теплові втрати в навколишнє середовище і недостатнє використання теплового потенціалу сушильного агенту; режими з багатьма змінними параметрами або температури понад 60 °С чи низькі до 50 °С; застосування складного та дорогого обладнання; внесення додаткових сировинних компонентів для підсилення смаку готового продукту тощо.

Фруктово-овочеві чипси за рахунок внесення добавок штучного походження втрачають природний смак, а додаткові операції й обладнання збільшують витрати на виробництво, підвищують собівартість кінцевого продукту. При цьому, сушіння високовологої сировини, якими є фрукти та овочі, при низькотемпературному режимі призводить до зростання тривалості процесу і, як наслідок, до збільшення енерговитрат, а зневоднення при високих температурах – до втрат корисних речовин у сировині.

Враховуючи, що тривала теплова дія негативно позначається на якості чипсів, при розробленні режимів зневоднення основний акцент повинен робитися на використанні гранично допустимих температур матеріалу і скороченні тривалості процесу, а також виключенні використання обробки сировини або чипсів штучними компонентами.

На підставі отриманих результатів та їх узагальнення нами розроблено енергоефективну теплотехнологію виробництва фруктово-овочевих чипсів в основу якої покладено метод конвективного сушіння. На відміну від світових розробок, технологія передбачає одержання натуральних чипсів без штучних

консервантів та наповнювачів з максимальним ступенем збереження природних складових сировини, відновлюваність яких на 20...25% вища за існуючі аналоги, а собівартість нижча.

**Перелік посилань:**

1. Старшинська, Л. В. & Ніколаєнко, І. В. (2017). Маркетингові аспекти розвитку ринку снєків в Україні. *Наукові праці НУХТ*, 23 (1), с. 75-84.

2. Шапар, Р.О. & Гусарова, О.В. (2017). Аналіз інноваційних технологій для виробництва фруктових чипсів. *Промислова теплотехніка*, 39 (3), с. 53-59.

<https://doi.org/https://doi.org/10.31472/ihe.3.2017.08>

**INSTALLATION OF OBTAINING AMMONIUM NITRATE FOR THE  
MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER FOR HEATING NITRIC  
ACID**

student Chernysh I.S., Liubeka A.N.

**National technical university of Ukraine**

**"Kiev polytechnic institute named after Igor Sikorsky"**

**SUMMARY:** The purpose of ammonium nitrate is given, the technical process of production of ammonium nitrate is described, the directions of modernization of installation are formulated.

**Key words:** RECTIFICATION COLUMN, AMMONIA NITRATE, HEAT EXCHANGER, MODERNIZATION

**УСТАНОВКА ОТРИМАННЯ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ  
ТЕПЛООБМІННИКА ПІДГРІВУ АЗОТНОЇ КИСЛОТИ**

студент Черниш І.С., к.т.н., Любека А.М.

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ.** Наведено призначення аміачної селітри, описано технічний процес вироблення аміачної селітри, сформульовано напрями модернізації установки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, АМІАЧНА СЕЛІТРА, ТЕПЛООБМІННИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ

Ammonium nitrate is commercially available as a colorless crystalline solid and processed into granules for specific applications. Soluble in driver. Flammable only when damaged by combustible materials. Accelerates the combustion of combustible materials. Produces toxic nitrogen oxides during combustion. It is used

for the manufacture of fertilizers and explosives, as well as a nutrient in the production of antibiotics and yeast. [1]

Large-scale production of ammonium nitrate began in the 1940s, when it was used to make ammunition during the war. After the end of World War II, ammonium nitrate became available as a commercial good. The production of ammonium nitrate is requested: ammonia gas reacts with nitric acid to form a concentrated solution and considerable heat. [2]

The fertilizer is formed, the number of drops of concentrated nitrate solution (95 to 99 percent) falls from the tower and hardens. Low-density pods are more porous than high-strength saws and are better for industrial use, while high-strength bangs are used as fertilizer. Manufacturers produce granular ammonium nitrate by repeatedly spraying the concentrated solution into small granules in a rotating drum. [2]

Ammonium nitrate was the first solid nitrogen (N) fertilizer to be developed on a large scale, but its popularity has declined in recent years. It was a common source of nitrogen, contains nitrate and ammonium, and is high in nutrients. [2]

Because ammonium nitrate is hygroscopic and therefore easily attracts moisture from the air, it is stored in air-conditioned warehouses or in airtight mixtures. Manufacturers usually cover the solid fertilizer with a non-stick mixture to prevent sticking and accumulation. [2]

Sometimes a small amount of carbonate minerals is added before solidification, which eliminates the explosive properties of ammonium nitrate. [2]

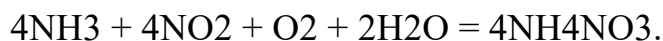
Nitrate and a popular fertilizer and half it contains half the nitrogen of nitrates in the form of ammonium. The nitrate form easily moves with the groundwater to the roots, where it immediately becomes available for absorption by plants. The ammonium fraction is absorbed by the roots or converted into soil nitrate by microorganisms. Many vegetable growers prefer available sources of nitrates for plant nutrition and use ammonium nitrate. Livestock loves fertilizers for pastures and hay, it is higher than evaporation than urea fertilizers, if left on the soil surface. [2] Miach mud is usually mixed with other fertilizers, but these mixtures cannot be

stored for a long time due to the tendency to absorb moisture from the air. The very high solubility of ammonium nitrate makes it well suited for the preparation of solutions for fertilization or foliar spraying. [2]

The form of low-density granular ammonium nitrate is widely used as an explosive in the mining industry and in construction. Manufacturers deliberately make it porous to ensure rapid adsorption of fuel oil (called "ANFO"). Instant cold bags are formed from two bags - one contains dry ammonium nitrate and the other contains water. When the barrier separating the packets breaks, ammonium nitrate dissolves rapidly in endothermic reactions, lowering the packaging temperature to 2-3 degrees Celsius in a very short time. [2]

The first methods of obtaining ammonium nitrate are justified by the interaction of ammonia coke oven gas with dilute acid, but they stopped using the acid due to economic disadvantages. [3]

The production of ammonium nitrate is multistage. In this regard, we tried to maintain ammonium nitrate with ammonia, nitrogen oxides and the reaction:



However, this method had to be abandoned, because together with ammonium nitrate formed ammonium nitrite - an unstable and explosive product. [3]

