

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

Інженерно-хімічний факультет



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

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

25-26 листопада  
Київ 2020

УДК 66

ББК 35.11-5я43

О 16

Збірник тез доповідей XXVII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" 25-26 листопада 2020 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – 120 с

**Збірник тез доповідей XXVII 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  
к.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: Улітько Р.М.

Рекомендовано до друку  
Кафедрою машин та апаратів хімічних  
і нафтопереробних виробництв  
Протокол № 7  
від 18 листопада 2020 р.

**Тези опубліковано за авторською редакцією.**

**СЕКЦІЯ 1**

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

УДК 544.723

## MODERN DIRECTIONS FOR IMPROVING THE ADSORPTION PROCESS

Student Trachuk Yehor associate professor, Ph.D., Andreiev Igor

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

*Abstract.* Presented the main modern directions of improvement of equipment for adsorption process. Special attention is paid to the most common coal-based adsorber, to the heating characteristics of the coal sorbent in regeneration mode and to its cooling in working mode. Specified ways to improve adsorption, regeneration and life extension of adsorbers.

*Key words:* adsorption, adsorber, sorbent, regeneration.

## СУЧАСНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ АДСОРБЦІЇ

студент Трачук Єгор, к.т.н., доц. Андреев Ігор

**Національний технічний університет України**

**“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

*Анотація.* Наведені основні сучасні напрямки удосконалення обладнання для проведення процесу адсорбції. Особливу увагу приділено найбільш поширеним вугільним адсорберам, особливостям нагрівання вугільного сорбенту в режимі регенерації і його охолодженню в робочому режимі. Визначені шляхи покращення процесу адсорбції, режиму регенерації і збільшенню терміну експлуатації адсорберів.

*Ключові слова:* адсорбція, адсорбер, сорбент, регенерація.

In chemical process industry, adsorption is used for separation pernicious contraries from liquid and gasiform technologic products or for detachment high-

priced materials from gas emissions and flows. It is also used for cleaning gases and effluents from toxic substances, hazardous and stinking materials.

Adsorption is carried out using adsorbers with a static or moving grainy adsorbent, with a boiling (fluidized) adsorbent layer.

The distinguishing feature of the adsorption process is the need for their periodic regeneration and complete reload of the adsorbent. As the machine works, micropores are inevitably clogged with contaminants, which gradually reduces the efficiency of capturing undesirable or harmful components of the gaseous phase.

The most commonly used sorbents are absorbent carbon. In regeneration mode (desorption) into the adsorber takes place heating of the activated carbon to restore its adsorption capacity. Unfortunately, activated carbon, just like other sorbents, which is applied in practice, has little thermal conductivity.

In this connection, the rapid heating of the large volume of coal sorbent in the apparatus can be carried out by flushing it with a hot water vapour at a temperature of 160 °C (pat. RU2159706, B60N 3/00). But water vapor is suitable for desorption of only a limited number of adsorbed compounds. It is also proposed to purge the sorbent with nitrogen at a temperature of 110-215 °C (pat. RU2052815, G01N 33/14), hydrocarbon gas at a temperature of 210-230 °C (pat. RU2047589, C07C 7/12) or high temperature treatment in inert atmosphere in an ultra-high frequency field at 915-5800 Mhz (pat. RU2109828, C22B 11/00, C22B 3/42). The patent authors RU2402372, B01D 53/04, propose that all coal should be current-fed, which ensures that it is smoothly warmed to the required temperature.

In order to increase the service life of the coal-fired adsorber, it is proposed to cool the sorbing layer by installing heat-exchange tubes (pat. № 47241, B01D 53/02), a mixing system for the sorbing layer, thereby avoiding sintering and excessive compaction of the sorbent, thereby restoring its filtering properties during use (pat. Ukrainians 52909, B01D 53/02).

The authors of the patent of Ukraine 56582, B01D 53/02 propose to use regenerated activated carbon and the new structural execution of the loading node in order to save resources. For this purpose, the mounting of a horizontal grid at the top

of the apparatus makes it much easier to replace the sorbent, repair and using of the adsorber, increases the volume of the sorbent and improves the geometry of the adsorption front.

The improvement of the adsorber can be done by redesigning the case and covers to allow the control of the volume of the adsorbent that takes part in the separation process, or by adjusting the volume of the adsorbent that is regenerated, and to adjust the time of interaction of the treated phase with the adsorbent (pat. Ukrainians 49086, B01D 53/04). The same objective is proposed due to the new combination of the main lines and the inlet and outlet pipes (pat. Ukrainians 56601, B01D 53/04).

Another way to improve the adsorption process is to comply with a certain temperature regime for cleaning certain substances and to use as a mordenite sorbent (pat. Ukrainians 76224, C01C 31/08, pat. Ukrainians 78102, C07C 7/13).

УДК 66.048.3.069.82(048.83)

## MAIN DIRECTIONS FOR IMPROVING CONTACT DEVICES OF MASS EXCHANGE COLUMNS

Student Sameliuk Oleksandr, associate professor, Ph.D. Andreiev Igor

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

*Abstract.* The main modern directions of improvement of the contact plates of mass-exchange column units are given, which make it possible to increase the efficiency of the process, the efficiency factor of the contact plate and to ensure high-quality spray capture.

*Keywords:* mass exchange machine, contact plate, barbotage.

## ОСНОВНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТАКТНИХ ТАРІЛОК МАСООБМІННИХ КОЛОН

студент Самелюк Олександр, к.т.н., доц. Андреев Ігор

**Національний технічний університет України**

**“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

*Анотація.* Наведені основні сучасні напрямки удосконалення контактних тарілок масообмінних колонних апаратів, які дозволяють збільшити ефективність процесу, коефіцієнт корисної дії контактних тарілок, забезпечити якісне бризкоуловлювання.

*Ключові слова:* масообмінний апарат, контактна тарілка, барботаж.

Plate-type columns are one of the most common types of heat-mass-exchange equipment for chemical, petroleum, food and many other manufactures. Furthermore, among the various structures of the plate columns, both with discharge (overflow) devices and without them, columns with cap-bearing plates are identified, which ensure a high efficiency of work in a wide range of loads over the heavy and light

phases. In many factors, the plate columns are not inferior to, but even superior to, the simpler mounted columns.

Despite the high efficiency and reliability of existing barbed contact plates of mass-exchange columns, they have proved to be effective in handling a wide variety of medias. The search for improvements in their design has continued to be intense in recent decades. First of all, this can be explained by the desire of researchers and designers to develop designs of non-specific, rather than versatile, contact plates will allow to efficiently process many medias with different properties.

Increasing the specific surface of the phases on the plate, and thus the efficiency of the plate and the column as a whole, can be achieved by arranging an additional perforated horizontal sheet. Furthermore, the caps are arranged in the openings of this sheet, which is mounted above the openings and / or the slits of the caps (pat. Ukraine 129958, B01D 3/18). Another way of increasing the surface of the phase contact is that the outer surface of the cap may be equipped with spirals which are arranged from the beginning to the end of the cap (pat. Ukraine 114294, B01D 3/18).

The efficiency of the mass transfer process on the plate and in the apparatus as a whole can be increased by increasing the contact time of the processed phases among each other by equipping the upper part of each aperture and / or each slit with a folded outer petal, which is curved along the length (pat. Ukraine 134837, B01D 3 / 20) or by equipping the horizontal edges of the apertures of the apertures of the blades which are arranged on the outside of the cap radially and horizontally (pat. RU2500452, B01D 3/16).

A number of authors propose to intensify the mass exchange process by establishing caps of different configurations depending on their location on the mass exchange plate, which ensures uniform distribution of the liquid by the volume of the mass-exchange plate and prevention of wall layer effect by the liquid (pat. Ukraine 95134, B01D 3/00, B01D 3/32; pat. Ukraine 103771, B01D 3/00; pat. Ukraine 107675, B01D 3/22) or the installation of caps, which have different dimensions of the holes (pat. Ukraine 115606, B01D 3/00, B01D 3/20).



The increase in the efficiency of the plate is achieved by the installation of movable and immovable swirling pipes and makes it possible to regulate the required liquid level on the plates (pat. Ukraine 99583, B01B 7/00) or special contact devices with slots arranged at an angle to the vertical plane (pat. Ukraine 104068, B01D 3/00, B01D 3/20).

Providing spray separation makes impossible to partially transfer the heavy phase to the upper plate and improves the conditions of mass transfer in the apparatus. It can be achieved by installing a perforated horizontal fabric above the cap, which retards the heavy phase droplets (pat. Ukraine 130245, B01D 3/20). The same effect with the additional self-regulation of the through section in the light phase is achieved when the cap is movable (pat. Ukraine 134565, B01D 3/20; pat. Ukraine 134566, B01D 3/20).

The development of new designs of contact plates of mass exchange machines is facilitated not only by the great possibilities offered to researchers and designers by numerical modeling tools, but also by the achievement of material science and technology, which can respond rapidly to the needs of elements of chemical equipment for handling a wide variety of substances and their mixtures.