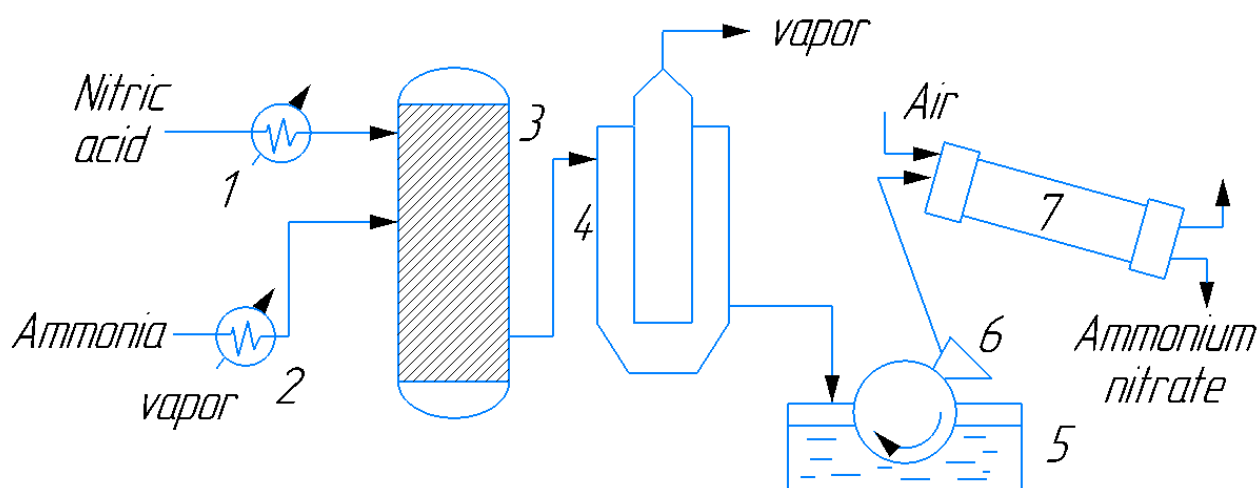
Now the industry has begun to use the following options for technological schemes for the production of ammonium nitrate:

1. Without evaporation of the solution in which the concentration is carried out exclusively due to the heat of neutralization of 65% HNO<sub>3</sub>. This forms 96% of the NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> alloy and there is no need to supply heat from the outside. The scheme of the method without evaporation is shown in Fig. 1.

2. With evaporation of the solution, when the concentration is carried out by using the heat of neutralization, and heat supplied from the outside (when using acid concentration of 50-58%).



[4]



- 1 - nitric acid heater, 2 - ammonia heater, 3 - neutralizer,  
4 - emulsion separator, 5-drum mold, 6 - knife,  
7 - drum dryer

Fig.1. Technological scheme of obtaining ammonium nitrate without water evaporation

Description of the scheme: in heaters 1 and 2, nitric acid and ammonia are heated by steam from the emulsion separator 4, then from heaters 1 and 2 nitric acid and ammonia are sent to neutralizer 3, where the reaction produces an emulsion of aqueous ammonium nitrate and water vapor. The emulsion is separated in the separator 4, and the alloy  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  enters the mold 5, where the crystallization process with the formation on the surface of the drum layer of solid ammonium nitrate 1 mm thick, which is cut with a knife 6, and enters the drum dryer 7 where moisture is removed. [4]

## References

1. Ammonium nitrate (2005), «Складне резюме аміачної селітри», за адресою <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ammonium-nitrate#section=Structures>, станом на дату 26.10.2021

2. AMMONIUM NITRATE (2007), «Ammonium nitrate», за адресою: <https://www.cropnutrition.com/resource-library/ammonium-nitrate> , станом на дату 26.10.2021

3.Кравчук Р.В. (2014), Способи отримання аміачної селітри 8-14 ст. , «КОМП'ЮТЕРНИЙ РОЗРАХУНОК, АМІАЧНАЯ СЕЛІТРА,МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, РЕАКТОР-НЕЙТРАЛІЗАТОР, ПРОГРАМНИЙ ПАКЕТ, ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ МОДУЛЬ, СХЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОНТРОЛЬ ТА КЕРУВАННЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА». НТУУ "КПІ" . <https://kxtp.kpi.ua/theses/kravchuk-bachelor>

4 Технологічні процеси галузей промисловості (2003), «Отримання азотних добрив», за адресою: <http://ubooks.com.ua/books/000147/inx29.php> , станом на дату 26.10.2021

## **INSTALLATION OF AMMONIUM SULPHATE PRODUCTION**

Student Revun Y., Liubeka A.

**National technical university of Ukraine**

**"Kiev polytechnic institute named after Igor Sikorsky"**

**SUMMARY:** The purpose of ammonium sulfate is given, the technical process of ammonium sulfate production is described, the directions of modernization of the installation are formulated..

**Key words:** AMMONIUM SULPHATE, GRANULATION, HEAT EXCHANGER, MODERNIZATION

## **УСТАНОВКА ВИРОБНИЦТВА СУЛЬФАТУ АМОНІЯ**

студент Ревун Я.О., Любека А.М.

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ.** Наведено призначення сульфату амонія, описано технічний процес вироблення сульфату амонія, сформульовано напрями модернізації установки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** СУЛЬФАТ АМОНІЯ, ГРАНУЛЯЦІЯ, ТЕПЛОБМІННИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ

Humic fertilizers are 100% natural preparations designed to preserve and improve the fertile properties of the soil and improve plant growth. Raw materials of natural origin are used for production. First of all, it is peat, coal, sapropel.

Organic compounds of these minerals undergo special treatment and under the influence of certain factors become available to plants.

Humic mixtures can be divided into two types:

1. Humic preparations - purified mixtures of humic acids or their salts, such as sodium humate and potassium humate. Used in small quantities to treat planting material, seeds, cuttings and tubers.

2. Humic fertilizers are unrefined humic acids. They can be unenriched and enriched when various elements are added to them during the production process, including nitrogen, potassium and phosphorus. In this case, they belong to organomineral fertilizers. Both serve as the main fertilizer. They are introduced into the soil simultaneously with its digging or used for foliar fertilization. [1]

The basis for obtaining humic fertilizers and preparations is the property of humic acids to form water-soluble salts with sodium, potassium, ammonium. The most common method of obtaining "natural" humates is the separation of humic substances from minerals (peat, coal) in the presence of alkali. In the production process, ballast and non-ballast humates are obtained, which may also be called "humic fertilizers". The difference between ballast-free humates (humic fertilizers) from ballast is the presence in the last mechanical impurities of the original substrate, due to the lower degree of purification.

Humates usually contain from 30% to 60% humic acids and a minimum amount of fulvic acids and proteins and polysaccharides inherent in soil humus. Due to the multifunctionality of their chemical structure, they interact with the mineral part of the soil, which often leads to their immobilization by the soil and inactivation, especially on soils of heavy particle size distribution. At small doses recommended for humates, their application to the soil (200-600 g / ha) does not lead to a significant increase in soil nitrogen and carbon. Therefore, industrial humates cannot be equated with soil humus or organic fertilizers, but should be considered as soil conditioners,

growth stimulants, detoxifiers of contaminated soils and agents that increase plant resistance to adverse environmental factors. [2]

With humic substances, the plant gets a certain amount of trace elements, as well as amino acids, vitamins and growth substances. There, humic substances activate the enzymatic activity of all plant cells and the formation of stimulating compounds. As a result - cell growth, changes in physicochemical properties of protoplasm, intensification of metabolism. The permeability of the root cell membrane increases, the penetration of mineral nutrients from the soil solution to plants in the form of humic-mineral compounds improves. This leads to increased plant uptake of nutrients.