The use in practice of improved contact plates of mass-exchange apparatuses makes it possible to increase the efficiency of carrying out such technological processes as rectification, absorption, desorption and extraction, as well as to increase the reliability of technological equipment.

УДК 636.085.55:636.52.58

**Дослідження взаємовпливу вологи і температури в екструдері на якісні показники екструдату**

д.т.н., с.н.с. Іваницький Г.К., к.т.н., с.н.с. Целень Б.Я.,

к.т.н., с.н.с. Радченко Н.Л.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

**Анотація:** Наведено результати експериментальних досліджень обробки рослинної сировини в екструдері, зокрема, дослідження взаємовпливу вологи і температури в екструдері на фракційний склад отриманого гранульованого екструдату.

**Abstract:** The publication present results of experimental studies of grain processing in an extruder. In particular, the study of the interaction of moisture and temperature in the extruder on the fractional composition of the extrudate

**Ключові слова:** екструдер, екструдат.

**Keywords:** extruder, granules.

Основним завданням при виробництві високоякісних екстудованих продуктів є їх однорідний гранулометричний склад. Даний параметр залежить від кількості вологи в сировині та температури процесу. Другий параметр на пряму залежить від першого. Тому основною метою стало визначення оптимальної кількості вологи в сировині, яка забезпечить отримання однорідного гранулометричного складу екструдату та необхідної температури процесу.

Експерименти показали, що збільшення вологовмісту перед обробкою на 1% знижує температуру процесу приблизно на 10<sup>0</sup>С. Тому вибір діапазону вологовмісту проводили виходячи з рекомендованої температури обробки рослинної сировини в екструдерах та на основі отриманих нами даних.

Дослідження велись на екструдері Е-250. Конструкція якого не має зон дегазації, а отже кількість вологи під час обробки залишається постійною.

Дослідження проводились для діапазону початкового вмісту вологи в сировині від 9 до 15%. Максимальна температура в матричній зоні екструдера в ході вимірювань склала 178<sup>0</sup>С при 9% та 120<sup>0</sup>С при 15%.

Результати показали, що при початковому вмісті вологи від 9 до 11% переважна більшість отримуваних гранул, а це 70% має розміри до 1мм. Решта гранул мають розміри від 1 до 3мм (27%) і більше 3мм (3%). Подальше підвищення початкового вмісту вологи до 12...13% показало перерозподіл фракцій в сторону зростання розміру гранул, зокрема, зменшилась до 40% фракція гранул з розміром до 1мм. і зросло до 50% число гранул з розміром від 1 до 3мм. При цьому, фракція гранул від 3 до 5мм збільшилась з 3% до 10%. Такий перерозподіл можна пояснити зменшенням сил тертя через надлишок вологи та скороченням часу їх перебування в екструдері. Наступне підвищення кількості вологи до 14...15% показало подальше зниження до 30% фракції гранул розміром до 1мм та зменшення до 38% фракції від 1 до 3мм. При цьому, суттєво зросла кількість гранул розміром від 3 до 5мм. та склала вже 32%. Характерною також стала поява невеликої кількості агломератів, яку можна пояснити надлишком вологи під час обробки та поява залишків не подрібненої сировини, що можна пояснити суттєвим скороченням часу обробки та зменшенням сил тертя.

Висновки. В ході проведених експериментів було визначено, що чим менша початкова кількість вологи в рослинній сировині, тим більше переважають фракції гранул до 3мм. Збільшення кількості вологи веде до зростання фракції частинок екструдату 3...5мм. та появи агломератів і залишків неподрібнених частинок сировини, які не пройшли достатню термічну обробку. Тому для отримання однорідної структури екструдату до 1мм. рекомендовано початковий вміст вологи в зерні від 10...11%, а для отримання фракції до 3мм – 12...13%.

УДК 661.721.4

**MODERNIZATION OF VAPORIZER FOR METHANOL  
PRODUCTION PLANT**

Student Solomonova V.E., assistant professor, Ph.D. Hulienko S.V.,  
associate professor, Ph. D, Stepaniuk A. R.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**Abstract:** The destination of the methanol and technological scheme of its production are represented. The ways of modernization of steam generator are justified.

**Key words:** Methanol, technological scheme, steam generator

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНИКА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА  
МЕТАНОЛУ**

студент Соломонова В.Е., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,  
доц., к.т.н. Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України**

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

**АНОТАЦІЯ:** Наведено призначення метилового спиртом та технологічну схему його виробництва. Обґрунтовано напрями модернізації парогенератора.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МЕТИЛОВИЙ СПИРТ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ПАРОГЕНЕРАТОР

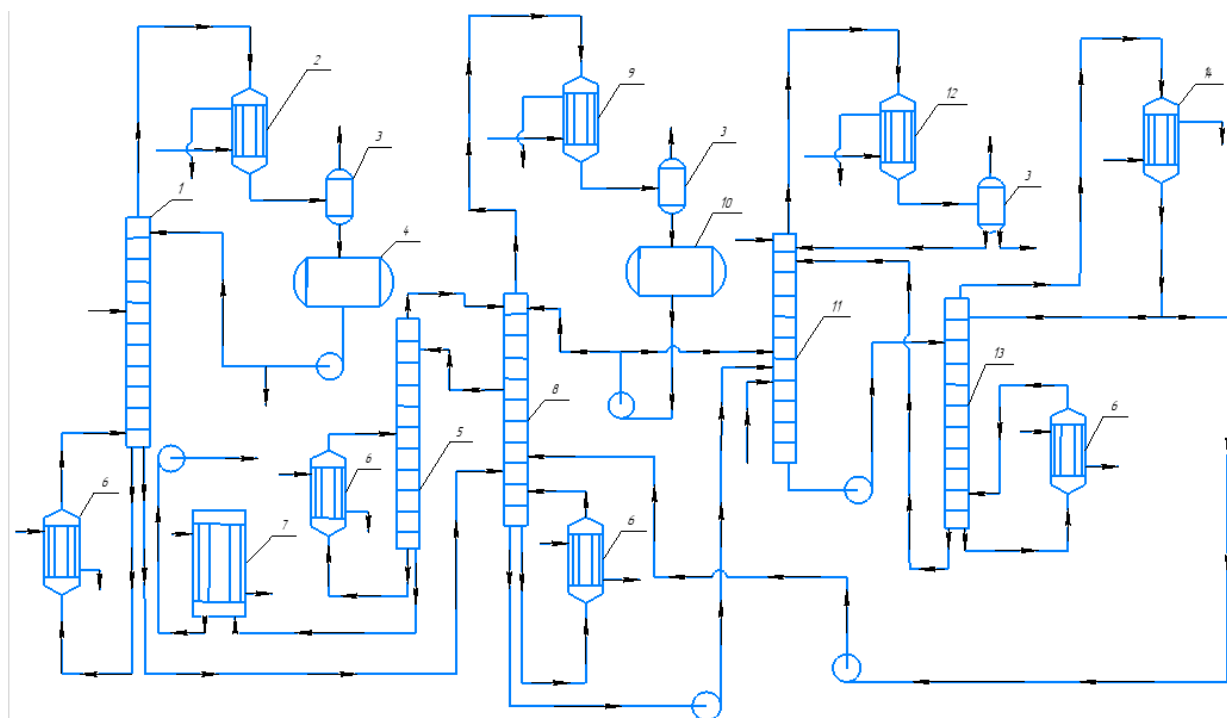
The methanol (CH<sub>3</sub>OH), which is also called methyl alcohol or carbinol, is one of the most important chemical raw material. About 70% of methanol, which produced around the world, is used in chemical synthesis processes including formaldehyde, methyl- butyl ether (MTBE), acetic acid, dimethyl ether (DME), propene, methyl methacrylate and dimethyl terephthalate. It also used as energy

source and fuel, selective solvent for gasoline purification from mercaptan and azeotropic reagent during separation of toluene by rectification [1].

Due to adding of methanol to gasolines an antiknock properties are improving, a performance factor is increasing, and a content of hazardous substances in an exhaust gases [2].

The raw material is an azeotropic mixture, therefore, it has to be additionally purified by the multistage rectification. Therefore, the modernization of the methanol production plant is an actual question which should be solved. The crude alcohol is a clear solution, which consists of 2% of organic addition agents, therefore, it has an unpleasant smell. The content of addition agents is relatively low, but taking into account the existence of azeotropic mixture the multistage rectification with using of extraction is needed [1].

The scheme of purification process is shown on the figure 1 [3].



1, 8, 5, 13 –rectification columns; 11 – extraction columns; 2, 4 6, 7, 9, 10, 14,  
14 – heat exchangers; 3 – separators

Figure 1 – Scheme of methanol purification

In the column 1 the dimethyl ether is separated from crude alcohol, the vapor phase of it goes to the condenser 2, then the dimethyl ether separated from uncondensed gases in separator 3 and pumped to the tank 4. From it the part of ether pumped as wet reflux on the column 1 refluxing. The mixture from column 1 is pumped to the column 8, from which the three fractions are bled from different by high plates.