Humic acids are invaluable for agriculture as a source of the following trace elements:

- molybdenum
- iron
- copper
- manganese
- zinc
- boron.

In addition, humates improve the flow of sugars, amino acids, vitamins and hormones into the plant. Accelerates the ingress of water and oxygen uptake by plants, which ultimately intensifies their respiration. As a result of increased respiration, cell division, photosynthesis, protein synthesis, increased growth of the root system, aboveground mass, accelerates the yield of dry matter, which leads to improved overall plant life.

All this ultimately leads to increased growth, increased plant productivity and improved product quality. Humates act as organic fertilizers and plant growth regulators.

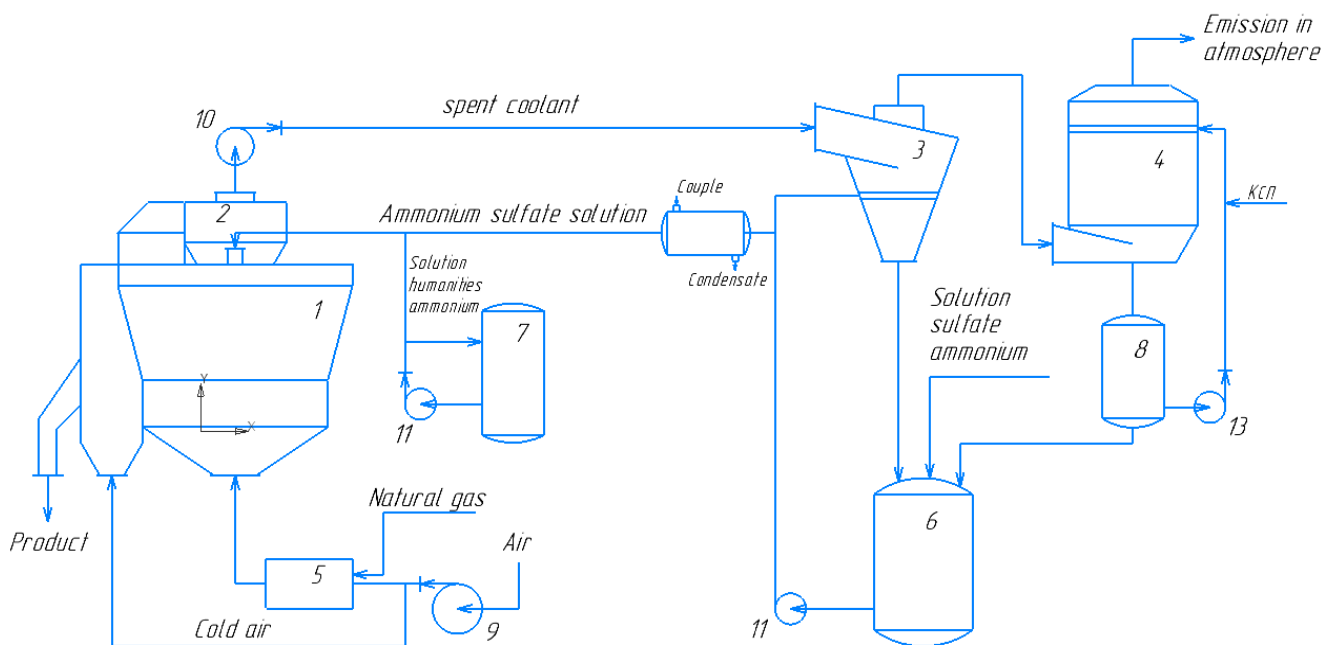
The action of humates in conditions of climatic stress is extremely important. During frosts, spraying plants with humates increases the viscosity of the protoplasm of cells and the concentration of cell sap. This reduces the freezing point of cell sap,

reduces the size of ice crystals in the cells and helps minimize or avoid frost damage to plants.

At high temperatures, spraying plants with humates helps to support the process of photosynthesis in conditions of exceeding the maximum allowable temperatures by 2–4 ° C. This allows plants to grow and develop in conditions where the ambient temperature reaches above 33-36 ° C, which is especially true for most regions in recent years.

In drought conditions, spraying plants with humates reduces the transpiration rate by 17–25%. This allows the plant to synthesize up to 25% more organic matter and, consequently, the crop from the same amount of available moisture. [3]

The scheme of the installation intended for the production of granular humic-mineral fertilizers is shown in Figure 1.



1- granulator; 2- direct current cyclone; 3- wet cyclone; 4- scrubber; 5- heat generator; 6- capacity of ammonium sulfate solution; 7- capacity solution of ammonium humate; 8- capacity of industrial fluid; 9, 10 - fans; 11 - centrifugal pumps; 12 - heat exchanger

Figure 1- Technological scheme of the installation of ammonium sulfate production

This installation works like this. The air is supplied by a fan 9 to the granulator 1, where it is heated in the heat generator 5 to a temperature of 250-400gC. In granulator 1, the hot coolant liquefies the solid layer.

Shell and tube heat exchanger, used to heat ammonium sulfate solution. The heat exchanger is made of corrosion-resistant material, as the ammonium sulfate solution is aggressive.

#### References:

1. <https://www.pro-rasteniya.ru/glossariy/guminovie-udobreniya-dlya-chego-i-kak-ich-sleduet-ispolzovat> від 27.10.2021 р.

2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%83%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%8B> від 27.10.2021 р.

3. <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/15589-huminovi-dobryva-ta-ikh-koryst-dlia-roslyny.html> від 27.10.2021 р.

## INSTALLATION OF CATALYTIC CRACKING

Student Ivanov D., Liubeka A.

**National technical university of Ukraine**

**"Kiev polytechnic institute named after Igor Sikorsky"**

**SUMMARY:** In today's world it is difficult to imagine a comfortable life without cars, and therefore without their fuel - gasoline. In turn, the production of gasoline depends on a fairly common process - cracking. Next we will talk about it, namely catalytic cracking.

**Key words:** CATALYTIC CRACKING, BENZENE, HEAT EXCHANGER, MODERNIZATION

## УСТАНОВКА КАТАЛІТИЧНОГО КРЕКІНГУ

студент Іванов Д., Любека А.М.

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ.** В сучасному світі важко представити комфортне життя без автомобілів, а отже і без їхнього палива - бензину. В свою чергу виробництво бензину залежить від досить поширеного процесу – крекінгу. Далі мова піде про нього, а саме про каталітичний крекінг.

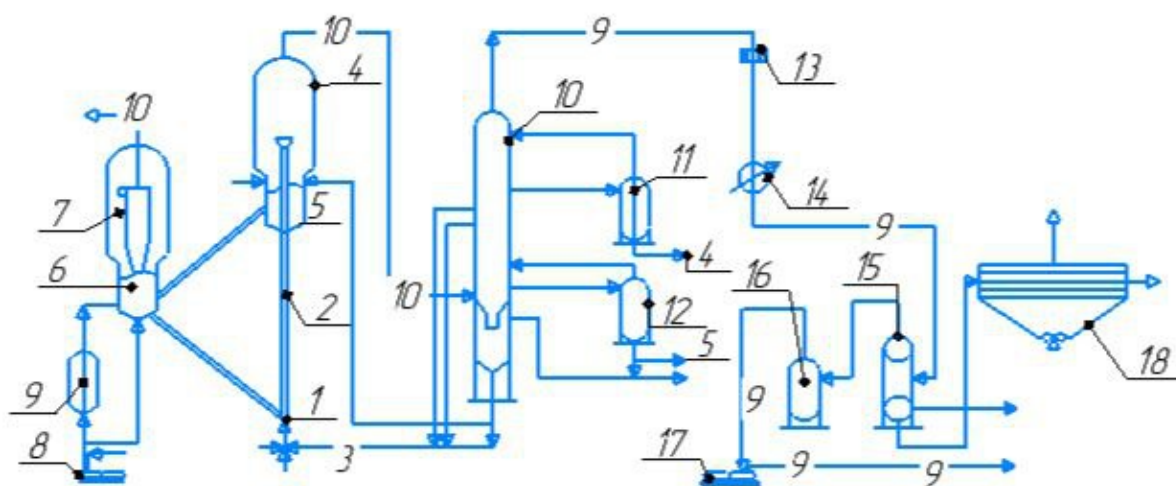
**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** КАТАЛІТИЧНИЙ КРЕКІНГ, БЕНЗОЛ, ГРАНУЛЯЦІЯ, ТЕПЛОБМІННИК, МОДЕРНІЗАЦІЯ



Cracking is the decomposition of hydrocarbons when heated. In general, there are two types of cracking: thermal and catalytic. The first occurs without a catalyst and is accompanied by a rupture of carbon chains, the second is also accompanied by a rupture of chains, but other processes occur, so the catalytic type of cracking is quite common and valuable in industry, as we have an extensive and rich mix of products.

Natural, synthetic and mixed aluminosilicates are used as catalysts, which mainly contain 10-20% of alumina and 70-80% of silica, as well as not much water.

Cracking reactions are accompanied by the formation of vaporous hydrocarbons and gaseous, as well as solid coke deposits on the surface of the catalyst, where they counteract the access of hydrocarbon molecules and thus reduce its activity. To restore activity, the catalyst is regenerated. This process is due to the burning of coke from the surface at 560-600 °C and constant blowing of the surface with air. [2]



1-mixing unit; 2- direct-flow lifter-reactor; 3- zone of forced fluidized bed; 4,5 settling and evaporating zones of the reactor; 6- regenerator; 7- settling zone of the regenerator; 8- air compressor; 9- pressure furnace; 10 - distillation column; 11,12 - stripping columns; 13,14,18- refrigerator; 15- gas separator; 16-battery; 17-centrifugal compressor.

Figure 1 - installation of catalytic cracking

The advantages of air cooling are: saving the cost of the refrigerant, reducing labor costs for cleaning the device and significantly lower wastewater emissions.

Description of the technological scheme. First, the hydrotreated raw material is heated in a furnace and heat exchangers, then mixed with recirculated water and steam and introduced into the mixing unit 1 of the direct-flow elevator reactor 1. Upon contact with hot regenerated catalyst, the raw material evaporates, cracks in the elevator reactor and layer 3, the resulting mixture is called gas catalyst. It enters the settling zone of the reactor 4.

After coking the catalyst from 4 and the cyclone downpipes passes through the stripping zone 5 and on the inclined catalyst line enters the zone 6 of the regenerator. A pressure oven 9 is required to heat the air if necessary.

Flue gases of regeneration pass through the settling zone of the regenerator 7, passing two-stage internal cyclones and are sent for heat recovery. In the distillation column 10, the catalyst is separated into the target products.

The temperature is distributed so that in the upper part of the settling zone of the column fraction above 693K, which is removed after cooling from the installation. Fractions from 468 to 543K and from 543 to 693K are obtained through stripping columns 11 and 12 by side columns. At the top of the column is a mixture of gasoline and water vapor, which passes through the condenser-coolers 13, water cooler 14 and enters the gas separator 15. Then the gas is fed through the battery 16 to the inlet of fatty gas compressors, ie gasoline and water for cooling. [3]

#### References:

1. [http://4ua.co.ua/manufacture/rb2bc79b5d53b89421206d27\\_0.html](http://4ua.co.ua/manufacture/rb2bc79b5d53b89421206d27_0.html)
2. <https://www.neftegaz-expo.ru/ru/ui/17157/>

[https://uk.wikipedia.org/wiki/Каталітичний\\_крекінг](https://uk.wikipedia.org/wiki/Каталітичний_крекінг)

УДК 66.047

## **ABSORBER OF AMINE GAS PURIFICATION INSTALLATION**

Student Niculichev D. V., Senior lecturer, Ph.D. Haidai S.S.

**National Technical University of Ukraine**

**"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

**ANNOTATION:** *The technological scheme of amine gas purification from hydrogen sulfur is considered and the outline of the technological scheme of the process is given.*

**KEY WORDS:** *AMINES, HYDROGEN SULFUR, ABSORBER, AMINE PURIFICATION.*

## **АБСОРБЕР УСТАНОВКИ АМІНОВОЇ ОЧИСТКИ ГАЗУ**

Студент Нікулічев Д. В., старший викладач, к.т.н. Гайдай С. С.

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ:** *Розглянуто технологічну схему амінового очищення газу від сірководню та наведено опис технологічної схеми процесу.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *АМІНИ, СІРКОВОДЕНЬ, АБСОРБЕР, АМІНОВА ОЧИСТКА.*

Hydrocarbons extracted from oil, gas and gas condensate, coal fields and oil shale deposits are used in fuel, chemical, light, food and other industries, as well as in agriculture.

Hydrogen sulfide, mercaptan sulfur compounds and carbon dioxide are the most common 'pollutants' of raw hydrocarbons. Due to their high corrosive effects on carbon steel equipment and pipelines, these compounds must be removed from the feed stream if their concentration is exceeded.

Removal of hydrogen sulfide and carbon dioxide using aqueous amine solutions is the most 'popular' method with more than fifty-year history.

The type and concentration of the aqueous amine solutions are critical parameters for determining the entire treatment process. There are typical mass concentrations of amine solutions presented below.

Mono ethanolamine (MEA): 20% to remove CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S, 32% to remove mainly CO<sub>2</sub>.

Diethanol amide (DEA): 20...25% to remove H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub>.

Methyl diethanolamine (MDEA): 30...55% to remove selectively H<sub>2</sub>S with the presence of CO<sub>2</sub>; to remove H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> using an activator (piperazine).

Diglycolamine (DGA): 50 % to remove H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> and up to 70% of 'light' mercaptans.