From central plate the concentrated methanol with low amount of low-boiling additions, which are separated in column 5. The distillation residue from column 5 is cooled on cooler 7 and then pumped on the warehouse and the easily boiling component is pumped in the advanced treatment in column 8 as wet reflux.

From the top of the column 8 the vapor of low-boiling components with high amount of the methanol is bled, which goes to the condenser 9. After the separation of the gases, the condensate is pumped to the tank 10. Part of this condensate is used as wet reflux for the refluxing of column 8 and part goes into the column of the extractive distillation 11.

The column 11 is heated by direct steam, the pacificated water is used for refluxing. During the solving the azeotropic compositions are disintegrated, therefore, the removing of additions from alcohol is facilitated.

The vapor phase of addition is condensed in condenser 12, part of condensate is returned on refluxing of column 11, and part is removing from plant. The uncondensed components are separated in separator 3 and casted off.

From bottom part of column 11 the diluted methanol is pumped in column 13.

The vapor phase of concentrated methanol from top of the column 13 from condensed 14 partially pumped as wet reflux of column 13, and partially as wet reflux of column 8

The distillation residue from column 13 goes to the stem generator and used as heat feed of column 13, and balanced part is removed from system.

The aim of this work is desien and modernization of steam generator in methenil production.

**Перелік посилань:**

1. Л.Р. Леблан, Дж. М. Ровнер, Х. Роос: "Advanced Metanol Plant Design ", 1989. Всесвітня конференція з метанолу, Crocco & Associates.c 90
2. Юкельсон Технология основного органического синтеза. Издательство "Химия" '1968 с. 384
3. Метанол Енциклопедія індустріальної хімії. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2012 ст. 17

## **DRUM DRYER DESIGN MODERNIZATION**

student O. Lytvyn, assistant, PhD Y. Grobovenko

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**ABSTRACT.** The design of drum dryer for drying bulk materials are considered, the methods of optimization of the drying process are determined and the ways of modernization of the design of the drum dryer are established.

**KEYWORDS:** drying process, drum dryer, bulk material, modernization.

**АНОТАЦІЯ.** Розглянуто конструкцію барабанної сушарки для сушіння сипких матеріалів, визначено методи оптимізації процесу сушіння та встановлено шляхи модернізації конструкції барабанної сушарки.

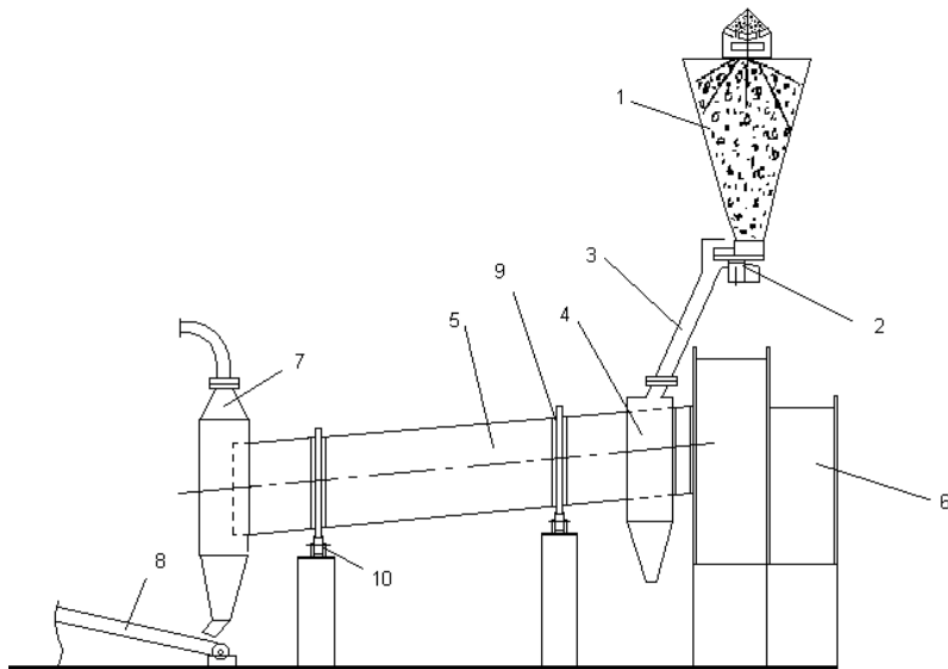
**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** процес сушіння, барабанна сушарка, сипкий матеріал, модернізація.

The increase in production in the food and processing industries against the background of rising energy prices necessitates the development of promising energy and resource-saving technologies and equipment. The largest energy consumption in these industries is accounted for by heat and mass transfer processes, in particular the drying process. Therefore, it is important to further develop and improve the design solutions of the components of the drying units, the choice and justification of rational modes of their operation, which will increase the efficiency of operation and obtain quality raw materials.

The purpose of the work is to increase the efficiency of drying of bulk materials in the drum dryer, by substantiating the design parameters of the dryer, the supply and preparation of the drying agent, the choice of rational modes of heat and mass transfer processes when drying raw materials. For drying wet crushed material, the most common designs are direct-flow drum dryers that work in direct contact of the material with gases [1]. Figure 1 shows the installation diagram of the drying



drum. The crushed material is fed into the hopper 1, from where the plate feeder 2 through the tube 3 is fed into the loading chamber 4 of the drying drum 5. Hot gases from the furnace 6 are transported by a smoke pump through the drum. The drum is set at an angle of 1-4 °. At the end of the drum is the unloading chamber 7. The dried material with a temperature of 80 - 100 °C is unloaded on a belt conveyor 8, which feeds the material to the grinding department. Dusting gases are sucked out of the unloading chamber through dust cleaning equipment (cyclones, bag filters).



- 1 – bunker; 2 – plate feeder; 3 – pipeline; 4 – loading chamber;  
5 – drying drum; 6 – combustion chamber; 7 – unloading chamber;  
8 – the conveyor; 9 – outer bandage

Figure 1 - Scheme of the drum dryer

The main unit of the drying unit is a drum with two outer bandages 9, rolling on support rollers 10. Drying drums have internal nozzle devices for uniform mixing of the material and its intensive contact with the drying agents. The most rational and effective when drying bulk material is a structure consisting of chains and peripheral blades. Chains promote destruction of aggregated pieces and prevent sticking of small classes on walls of a drum and a shovel by means of which intensive mixing and drying of material is carried out. Rectangular or cylindrical chamber furnaces are

used to burn gas or fuel oil. The disadvantages of the drum dryer are: the complexity of the design, high consumption of electricity and gas, large size and low volume of the drum volume on evaporated moisture, significant metal content of 4 - 5 tons per 1 ton of evaporated moisture in 1 hour, uneven gas distribution in the drum, a large amount of material that is constantly in the drum during its operation; adhesion of wet material to the internal devices of the drying drum, which significantly reduces the efficiency of the dryer [2]. In order to increase the specific vapor pressure drying volume, reduce heat consumption and metal consumption of drum dryers, ways to modernize the design of dryers and determine the optimal parameters of the drying process, which are: 1. Determining the optimal speed of the drying drum, which affects the mechanics of movement of wet material; 2. Determining the optimal residence time of wet material in the volume of the drying drum, which affects the final residual moisture content of the material; 3. Creating an effective mixing mode of the wet material, which affects the rate of release of the wet surface of the material in direct contact with the drying agent; 4. Determining the optimal thermophysical parameters of the drying agent, which directly affects the efficiency and rate of mass transfer during dehydration of wet material.

These methods of optimizing the drying process and ways to modernize drum dryers are the basis of this work. It is established that the most efficient and economically feasible method of drying bulk materials is drying in a vibrating fluidized bed, because it intensifies the drying process with different methods of heat supply and creates conditions in which a large particle surface is continuously blown by coolant and intensive moisture removal. As a heat source, it is advisable to choose a pyrolysis boiler, and for the utilization of flue gas heat - a contact heat exchanger with an active nozzle.

### **References:**

1. Petrov, P.O. Obgruntuvannja zastosuvannja barabannoï susharki u virobnictvi dehromatora [Tekst] / P.O. Petrov, S.I. Jakushko // materiali Vseukraïns'koï mizhvuzivs'koï naukovo-tehnichnoï konferencii / Redkol.: O.G. Gusak, V.G. Evtuhov. - Sumi : SumDU, 2010. - Ch.I. - S. 144.

2. Jarovij, V. L. Udoskonalennja konstrukcij barabannih susharok dlja sushinnja sipkih harchovih produktiv / V. L. Jarovij, R. L. Jakobchuk // Suchasni tehnologii ta obladnannja harchovih virobnictv : tezi dopovidej mizhnarodnoï naukovo - tehnicnoï konferencii, 29-30 veresnja 2011 r. – Ternopil': Ternopil's'kij nacional'nij tehnicnij universitet im. I.Puljuja. - 2011.