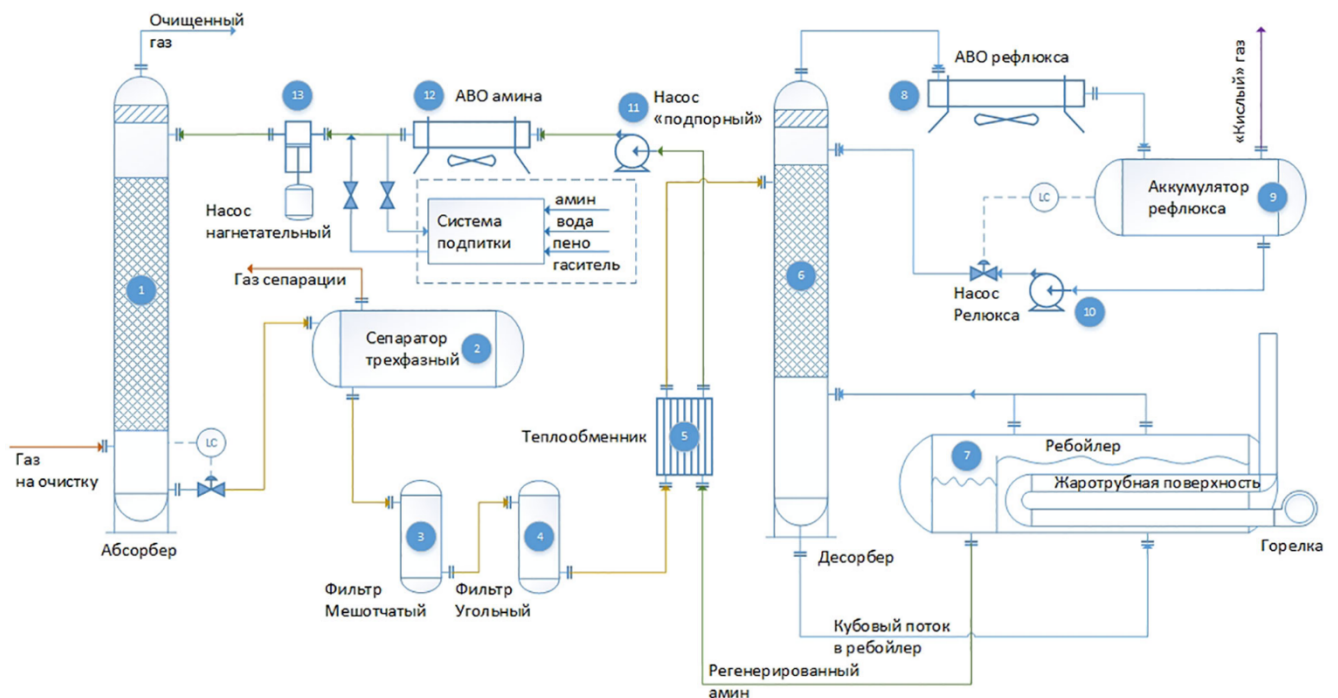


Figure 1 – Technological scheme

Gas is fed to the bottom of the absorber column (1). Rising up the column, the gas contacts the amine solution. Either valve trays or unstructured packing are used as contact devices. The choice of the type of contact device is determined for each specific case separately. The number of theoretical stages of contact for a typical absorber is 7. Having passed the contact part of the absorber, the gas enters the

droplet separator section. The purpose of this section is to reduce the amount of entrainment of the amine solution with the stream of purified raw materials as much as possible. Further, the cleaned gas is discharged outside the unit. The absorber column is equipped with temperature sensors (as standard) to monitor temperature changes along the height of the apparatus.

The amine solution is discharged from the bottom of the column by an automatic valve on a signal from an automatic level controller. With a decrease in pressure, particles of low-boiling hydrocarbons are released from the amine solution. Separation of the generated mixture takes place in a separator (2). The gas released during the separation process is discharged from the upper part of the process vessel into a flare system for burning 'acid' gases or into a thermal breakdown unit.

After the separation, the amine solution undergoes mechanical cleaning in successively located bag (3) and carbon (4) filters.

Further, the saturated amine solution purified from mechanical impurities enters the heat exchanger (5), where heating occurs due to heat exchange with the stream of regenerated amine from the reboiler (7).

From the heat-exchanger unit (5), the amine solution is fed to the stripping column (6). The heat required for the regeneration process is supplied in the reboiler (7). The source of heat can be either a direct heater (gas burner, thermoelectric heater) or an indirect one (steam or hot oil). Reflux air cooler unit (8) provides partial condensation of vapors from the stripper column, thereby forming a reflux flow.

The regenerated amine is carried off the overflow section of the reboiler (7) and fed to the heat exchanger (5) to heat the saturated amine stream, after which it is fed by a transfer pump to the section of amine air cooler unit (12).

## References

1. Amine treatment – [Electronic source] – <https://gazsurf.com/en/gas-processing/equipment/modular-units/item/amine-treatment>
2. Gas processing – [Electronic source] – <https://gazsurf.com/en/gas-processing>.

УДК 66.047

## HEAT EXCHANGER FOR BIOGAS COOLING IN TECHNOLOGICAL SCHEME OF BIOGAS CLEANING PROCESS

Student Kovalenko N. S., Senior lecturer, Ph.D. Haidai S.S.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**ANNOTATION:** *Biogas production, composition, its production by decomposition of methane biomass with the help of 3 types of bacteria are considered. The technological scheme for biogas purification is also presented and described.*

**KEY WORDS:** *BIOGAS, BIOMETHANE, CLEANING, SHELL AND TUBE, HEAT EXCHANGER.*

## ТЕПЛООБМІННИК ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ БІОГАЗУ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ БІОГАЗУ

Студент Коваленко Н. С., старший викладач, к.т.н. Гайдай С. С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**АНОТАЦІЯ:** *Розглянуто виробництво біогазу, його склад та отримання шляхом розкладання біомаси метану за допомогою трьох типів бактерій. Також наведено технологічну схему очищення біогазу та її опис.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *БІОГАЗ, БІОМЕТАН, ОЧИЩЕННЯ, КОЖУХОТРУБНИЙ, ТЕПЛООБМІННИК.*

Due to the global energy and economic crisis, humanity is actively looking for alternative renewable energy sources. Much attention is paid to the search for substitutes for natural gas. A promising alternative to natural gas is biogas, which can be obtained by methane fermentation of biomass.

Biogas is a gas produced by methane fermentation of biomass. Decomposition of biomass occurs under the influence of 3 species of bacteria. In the food chain, subsequent bacteria feed on the products of life of the previous ones. The first type - hydrolytic bacteria, the second acid-forming, the third - methane-forming. Bacteria of all three species are involved in biogas production.

Biogas consists of methane ( $\text{CH}_4$ ) from 55% to 75%, carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) from 25% to 45%, minor impurities of hydrogen  $\text{H}_2$  and hydrogen sulfide  $\text{H}_2\text{S}$ .

After purification of biogas from carbon dioxide  $\text{CO}_2$ , biomethane is obtained, which is a complete analogue of natural gas, the difference of which is only in the origin.

Raw materials for biogas production are organic wastes, such as manure, grain and molasses post-alcoholic bard, beer pellets, beet pulp, fish and slaughterhouse wastes, grass, household wastes, dairy wastes, starch and molasses wastes, potato processing wastes, etc.

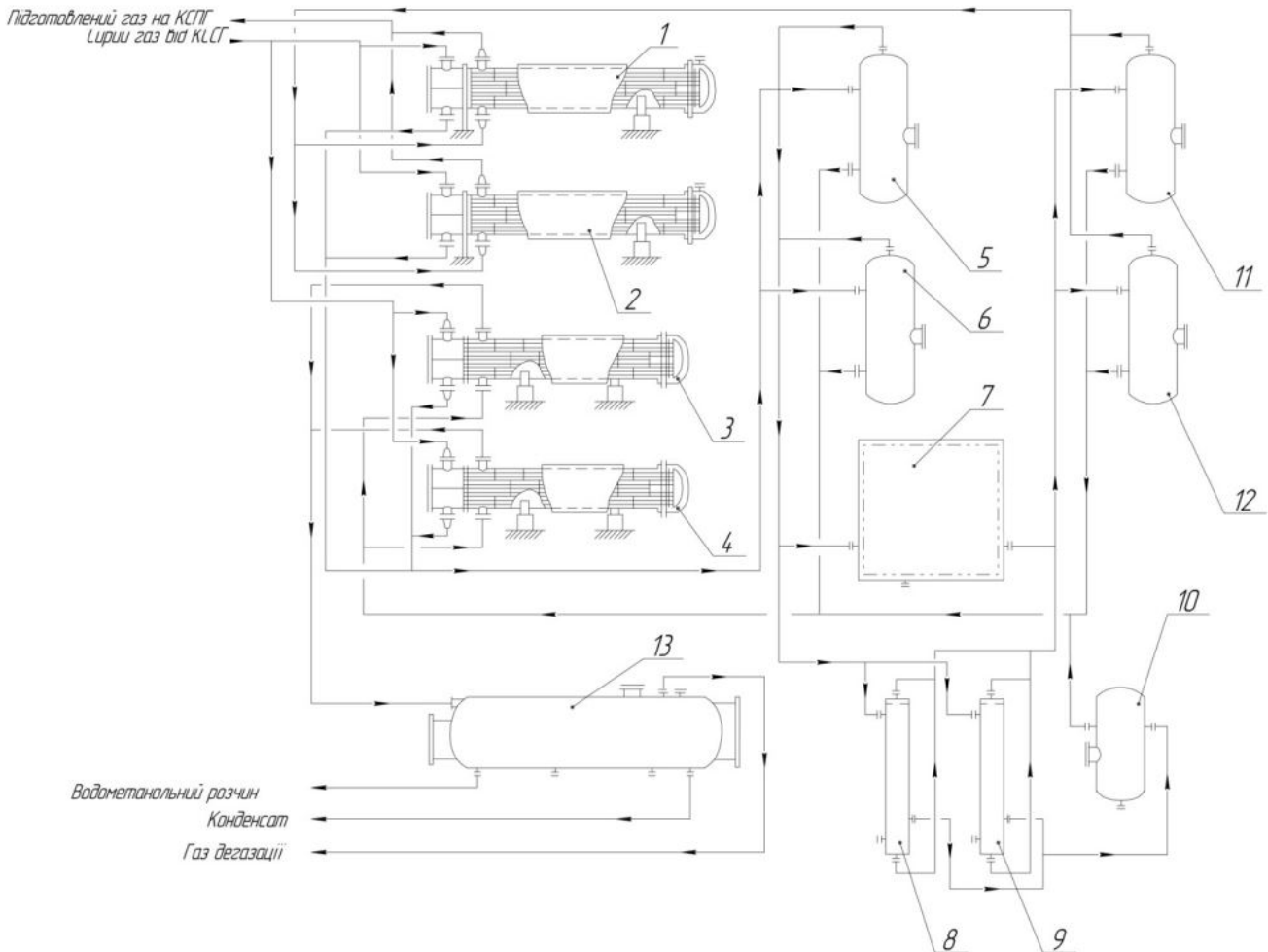
The yield of biogas depends on the dry matter content and the type of raw material used. 30-50  $\text{m}^3$  of biogas with a methane content of 60% and 150-500  $\text{m}^3$  of biogas from different types of plants with a methane content of up to 70% are obtained from a ton of cattle manure. The maximum possible amount of biogas that can be obtained from fat is 1300  $\text{m}^3$  with a methane content of up to 87%.

In biogas calculations, the concept of dry matter (CF or English TS) or dry residue (CO) is used. The water contained in the biomass does not produce gas. From 1 kg of dry matter receive from 300 to 500 liters of biogas. To calculate the yield of biogas from specific raw materials, it is necessary to conduct laboratory tests or determine the content of fats, proteins and carbohydrates using reference data.

There are 2 main methods of biogas purification: gravitational and inertial.

Purification of biogas by inertial method is a fairly common process, the advantages of which are lower energy consumption, simplicity of the process and the devices used in it.

Part of the technological scheme for biogas treatment is shown in Figure 1.



1, 2 – Shell and tube heat exchanger (gas-gas); 3, 4 – Shell and tube heat exchanger (gas condensate); 5, 6, 11, 12 – separator; 7 – throttle unit; 8, 9 – three-flow vortex tube; 10 – condensate separator; 13 – liquid separator (settling tank).

Figure 1 - Technological scheme of biogas treatment

Gas from the metering unit enters heat exchangers 3 and 4, where unstable condensate is heated. The cooled gas from heat exchangers 3 and 4 enters intermediate separators 5 and 6. Gas from the metering unit also enters heat exchangers 1 and 2, where it is cooled. Then the cooled gas from heat exchangers 1 and 2 enters the intermediate separators, where it is separated. Separation gas from separators 11 and 12 is supplied for heating in heat exchangers 1 and 2. Then the heated gas from heat exchangers 1 and 2 enters the gas metering unit (GHG). The condensate from the condensate separator 10 is mixed with the condensate leaving the separators 5, 6, 11 and 12 and is heated in the heat exchangers 3 and 4. Next, the condensate from the heat exchangers 3 and 4 enters the liquid separator 13.



Degassing gas is taken from the liquid separator to receive KSSG, the water-methanol solution goes to the methanol farm and the condensate (NFLU) to the NFLU collection plant.

Since biogas treatment is one of the most dynamically progressing branches of fuel energy, the current direction is to increase the efficiency of the technological scheme by intensifying the modes of operation of its devices, namely high productivity and efficiency of the process.

The shell and tube heat exchanger is not the main device, but is an integral part of the technological scheme of biogas purification shown in Figure 1. It is in it that the gas is heated and cooled, which is necessary for the further process. Since the efficiency of the whole scheme will be determined by the efficiency of heat exchange processes - so it is advisable to upgrade the heat exchanger, aimed at increasing its productivity on the intermediate product, because it limits the productivity of the whole scheme.

The task for diploma design is the choice of heat exchange equipment among modern designs, checking its patent purity, modernization of equipment, which should improve the quality of the intermediate product and increase the productivity of the equipment.