УДК 661.725.3

## THE MODERNIZATION OF ISOPROPANOL PRODUCTION PLANT

student Luchko A.T., assistant professor Ph. D. Hulienko S.V.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

**Анотація:** Розглянута технологія виробництва ізопропанолу. Визначення доцільні напрямки модернізації ректифікаційної колони для цієї установки

**Ключові слова:** ректифікація , колона, насадка, ізопропанол

**Abstract:** The technology of isopropanol production was represented. The reasonable way of modernization of rectification column for this plant were defined.

**Key words:** rectification, column, filling, isopropanol

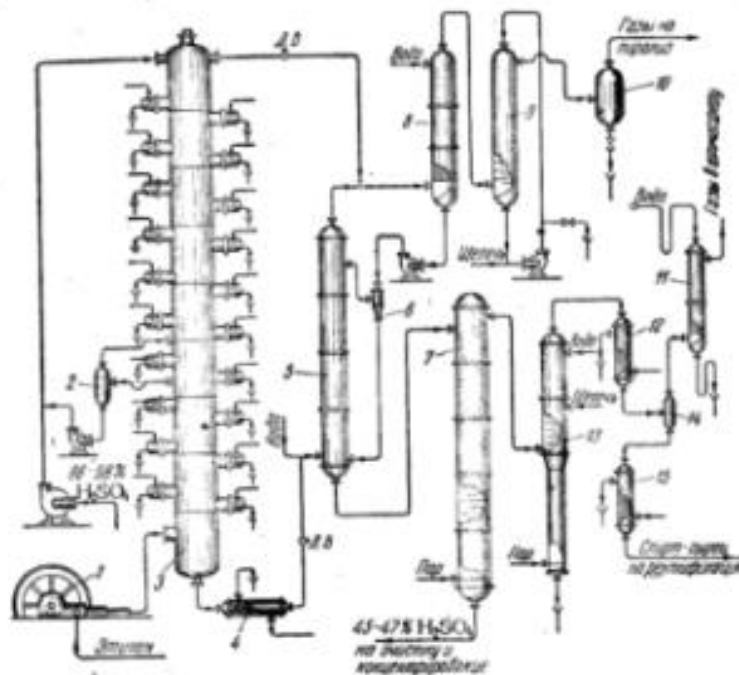
The isopropyl alcohol  $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$  is a liquid, which can interfuse with water in all proportion and form with water the azeotropic mixture with boiling point  $80,3^\circ\text{C}$ . The isopropanol is combustible, its vapor forms with air the explosive mixture at content of 2.0-12.0%.

Isopropanol find an application as solvent, in many cases it can replace ethanol and for machine oils, fats and resins isopropyl alcohol is better than ethanol. In oil refining industry isopropanol is used for dewaxing of diesel fuel.

In actual time the hydration propylene process is one profitable way of industrial production of propanol (figure 1) [1].

During the interaction between propylene and sulphuric acid the isopropylsulphuric acid and diisopropyl sulphate. During hydrolyses of these compounds the isopropanol is formed. Under the effect of sulphuric acid, especially at high temperature, propylene is reacted almost fully.

For isopropanol production the commercial sulphuric acid is used, which has bigger concentration than necessary for process. Therefore the acid is mixed with outgoing acid and the solution with predetermined concentration is obtained.



1 – compressor; 2,14 – separators; 3 - absorption column of trays; 4,12,15- collers; 5 – hydrolyzer; 6 - water-jet air pump; 7 – rectification column; 8,9,11 – scrubbers; 10 - liquid trap; 13 - stripping column of neutralization;

Figure 1. – Scheme of isopropanol production by acidic hydration of propylene

The temperature of process of isopropyl sulphate obtaining is depended from concentration of applied sulphuric acid. For the using of the 80% sulphuric acid the optimal temperature is about 50°C, when concentration of acid is 85% it is reasonable to lead the process at 35-40°C. The partial pressure of propylene during interaction with acid is 0.5-0.6 MPa.

For acidic hydration it is not necessary using of concentrated propylene; the process goes satisfactorily even when concentration of propylene in natural gas is 30%. However, the it is required the full absence of others unsaturated hydrocarbons especially from homologues of propylene.

On the plant with high productivity the isopropyl alcohol is obtained by continuous method in reactors of column type according to the scheme, analogous to the scheme of production of ethylene from ethyl sulphate.

As in ethanol production, the acidic solution, which contains the isopropyl-sulphuric acid and diisopropyl sulphate are hydrolyzed by water under heating. The

hydrolysate is treated by steam for stripping of raw alcohol, which is concentrated by rectification. The polymers of propylene, and diisopropyl ether are obtained as minor products. The demand of propylene during obtaining of alcohol by the method of acidic hydronation is in a range of 0.8-0.9 tones on the 1 tone of alcohol [1].

The packed column is a reasonable option for the technological line under consideration taking into account the operation principles. The rectification packed column with irregular filling usually has a bigger specific area of surface. However, this configuration suffers from phenomenon called "dry cone" and worse wettability. This leads to decreasing of overall mass transfer coefficient [2]. Therefore, the designing of rectification packed column for the rectification of mixture isopropanol and water is reasonable way of its modernization. This design should be addressed to decreasing of influence of "dry cone" phenomenon.

### References

1. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. – М.: Химия, 1968. — 848 с.
2. Камінський, В. С. Модернізація насадкової ректифікаційної колони установки виробництва ацетону : дипломний проект ... бакалавра : 133 Галузеве машинобудування / Камінський Всеволод Сергійович. – Київ, 2019. – 129 с.

UDC 66.047.57

## DRUM DRYER FOR DRYING OF IRON KOLCHEDAN (PYRITE)

By student Ovdii D.Yu., Senior lecture, Ph.D. Novokhat O.A..

**National technical university of Ukraine**

*«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

### **Анотація**

Проаналізовано розвиток конструкцій барабанних сушарок. Визначені наступні напрями модернізації конструкцій – підвищення ефективності, та збільшення зони контакту матеріалу з гарячим повітрям. Поставлені задачі вирішені шляхом встановлення підйомно-лопасної системи. Таким чином запропонована конструкція формуючої частини, дає змогу не тільки підвищити ефективність а й запобігти загорянню комків колчедану на стінках барабану.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЗАЛІЗНИЙ КОЛЧЕДАН, ПІРИТ, БАРАБАННА СУШАРКА, ПІДЙОМНО-ЛОПАСНА СИСТЕМА

### **Summary**

The development of drum dryer designs is analyzed. The following directions of modernization of constructions are defined - increase of efficiency, and increase of a zone of contact of material with hot air. The tasks are solved by installing a hoisting-blade system. Thus, the proposed design of the forming part allows not only to increase efficiency but also to prevent the ignition of pyrite lumps on the walls of the drum.

**KEY WORDS:** IRON KOLCHEDAN, PYRITE, DRUM DRYER, LIFTING AND BLADE SYSTEM

Iron pyrite (pyrite) is an iron mineral of coordination structure, chemical composition  $\text{FeS}_2$ . The mineral has the didodecahedral form of a cubic syngony with a cubic face-centered Bravais lattice, forming cubic, pentagondodecahedral and, less frequently, octahedral crystals. But it is most often distributed in the form of solid granular masses. Forms continuous granular clusters (pyrite deposits), spherical,

kidney-shaped and radiant-concentric aggregates, as well as inclusions in different rocks.

Pyrite is the main raw material for obtaining sulfuric acid; cinders are used as iron ore. In addition, impurities are extracted from it: gold, copper, silver, cobalt, nickel and other elements. Pyrite is also used to clean gaseous waste from chemical plants from chlorine. Pyrite has the ability to precipitate gold from solutions. This is the basis for its use for extraction of gold from the sea water.

**Physical properties.** Pyrite has a metallic luster, and is solid. Its color is light brass. The line is black, and there is no cleavage. Has solid granulars and dense masses. Mutually perpendicular hatching is often observed on the faces of the crystal. Fragile.

**Chemical properties.** When boiled in a 3% solution of  $\text{AgNO}_3$  becomes just slightly brown.

Pyrite is also released at the bottom of swamps, lakes and some seas (for example, the Black Sea), where organic matter decomposes under conditions of insufficient oxygen access. The formed hydrogen sulfide reacts with iron salts dissolved in the water, which leads to the precipitation of pyrite. Pyrite is also found in metamorphic rocks (gneisses, chlorate shales).

Iron pyrite is not very hygroscopic, but with long-term transportation of dry iron pyrite by rail, possibly due to weathering, there is an increase in moisture to 5-7%. Therefore, in factories equipped with dust kilns, there is a need to install drying equipment. This is also due to the fact that sometimes the drying of iron pyrite at the place of its excavation is rather insufficient.