### References

1. Kasatkin AG Basic processes and devices of chemical technology. - M.: Chemistry. - 1971 - 784 P.
2. Dytnersky YI Basic processes and devices of chemical technology. - M.: Chemistry. - 1991 - 493 P.

УДК 66.047

**ABSORBER OF AMINE ENGINE CLEANING PLANT  
FROM CARBON ACID**

Student Tsemashko N.O., Senior lecturer, Ph.D. Haidai S.S.

**National Technical University of Ukraine**

**"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

**ANNOTATION:** *The technological scheme of amine gas purification from carbon dioxide is considered and the outline of the technological scheme of the process is given.*

**KEY WORDS:** *AMINES, CARBON GAS, ABSORBER, AMINE PURIFICATION.*

**АБСОРБЕР УСТАНОВКИ АМІНОВОЇ ОЧИСТКИ ГАЗУ  
ВІД ВУГЛЕКИСЛОТИ**

Студент Цемашко Н.О., старший викладач, к.т.н. Гайдай С. С.

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ:** *Розглянуто технологічну схему амінового очищення газу від вуглекислоти та наведено опис технологічної схеми процесу.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** *АМІНИ, ВУГЛЕКИСЛИЙ ГАЗ, АБСОРБЕР, АМІНОВА ОЧИСТКА.*

Amine gas treating, also known as amine scrubbing, gas sweetening and acid gas removal, refers to a group of processes that use aqueous solutions of various alkylamines (commonly referred to simply as amines) to remove hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) from gases. It is a common unit process used in refineries, and is also used in petrochemical plants, natural gas processing plants and other industries.

Processes within oil refineries or chemical processing plants that remove hydrogen sulfide are referred to as "sweetening" processes because the odor of the processed products is improved by the absence of hydrogen sulfide. An alternative to the use of amines involves membrane technology. However, membrane separation is less attractive due to the relatively high capital and operating costs as well as other technical factors.

Many different amines are used in gas treating:

Diethanolamine (DEA) 20...25% to remove H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub>.

Monoethanolamine (MEA) 20% to remove CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S, 32% to remove mainly CO<sub>2</sub>.

Methyldiethanolamine (MDEA) 30...55% to remove selectively H<sub>2</sub>S with the presence of CO<sub>2</sub>; to remove H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> using an activator (piperazine).

Diisopropanolamine (DIPA) 50 % to remove H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> and up to 70% of «light» mercaptans.

Aminoethoxyethanol (Diglycolamine) (DGA)

The choice of amine concentration in the circulating aqueous solution depends upon a number of factors and may be quite arbitrary. It is usually made simply on the basis of experience. The factors involved include whether the amine unit is treating raw natural gas or petroleum refinery by-product gases that contain relatively low concentrations of both H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> or whether the unit is treating gases with a high percentage of CO<sub>2</sub> such as the offgas from the steam reforming process used in ammonia production or the flue gases from power plants [1].

Both H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> are acid gases and hence corrosive to carbon steel. However, in an amine treating unit, CO<sub>2</sub> is the stronger acid of the two. H<sub>2</sub>S forms a film of iron sulfide on the surface of the steel that acts to protect the steel. When treating gases with a high percentage of CO<sub>2</sub>, corrosion inhibitors are often used and that permits the use of higher concentrations of amine in the circulating solution.

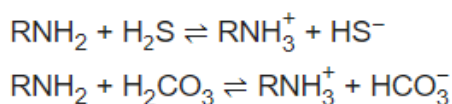
Another factor involved in choosing an amine concentration is the relative solubility of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> in the selected amine [1]. The choice of the type of amine will affect the required circulation rate of amine solution, the energy consumption for

the regeneration and the ability to selectively remove either H<sub>2</sub>S alone or CO<sub>2</sub> alone if desired. For more information about selecting the amine concentration, the reader is referred to Kohl and Nielsen's book.

The most commonly used amines in industrial plants are the alkanolamines DEA, MEA, and MDEA. These amines are also used in many oil refineries to remove sour gases from liquid hydrocarbons such as liquified petroleum gas (LPG).

Gases containing H<sub>2</sub>S or both H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> are commonly referred to as sour gases or acid gases in the hydrocarbon processing industries.

The chemistry involved in the amine treating of such gases varies somewhat with the particular amine being used. For one of the more common amines, monoethanolamine (MEA) denoted as RNH<sub>2</sub>, the acid-base reaction involving the protonation of the amine electron pair to form a positively charged ammonium group (RNH<sub>3</sub><sup>+</sup>) can be expressed as:



The resulting dissociated and ionized species being more soluble in solution are trapped, or scrubbed, by the amine solution and so easily removed from the gas phase. At the outlet of the amine scrubber, the sweetened gas is thus depleted in H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub>.

A typical amine gas treating process (the Girbotol process, as shown in the flow diagram below) includes an absorber unit and a regenerator unit as well as accessory equipment. In the absorber, the downflowing amine solution absorbs H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> from the upflowing sour gas to produce a sweetened gas stream (i.e., a gas free of hydrogen sulfide and carbon dioxide) as a product and an amine solution rich in the absorbed acid gases. The resultant "rich" amine is then routed into the regenerator (a stripper with a reboiler) to produce regenerated or "lean" amine that is recycled for reuse in the absorber. The stripped overhead gas from the regenerator is concentrated H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub>.

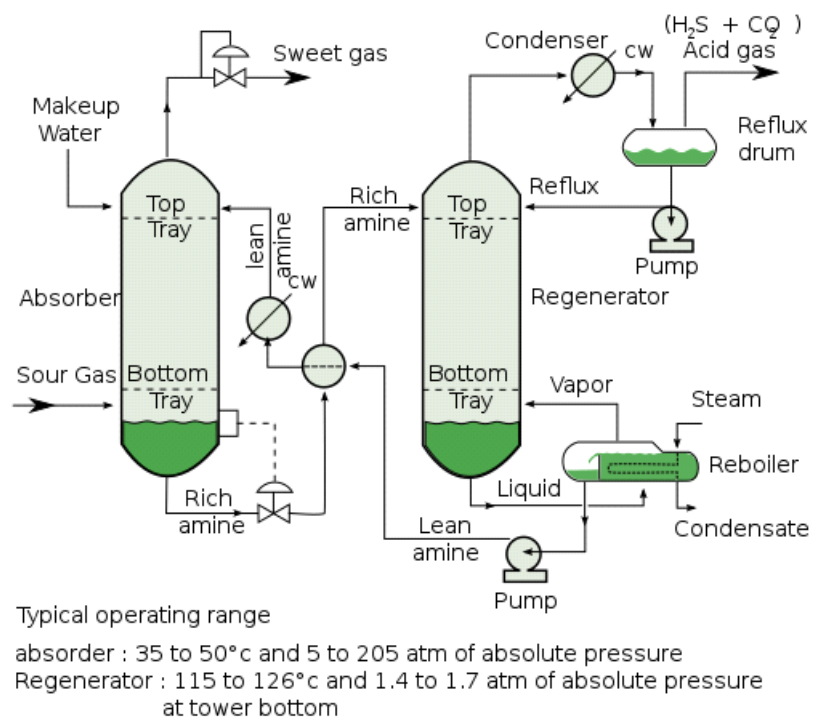


Figure 1 – Technological scheme

Gas is fed to the bottom of the absorber column (1). Rising up the column, the gas contacts the amine solution. Either valve trays or unstructured packing are used as contact devices. The choice of the type of contact device is determined for each specific case separately. The number of theoretical stages of contact for a typical absorber is 7. Having passed the contact part of the absorber, the gas enters the droplet separator section. The purpose of this section is to reduce the amount of entrainment of the amine solution with the stream of purified raw materials as much as possible. Further, the cleaned gas is discharged outside the unit. The absorber column is equipped with temperature sensors (as standard) to monitor temperature changes along the height of the apparatus.