In it, a raw pyrite comes into contact with hot flue gases. This causes evaporation of moisture from the material to be dried. The higher the temperature of the gases entering the drum, the more efficient the drying process will be. But dry pyrite at a temperature of 400 degrees can catch fire. Therefore, pyrite dryers work in a direct current: hot gases and raw pyrite go through the drum in the same direction. This will allow, without fear of an outbreak of pyrite, to feed into the dryer gases with a temperature of 600-700 degrees. But if you stop feeding the material to the



drum, there may be combustion of clumps of pyrite stuck to the walls of the drum. Thus, raw pyrite should be fed to the pyrite dryer constantly and regularly.

The drum dryer is a metal slightly inclined drum that rotates (Fig/1).

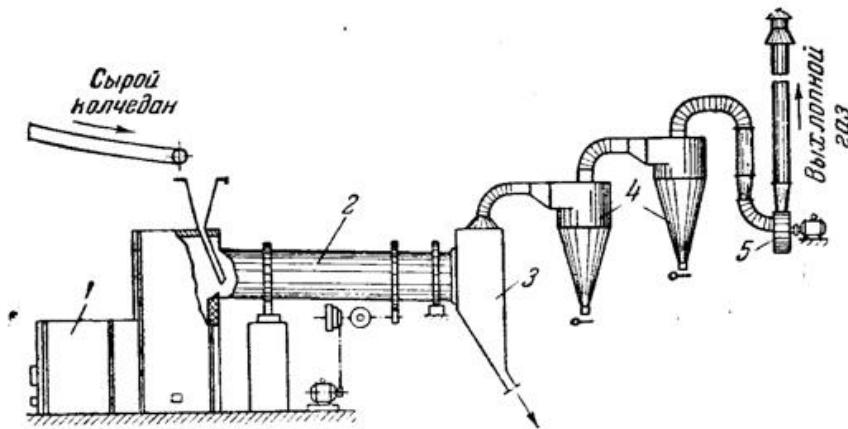


Fig.1. Drum dryer for flotation pyrite:

- 1 - firebox; 2 – drum to wrap; 3 – bump camera; 4 – cyclones;  
5 – exhauster.

The main advantages of drum dryers are: 1. Automation of all processes. 2. No installation difficulties, commissioning. 3. Disadvantages: 4. Large dimensions. 5. Large capital costs. 6. Careless operation may result in fire.

To prevent the burning of lumps of pyrite on the walls of the drum, you can use a lifting-vane system. Its feature is the capture of the blade from the blockage when rotating the drum and returning it back. Due to this action, the area of contact with gas flows increases. This system promotes the stratification of gases, which increases with increasing diameter of the drum and reducing its speed.

**Conclusion:** The hoisting-blade mechanism is the best which designed for intensification of drying. This mechanism will increase the area of contact of the material with a hot air.

#### References:

1. V.A. Rezchikova "Drum Dryer" 1983, pp. 61-62.
2. Patent of Titov Valery Valentinovich F26B17 / 20 with a horizontal or slightly inclined axis of rotation.

## **ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОКАЛОРИЙНОГО БІОПАЛИВА**

к.т.н., пр.н.с. Корінчук Д.М., д.т.н., пр.н.с. Сорокова Н. М.,

к.т.н., с.н.с. Дахненко В.Л.

**Національна академія наук України  
«Інститут технічної теплофізики», м. Київ**

Переробка й утилізація рослинних і деревних відходів з одержанням біопалива для України є актуальними в умовах енергетичного і економічної кризи. В якості сировини можна використовувати відходи з деревообробної промисловості (стружки, тирса, тріска, кора і та ін.) або сільськогосподарські відходи (солома, шрот, лушпиння). Паливо можна отримати безпосереднім пресуванням біомаси або пресуванням із використанням в'язучого, що може зменшити ефект гетерогенності (неоднорідності) фізичних властивостей біомаси на процес пресування. До теперішнього часу розвинена технологія брикетування, що підвищує об'ємну теплоту згоряння палива, робить його однорідним по гранулометричному складу, транспортабельним і здатним до тривалого зберігання [1]. Однак, такий вид палива, без додаткової обробки, має меншу калорійність, у порівнянні із традиційними видами й підвищеною зольністю, що викликало активний розвиток нових методів фізико-хімічної обробки сировини рослинного походження, засновані на процесах модифікації її структури. Найбільший інтерес викликає процес термічної обробки в інертному середовищі при температурах 180...300°C, яка приводить до зміни фізичних властивостей і хімічного складу сировини рослинного походження, для підвищення теплотворної здатності матеріалів й ефективності використання як паливо [2].

Тепловий вплив на рослинну сировину для біопалива, що складає з геміцелюлози, лігніну й целюлози приводить до диференційованого впливу на стан складових частин, наприклад, геміцелюлоза розкладається в температурному інтервалі 200...320°C, а лігнін губить свої властивості як

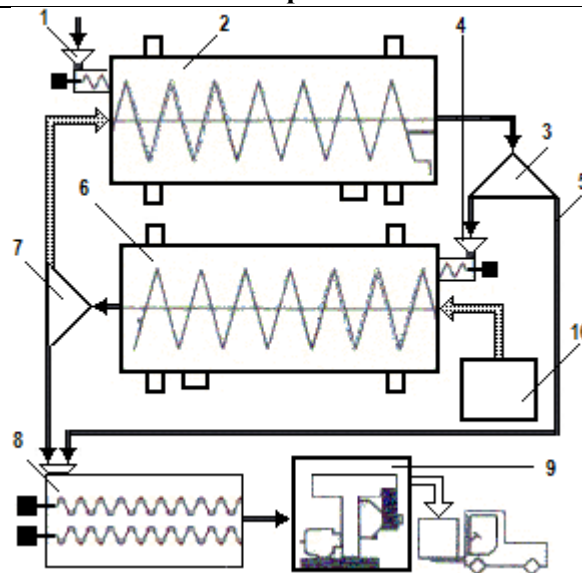
матеріал, що забезпечує щільність і міцність біопалива. Остання обставина негативно впливає на нормативні вимоги, пропоновані до забезпечення транспортування, зберігання й подачі палива для спалювання [3].

Тому актуальним є процес термічної підготовки здрібненої сировини (з урахуванням фракційного складу), якому можна умовно розділити на велику або основну (теплову) фракцію й дрібнодисперсну. По своїх властивостях дрібнодисперсна фракція виконує роль природного сполучні для формування кінцевого продукту - гранул біопалива (пелет, брикетів). У силу цих обставин існує певне протиріччя: параметри, необхідні термічної обробки для підвищення теплотворної здатності біопалива (за рахунок основної, великої фракції) приводять до погіршення сполучних властивостей дрібнодисперсної фракції й навпаки - забезпечення властивостей по міцності кінцевого продукту не дозволяють підвищити його теплотворні характеристики.

Запропоновано використати процес селективний термічної обробки біосировини в технології виробництва біопалива. Для цього сушіння й термічну обробку матеріалу запропоновано проводити в барабанній сушарці у дві стадії за комбінованою схемою руху сушильного агенту із класифікацією матеріалу. Для можливості реалізації технології варто досліджувати вплив основних технологічних параметрів процесу.

На тривалість сушіння дисперсних матеріалів істотний вплив робить розмір пористих часточок. Причому реальні дисперсні системи, до яких ставиться здрібнена біомаса, є полідисперсними. Щоб організувати ефективне висушування всіх дисперсних фракцій біомаси до кінцевого вологовмісту, об'єднати зневоднювання з початковою стадією термічного розкладання крупнодисперсної фракції й запобігти повну термодеструкцію дрібної фракції пропонується двухстадійне сушіння при різних початкових параметрах теплоносія, які задавалися відповідно до технологічних можливостей установки.

Процес виробництва висококалорійного біопалива з використанням двухстадійного сушіння представлений на рис. 1.



**Рисунок 1.** Технологічна схема реалізації двохстадійного сушіння при виробництві висококалорійного біопалива.

1 - бункер завантаження здрібненої суміші; 2 - барабанна сушарка першої стадії сушіння; 3 - класифікатор; 4 - лінія для крупнодисперсної фракції; 5 - лінія дрібнодисперсної фракції; 6 - барабанна сушарка другої стадії сушіння крупнодисперсної фракції; 7 - сепаратор відділення крупнодисперсної фракції від сушильного агенту; 8 - реактор термічної обробки; 9 - прес-гранулятор; 10 - теплогенератор сушильного агенту.

Технологія виробництва висококалорійного біопалива з використанням двохстадійного сушіння в барабанних сушарках передбачає завантаження здрібненої суміші через бункер 1, у барабанну сушарку першої стадії сушіння 2 при цьому можна використати різні види рослинної сировини. Сушіння на першій стадії проходять до стадії просушування дрібнодисперсної фракції без теплового розкладання природних речовин, які надалі використовуються як єднальне (лігнін), необхідні для формування гранульованих продуктів. У класифікаторі 3 дрібнодисперсна фракція відокремлюється, а крупнодисперсна (основна) фракція по лінії 4 направляється стадію вторинного сушіння й термообробки в барабанну сушарку 6, у якій проводиться досушування й торефікація, за рахунок чого підвищується її теплотворна здатність. У сепараторі 7 відокремлюється крупнодисперсна фракція від сушильного агенту, змішується з дрібнодисперсною фракцією, що надходить по лінії 5 у змішувачі

8, і приготовлена, таким чином, суміш подається в гранулятор 9 для одержання кінцевого продукту.