The amine solution is discharged from the bottom of the column by an automatic valve on a signal from an automatic level controller. With a decrease in pressure, particles of low-boiling hydrocarbons are released from the amine solution. Separation of the generated mixture takes place in a separator (2). The gas released during the separation process is discharged from the upper part of the process vessel into a flare system for burning ‘acid’ gases or into a thermal breakdown unit.

After the separation, the amine solution undergoes mechanical cleaning in successively located bag (3) and carbon (4) filters.

Further, the saturated amine solution purified from mechanical impurities enters the heat exchanger (5), where heating occurs due to heat exchange with the stream of regenerated amine from the reboiler (7).

From the heat-exchanger unit (5), the amine solution is fed to the stripping column (6). The heat required for the regeneration process is supplied in the reboiler (7). The source of heat can be either a direct heater (gas burner, thermoelectric heater) or an indirect one (steam or hot oil). Reflux air cooler unit (8) provides partial condensation of vapors from the stripper column, thereby forming a reflux flow.

The regenerated amine is carried off the overflow section of the reboiler (7) and fed to the heat exchanger (5) to heat the saturated amine stream, after which it is fed by a transfer pump to the section of amine air cooler unit (12).

#### References

1. Amine treatment – [Electronic source] – <https://gazsurf.com/en/gas-processing/equipment/modular-units/item/amine-treatment>
2. Gas processing – [Electronic source] – <https://gazsurf.com/en/gas-processing>.

## СЕКЦІЯ 1

### «ПРОЦЕСИ ТА АПАРАТИ ХІМІЧНИХ І НАФТОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

<b>REVIEW OF CONSTRUCTION OF AIR REFRIGERATORS</b> Vakulina A.D., Stepaniuk A.	4
<b>ВИЗНАЧЕННЯ МАСОВОЇ ЧАСТКИ ВОЛОГИ ПЛОДІВ ЛОХИНИ МЕТОДОМ ВИСУШУВАННЯ ДО ПОСТІЙНОЇ МАСИ</b> Слободянюк К.С., Граков О.П.	8
<b>MODERNIZATION OF THE PLANT FOR SEPARATION OF THE MIXTURE OF CARBON DISULPHIDE- TETRACHLOROMETHANE</b> Zabolotna N.V., Stepaniuk A.R.	11
<b>TYPES OF REGENERATIVE HEAT EXCHANGERS</b> Muzyka S.N., Stepaniuk A.R.	16
<b>INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE DRYING KINETICS OF COMPOSITE BIOGRANULES</b> Novikova Yu., Petrov A.	20
<b>ВПЛИВ ГІДРОМОДУЛЮ НА ДИСПЕРУВАННЯ СТЕБЕЛ КУКУРУДЗИ ПРИ ЇЇ ОБРОБЦІ В РОТОРНО- ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ</b> Ободович О.М., Сидоренко В.В., Лимар А.Ю., Азаров С.П., Хоменко В.О	24
<b>ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОКИСЛЕННЯ ЖИВИЛЬНОЇ ВОДИ ДЛЯ ПАРОВИХ КОТЛІВ В РОТОРНО- ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ</b> Ободович О.М., Сидоренко В.В., Лимар А.Ю., Азаров С.П., Хоменко В.О	27
<b>РІВНОВАЖНА ВОЛОГІСТЬ СУХИХ ПРОДУКТІВ ШВИДКОГО ПРИГОТУВАННЯ (ГОРОХОВО-МОРКВЯНОГО СУПУ-ШОРЕ)</b> Петрова Ж.О., Самойленко К.М.	30
<b>THE PROCESS OF COOLING ETHANOL DURING ITS PRODUCTION</b> Pechernyi D.V., Novokhat O.A.	33
<b>MODERNIZATION OF THE INSTALLATION OF ETHANOL PRODUCTION BY DEVELOPMENT OF A NOZZLE RECTIFICATION COLUMN</b> Heorhii Pirenko, Andrii Stepaniuk	37

<b>MODERNIZATION OF OIL CLEANING INSTALLATION WITH DEVELOPMENT OF STEAMING COLUMN</b>	
Mudryk M.I., Stepanyuk A.R.	41
<b>ВПЛИВ КАВІТАЦІЇ НА ПЕРЕБІГ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЛАКТОЗИ</b>	
Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Радченко Н.Л., Щепкін В.І.	45
<b>РОЗРОБКА МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ГАЗОВОДНЕВИХ СУМІШАХ</b>	
Цюпяшук А.М., Пяних К.Є., Костогриз К.П.	47
<b>GASIFICATION OF COAL AND NON-TRADITIONAL FUELS</b>	
Chmel V., Novikova I.	49
<b>ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ В ПРОЦЕСАХ ЕКСТРАГУВАННЯ</b>	
Щепкін В.І., Шуляк В.В., Гартвіг А.П., Величко О.Д.	51
<b>MODERNIZATION OF UNIT FOR SEPARATION OF METHANOL-BENZENE MIXTURE</b>	
Chorna V.A., Stepaniuk A.R.	53
<b>ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА НАТУРАЛЬНИХ ПРОДУКТІВ СНЕКОВОЇ ГРУПИ</b>	
Гусарова О. В., Шапар Р. О	58
<b>INSTALLATION OF OBTAINING AMMONIUM NITRATE FOR THE MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER FOR HEATING NITRIC ACID</b>	
Chernysh I.S., Liubeka A.N	62
<b>INSTALLATION OF AMMONIUM SULPHATE PRODUCTION</b>	
Revun Y., Liubeka A.	67
<b>INSTALLATION OF CATALYTIC CRACKING</b>	
Ivanov D., Liubeka A.	72
<b>ABSORBER OF AMINE GAS PURIFICATION INSTALLATION</b>	
Niculichev D. V., Haidai S.S.	75
<b>HEAT EXCHANGER FOR BIOGAS COOLING IN TECHNOLOGICAL SCHEME OF BIOGAS CLEANING PROCESS</b>	
Kovalenko N. S., Haidai S.S.	78
<b>ABSORBER OF AMIN ENGINE CLEANING PLANT FROM CARBON ACID</b>	
Tsemashko N.O., Haidai S.S.	82