Технологія передбачає виробництво висококалорійного біопалива у дві стадії сушіння й торефікації матеріалу за комбінованою схемою руху сушильного агенту, що дає можливість зменшити витрати на виробництво кінцевої продукції.

### **Перелік посилаць;**

1. Technology Roadmap - Biofuels for Transport. International Energy Agency. Retrieved from [електронний ресурс] — Режим доступа. — <https://webstore.iea.org/technology-roadmap-biofuels-for-transport>
2. Cardona C. A. Sanchez O. J. // Bioresource Technology.— 2007.— №98.— P. 2415.
3. Снежкін Ю. Ф., Корінчук Д. М., Михайлик В. А. Композиційні палива на основі торфу і рослинної біомаси: монографія. К.: Вид. Либідь. 2012. 211 с.

УДК [544.723](#)

## MODERN DIRECTIONS FOR IMPROVING FLAME EXTINGUISHERS

Student Kolyadenko Vladislav, associate professor, PhD, Andreiev Igor

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

***Abstract.** The main modern directions of perfecting the equipment for preventing the propagation of flames by gas transportation are given. Ways of improving fire localization capability in flame arrester and increasing the shelf life of fire retardant material have been identified.*

***Key words:** flame arrester, fire retardant material, flame localization.*

## СУЧАСНІ НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВЛОВЛЮВАЧІВ ПОЛУМ'Я

студент Коляденко Владислав, к.т.н., доц. Андреев Ігор

**Національний технічний університет України**

**“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”**

***Анотація.** Наведені основні сучасні напрямки удосконалення обладнання для запобігання розповсюдження полум'я по газоходах. Визначені шляхи покращення здатності локалізації полум'я у вогнезатримувачах і підвищення терміну придатності вогнезатримуючого матеріалу.*

***Ключові слова:** вловлювач полум'я, вогнезатримуючий матеріал, локалізація полум'я.*

Among the means to prevent the propagation of flames, flame arrester (apparatus or pipeline sections) with a layer of bulk material - nozzles are widely used, preventing the spread of the flame. flame arrester is used in the chemical, oil and gas, metallurgical and other industries where it is necessary to guarantee the safe

operation of the equipment when explosive mixes are produced, In particular, they are designed to prevent the propagation of flames by gas-carrying vehicles.

Corrugated metal tape, wire and netted filters, filters from baked metallic and metal-ceramic balls, etc. can be used to capture the flame. D. Each of these types of filters has some advantages and disadvantages. For example, corrugated metal tape filters have low mechanical strength relative to the external impact loads. Crushing the tape reduces the function of flame arresters. Mesh multi-layered filters do not allow precise monitoring of the gap between the layers of the mesh, which results in different filter characteristics in different batches. In addition, the grid has low mechanical strength relative to the blast wave. The baked metal and metal-ceramic filters have a high resistance to the air flow and do not allow the use of protected devices in the forced supply of the gaseous air mixture, since the small pore size provides only a diffuse exchange with the external environment.

In order to increase the ability to localize the flame, a heat-dissipating nozzle made of a material having high thermal conductivity and heat capacity is added to the arrester (pat. RU2296603, A62C 4/00) and for additional protection against impact loads there is also a certain protection of the nozzle (pat . RU2714544, A62C 4/00, G12B 17/08). The same objective can be achieved by carrying out a pack of nozzles consisting of flat and corrugated plates which are covered by the clip. The clip is made of a high-heat conductive material and has thermal contact with the body ( RU2142304, A62C 4/02).

In order to reduce the resistance to the flow of the gas mixture, reduce the dimensions of the apparatus and increase the efficiency of the nozzle elements under flame action, it is proposed that the nozzle elements have a biporous structure containing a group of open "large" pores and additionally a group of open "small" pores or capillaries for liquid filling (pat. RU2314846, A62C 4/00). In order to improve the operation and repair of such a device, the flame retardant element is in the form of a layer of a solid catalyst (Pat. of Ukraine 71717, A62C 4/00).

The authors of the RU2142303 patent, A62C 4/02, consider that the optimal fire resistance has flame arresters, the cassette of which is made of flat and corrugated tapes with certain structural features.

The authors of the RU2229318 patent, A62C 4/00, propose flame arrester, which contains a stream channel in which many aligned rods are located so that the medium that flows in the channel must pass between the rods. Furthermore, the rows of rods are perfectly adjacent to each other and form a natural surface above which the air can flow with minimal resistance. The rod has a large surface area, which is important when intercepted by the propagation of the blast, as this surface is an efficient heat exchanger that absorbs a large amount of thermal energy from the blast. The rods can be made of a solid material, such as a rod or a hollow pipe. If pipes are used, they may contain a cooling liquid that makes flame arrester even more effective in continuous combustion.

In order to ensure easy modification of the used material and to improve the conditions of repair and operation of the fire retardant material apparatus, it is made in the form of a basket, which is a metal frame to which the nets are fastened (Pat. of Ukraine 55035, A62C 4/00) In order to increase the shelf-life of fire retardant material after the gas mixture input fitting, an annular collector (Pat. of Ukraine 89461, A62C 4/00) or a gas mixture distributor (Pat. of Ukraine 91037, A62C 4/00) is installed in front of fire retardant material.



УДК 664.8.047

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ЧИПСІВ ІЗ ЯБЛУК ОДЕРЖАНИХ КОНВЕКТИВНИМ СПОСОБОМ СУШІННЯ

наук. співр., к.т.н. Гусарова О.В., пров. наук. співр., с.н.с., к.т.н. Шапар Р.О.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

Було проведено дослідження по визначенню хімічного складу чипсів із яблук, дегустаційну оцінку та відновлюваність чипсів різних виробників.

**Ключові слова:** чипси із яблук, споживчі властивості, дегустаційна оцінка, органолептичні показники, відновлюваність.

The article conducts research to determine the chemical composition of apple chips and tasting evaluation of their organoleptic characteristics. The paper also identifies the renewability of chips from different manufacturers.

**Key words:** apple chips, consumer properties, tasting evaluation, organoleptic parameters, renewability.

Основними критеріями оцінки якості сушених продуктів є їх хімічний склад, органолептичні показники та властивість до відновлювання. Сушені продукти мають максимально зберігати корисні речовини вихідної сировини, мати товарний вигляд, що забезпечується технологією виробництва.

**З метою** оцінки якості чипсів із яблук, одержаних за розробленою в ІТТФ НАН України енергоефективною теплотехнологією, було проведено порівняння органолептичних характеристик аналогічної продукції різних виробників.

**Результати та їх обговорення.** Порівняльний аналіз хімічного складу яблук сорту Ренет Симиренко та чипсів показав, що у кінцевому продукті збережені всі складові сировини, що свідчить про вірно визначені режими підготовки сировини до сушіння та безпосередньо процесу зневоднення [1].

Оцінка органолептичних показників чипсів проводилася з дотриманням основ аналізу продуктів [2]. Для дегустаційної оцінки було відібрано чипсів

українських та закордонних виробників. Результати дегустаційної оцінки зображено на профілограмі (рис. 1). Як бачимо, всі показники чипсів ІТТФ НАНУ отримали високі бали членів комісії, що доводить їхні високі споживчі властивості [1].

Дослідження по визначенню відновлюваності чипсів розглянутих виробників показали [1], що найбільше значення – 85% одержано для чипсів

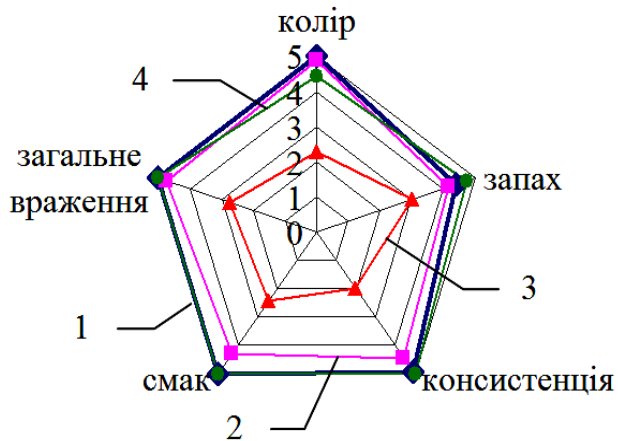


Рис. 1. Порівняльна профілограма дегустаційної оцінки чипсів: 1 – ІТТФ НАНУ, 2 – ТМ „Nobilis”, 3 – ПП „Чіпси яблучні”, 4 – ТМ „Fisar”

ТМ „Fisar” (сублімаційне сушіння) та 84,7% – для чипсів ІТТФ НАНУ (конвективне багатостадійне сушіння). Чипси ТМ „Nobilis” (комбіноване сушіння) мали 61%. Найнижче значення (50,5%) отримано для чипсів ПП „Чіпси яблучні” (ІК сушіння). Це пов’язано з несприятливими умовами сушіння та високою залишковою вологістю 15% характерною для сухофруктів.

Сублімаційний спосіб зневоднення найдорожчий та застосовується переважно для зневоднення особливо цінної сировини і використовувати його для одержання харчових продуктів недоцільно.

**Висновки.** Комплексна органолептична оцінка та відновлюваність чипсів, одержаних за теплотехнологією Інституту, доводять перевагу їх якості порівняно з чипсами інших виробників, при цьому, за нашими розрахунками їхня собівартість на 30...45% нижча собівартості аналогічної продукції у торговельній мережі України.

### Перелік посилаць;

1. Гусарова О.В. Інтенсифікація тепломасопереносу під час одержання чипсів з яблук: дис...канд. техн. наук: 05.14.06 / ІТТФ НАН України, Київ, 2020. 241 с.

2. Оценка качества продуктов переработки плодов и овощей, оценка качества овощных и плодово-ягодных консервов, основы анализа продуктов [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.matrixplus.ru/tooa56.htm>.

## РЕАЛІЇ СЬОГОДЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ МАЙБУТНЬОГО КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В БІОЕТАНОЛ ТА ІНШІ ПРОДУКТИ

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

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

**Анотація:** Розглянуто основні етапи комплексної переробки органічної сировини в біоетанол та інші продукти. Визначено найбільш енерговитратну стадію в технології отримання біоетанолу другого покоління. Намічено шляхи для зниження собівартості виробництва біоетанолу.

**Abstract:** The main stages of complex processing of organic raw materials into bioethanol and other products are considered. The most energy - consuming stage in the technology of obtaining second - generation bioethanol has been determined. Ways to reduce the cost of bioethanol production are outlined.

**Ключові слова:** біоетанол, біомаса, попередня підготовка, гідроліз, роторно-пульсаційний апарат

**Keywords:** bioethanol, biomass, pretreatment, hydrolysis, rotary-pulsating apparatus

Головними результатами комплексної переробки органічної сировини дедалі залишаються енерговмісні продукти - біоетанол та гідролізний лігнін, які мають енергетичні характеристики, сумірні з викопними паливами.

Отримання біоетанолу з крохмалевмісної, цукровмісної або лігноцелюлозовмісної сировини вимагає застосування різних технологічних стадій та відповідно собівартість біоетанолу для кожного виду сировини є різною. У порівнянні з біоетанолом з цукровмісної та крохмалевмісної сировини, біоетанол з лігноцелюлозовмісної сировини є дорожчим.

Найенерговитратнішою в технології отримання біоетанолу з лігноцелюлозовмісної сировини є стадія попередньої підготовки сировини до гідролізу (рис. 1) [1].



Рис. 1 Розподіл затрат на обладнання лігноцелюлозного підприємства

Підвищення рентабельності виробництва біоетанолу з лігноцелюлозовмісної сировини можливо двома головними шляхами. Досвід низки виробництв, зокрема гідролізного, дозволяє вирішити проблему рентабельності обробки органічної біомаси шляхом глибокої її комплексної переробки з отриманням складових, вартість яких перевищує вартість вихідної органічної сировини, як палива. Інший спосіб – вдосконалення технології та обладнання, що дозволяє збільшити ступінь конверсії вихідної сировини в основні та побічні продукти.

Метою роботи є створення обладнання та технології, що дозволять вдосконалити процес комплексної переробки рослинних відходів сільськогосподарського виробництва та лісотехнічної промисловості в біопаливо і побічні види продукції.

Прикладом обладнання, що істотно інтенсифікує тепло та масообмін в рідких багатокомпонентних середовищах є роторно-пульсаційні апарати, що є ефективними пристроями в технологіях, пов'язаних з перемішуванням,

гомогенізацією, диспергуванням тощо [2]. Включення роторно-пульсаційного апарата в стадію попередньої підготовки лігноцелюлозної сировини до гідролізу дозволяє проводити делігніфікацію та видалення геміцелюлоз за температури, нижчої за аналоги та під атмосферним тиском. За результатами роботи подано дві заявки на винахід.

Спосіб одержання мікрочастинкової целюлози: заявка на патент України на винахід а202003752 від 22.06.20

Спосіб отримання целюлози та лігніну: заявка на патент України на винахід а202006032 від 22.09.20

Висновок: Запропоновано спосіб попередньої підготовки лігноцелюлозної сировини до гідролізу, що дозволяє вдосконалити комплексної переробки рослинної сировини в технології отримання біоетанолу.

#### **Перелік посилань:**

1. Valdivia M, Galan JL, Laffarga J, Ramos JL. Biofuels 2020: Biorefineries based on lignocellulosic materials. Microb Biotechnol. 2016 Sep;9(5):585-94. doi: 10.1111/1751-7915.12387. Epub 2016 Jul 29. PMID: 27470921; PMCID: PMC4993176.
2. Микро- и наноуровневые процессы в технологиях ДИВЭ: Тематический сборник статей/ под общей ред. А.А. Долинского. К.: Академперіодика, 2015. 464 с.

## СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ ПЛАСТОВИХ ВОД ВІД СІРКОВОДНЮ ОКИСЛЕННЯМ КИСНЕМ ПОВІТРЯ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ

д-р техн. наук, с.н.с. Ободович О.М., канд. техн. наук Лимар А.Ю.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

**Анотація:** Розглянуто проблему наявності в пластових водах сірководню та способів видалення сірководню з води. Вдосконалено спосіб окислювально-каталітичного очищення пластових і стічних вод шляхом проведення процесів насичення води повітрям і розчинення в ній кисню в роторно-пульсаційному апараті, що підвищить швидкість розчинення кисню, інтенсифікуючи окислювально-каталітичні реакції, які є основою очищення води.

**Abstract:** The problem of hydrogen sulfide in underground waters and methods of hydrogen sulfide removal from water is considered. The method of oxidation-catalytic purification of underground and wastewater by carrying out the processes of water saturation with air and dissolving oxygen in the rotor-pulsation apparatus has been improved, which will increase the rate of oxygen dissolution by intensifying the oxidation-catalytic reactions that are the basis of water purification.

**Ключові слова:** вода, сірководень, очищення, роторно-пульсаційний апарат.

**Keywords:** water, hydrogen sulfide, purification, rotor-pulsation apparatus.

Природні пластові води, що містять сірководень, представлено сольовими розсолами хлоридно-натрієвої типу, мінералізація яких досягає до 100 г/л і більше з концентрацією сірководню 85-130 мг / л при рН= 7,1 -7,4. При цьому значенні рН сірководень на 50-52 % знаходиться в вигляді молекулярного, а решта - у вигляді гидросульфіда.

На даний час підняті на поверхню пластові води, що містять сірководень, складаються в непротічні накопичувачі без попереднього очищення, що призводить до забруднення атмосферного повітря та ґрунту сірководнем.

При виборі оптимального варіанту методу очищення пластових вод необхідно було враховувати їх високу корозійну активність, а також значний обсяг, який зажадає для очищення великої витрати електроенергії і металоємного технологічного обладнання.

Було розглянуто декілька можливих способів очищення пластових вод (осадження, десорбція, окислення в присутності гетерогенних до гомогенних каталізаторів). Техніко-економічне порівняння способів надало підставу вибрати метод рідинно-фазного очищення сірководню пластових вод киснем повітря в присутності каталізатора.

Метою роботи було вдосконалення способу окислювально-каталітичного очищення пластових і стічних вод шляхом проведення процесів насичення води повітрям і розчинення в ній кисню в роторно-пульсаційному апараті, що підвищить швидкість розчинення кисню, інтенсифікуючи окислювально-каталітичні реакції, які є основою очищення води. Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в способі окислювально-каталітичного очищення пластових і стічних вод, який передбачає нагрівання до температури 40 °С, насичення повітрям з витратою 10 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> за годину під тиском 0,4 мПа при масовому співвідношенні каталізатор:вода 1:10, згідно з винаходом, насичення води повітрям і розчинення в ній кисню проводиться в роторно-пульсаційному апараті з амплітудою пульсацій тиску 320-340 кПа і швидкістю зсуву потоку  $70 \cdot 10^3 - 90 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ .

Насичення води, що очищається, повітрям в роторно-пульсаційному апараті з амплітудою пульсацій тиску 320-340 кПа і швидкістю зсуву потоку  $70 \cdot 10^3 - 90 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$  дозволить збільшити площу поверхні контакту фаз (повітря - вода), коефіцієнт масопереносу і, як наслідок, швидкість розчинення кисню. Збільшення швидкості розчинення кисню дозволяє прискорити окислювально-каталітичні реакції, які покладені в основу очищення пластових і стічних вод.



Спосіб окислювально-каталітичного очищення пластових і стічних вод від сірководню та його сполук здійснюється наступним чином. Воду після відстоювання і фільтрування нагрівають до температури 40 °С і направляють для обробки в роторно-пульсаційний апарат, який одночасно є відцентровим насосом. Подача повітря в роторно-пульсаційний апарат здійснюється без застосування компресорного устаткування, а за рахунок розрядження, створюваного в приймальному патрубку. Проходячи через робочі органи роторно-пульсаційного апарата (ротор-статор-ротор) у водоповітряній суміші на кордоні розділу фаз виникають ударні хвилі, утворюється розвинена міжфазна турбулентність, мікрокавітація, проникаючі кумулятивні мікрострумені і вихори, що призводить до інтенсивного диспергування, збільшення сумарної поверхні контакту фаз, поліпшенню процесів масопереносу кисню з газового середовища в рідке. Очищення води в роторно-пульсаційному апараті проводять з амплітудою пульсацій тиску 320-340 кПа і швидкістю зсуву потоку  $70 \cdot 10^3 - 90 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1}$ . Такі параметри обробки дозволяють максимально збільшити швидкість розчинення кисню у воді і, як наслідок, поліпшити окисно-каталітичне очищення від сірководню та його сполук.

Максимально насичена розчиненим киснем вода прямує в реакційну колону, де проходить через шар каталізатора при масовому співвідношенні 1:10, а потім йде на дегазацію.

Як каталізатор використовують фталоціан кобальту, вплавлений в поліетилен високого тиску. Проходження окислювально-каталітичного очищення пластових і стічних вод оцінюється ступенем окислення сірководню і дорівнює 100%.

Висновок: Застосування роторно-пульсаційного апарата дозволяє інтенсифікувати абсорбцію кисню у воді відповідно прискорити процес окислювально-каталітичного очищення пластових вод до 100% ступеня окислення.

**Перелік посилань:**

1. Спосіб окислювально-каталітичного очищення пластових і стічних вод: пат. 114382 Україна МПК (2017.01) C02F 1/74 (2006.01)B01F 3/04 (2006.01) B01J 10/00 (2006.01) B01J 19/18 (2006.01) C01B 17/05 (2006.01). а2016 06076; заявл. 06.06.2016, опубл.25.05.2017, бюл. № 10. 4с.
2. Накорчевский А.И., Басок Б.И., Рыжкова Т.С. Гидродинамика роторно-пульсационных аппаратов. *Инженерно-физический журнал*. 2002. Т.75, № 2. С 58-68.

УДК 66.069.84, 66.083.8

## КАВІТАЦІЙНА ДЕГАЗАЦІЯ РІДИНИ СПОСОБОМ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ

пр.н.с., к.т.н. Целень Б.Я., с.н.с., к.т.н. Радченко Н.Л.,

пр.н.с., д.т.н. Іваницький Г.К.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

**Анотація:** Наведено актуальність проблеми дегазації рідин в промисловості. Проведено дослідження впливу способу дискретно-імпульсного введення енергії на зміну концентрації діоксиду вуглецю в конденсаті димових газів. Встановлено, що після 2 хвилин обробки досягається практично повне вилучення вуглекислоти з конденсату.

**Abstract:** The urgency of the problem of degassing of liquids in industry is given. The influence of the method of discrete-pulsed energy input on the change of carbon dioxide concentration in the flue gas condensate has been investigated. It was found that after 2 minutes of treatment almost complete removal of carbon dioxide from the condensate was achieved.

**Ключові слова:** конденсат димових газів, діоксид вуглецю, кавітаційна дегазація, дискретно-імпульсне введення енергії, водневий показник.

**Keywords:** flue gas condensate, carbon dioxide, cavitation degassing, discrete-pulse energy input, hydrogen index.

Дегазація рідин широко застосовується в енергетиці, металургії, системах підготовки води, харчовій і хімічній галузях промисловості для вилучення таких газів як кисень, сірководень, діоксид вуглецю, що містяться в рідині у вільному стані і які є хімічно більш агресивними, ніж коли вони розчинені в рідині [1]. Для вилучення з рідини вільних газів часто використовують методи кавітаційної дегазації, які є досить ефективними для дегазації пересичених рідин, коли кількість вільного газу у вигляді мікробульбашок істотно перевищує його рівноважну концентрацію. Ці методи відрізняються досить

високою продуктивністю і низькими енерговитратами у порівнянні з існуючими методами дегазації.

Для інтенсифікації процесу дегазації нами запропоновано застосувати метод дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ), який знайшов успішне промислове застосування [2]. Дослідною речовиною вибрали конденсат димових газів, що утворився утилізаторі теплоти після спалювання природного газу. За фізико-хімічними властивостями цей конденсат є пересиченим водним розчином діоксиду вуглецю у воді (концентрація якого досягає 70 мг/л при його розчинності лише 0,47 мг/л при 20°C). Дослідження проводили на дослідному експериментальному стенді, основними складовими якого є камера низького тиску і роторно-пульсаційний апарат спеціальної конструкції. Ефективність процесу дегазації рідини оцінювали за зміною величини водневого показника (рН). Після дегазації значення рН для конденсату димових газів теоретично повинно досягнути приблизно 6,5, що відповідає верхній межі значення рН для дистильованої води.

Рідину піддавали обробці наступним чином. Конденсат димових газів об'ємом 33 л оброблювали в замкнутому контурі дослідного зразка установки в режимі рециркуляції протягом 16 хвилин. Проби конденсату відбирали через кожні 2 хвилини протягом обробки з метою визначення оптимального часу його обробки на основі отриманих результатів величини рН. Відібрані проби зберігали протягом двох діб без доступу прямого сонячного світла. Вимірювання величини рН проводили багатофункціональним приладом COnDO EZODO PCT-407 для аналізу параметрів води одразу після відбору проби, через 3 години, 1 добу і 2 доби після обробки.

На основі отриманих даних проаналізовано зміну рН конденсату димових газів від тривалості його обробки і встановлено, що основна зміна величини рН відбувається приблизно протягом перших 2 хвилин обробки. Подальша обробка конденсату також призводила до підвищення величини рН, проте швидкість його зростання була значно нижча, хоча й стабільна протягом всього часу обробки. Це вказує на те, що вилучення основної кількості вуглекислоти,

розчиненої в конденсаті, відбувається протягом перших двох хвилин обробки. Також встановлено, що оброблений конденсат перебуває в нестабільному стані про що свідчить подальше зростання його величини рН при зберіганні проб. Після витримки обробленого конденсату отримане значення величини рН стабілізувалось і перевищувало 6,0.

Дегазація конденсату запропонованим способом досягається за рахунок вилучення існуючих при нормальних умовах стабільних бульбашок діоксиду вуглецю внаслідок збільшення їх розмірів з можливістю реалізації явища інверсії структури потоку (перетворення потоку з бульбашко-рідинної структури в крапельно-газову). Таким чином рідина, що насичена мікроскопічними бульбашками діоксиду вуглецю під час обробки утворює суміш водяної пари з діоксидом вуглецю, в якій знаходиться велика кількість полідисперсних краплин рідини. Газова фаза при цьому відводиться з апарата. Одночасно при цьому відбувається розпад вугільної кислоти внаслідок порушення вуглекислотної рівноваги і вилучення інших газів з конденсату.

Запропонований спосіб обробки рідини базується на використанні низки фізичних явищ ДІВЕ і при відповідному виборі режимних параметрів обробки може знайти застосування не лише для дегазації рідин, але й для їх обробки з метою зміни фізико-хімічних параметрів (величини окисно-відновного потенціалу, електропровідності, вмісту розчинених газів тощо) у різних галузях промисловості.

### **Перелік посилань:**

1. Franc J.-P. Physics and Control of Cavitation. In Design and Analysis of High Speed Pumps (pp. 2-1–2-36). Educational Notes RTO-EN-AVT-143, Paper 2, 2006. – pp.1–36.

2. Шурчкова Ю. А. Адиабатное вскипание. Практическое использование / Ю. А. Шурчкова. – Київ: Наукова думка, 1999. – 228 с.

УДК 66.069.85

## АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПІНОГАСІННЯ В ПРОМИСЛОВОСТІ

гол. технолог Щепкін В.І., гол. механік Шуляк В.В.,

с.н.с. Гартвіг А.П.

**Інститут технічної теплофізики НАН України**

**Анотація:** Розглянуто способи піногасіння в промислових технологічних процесах. Визначено сумарний коефіцієнт спінювання і допустимий рівень піноутворення.

**Abstract:** Methods of defoaming in industrial technological processes are considered. The total foaming coefficient and the allowable level of foaming are determined.

**Ключові слова:** піноутворення, способи піногасіння.

**Keywords:** foaming, methods of defoaming.

Виникнення піни в процесах гомогенізації молочних продуктів, випарних стадіях молочної і цукрової промисловості та процесах глибинної аеробної ферментації пов'язане з температурними режимами, гідродинамічними умовами і спричинено наявністю в середовищі поживних речовин, продуктів метаболізму мікроорганізмів і поверхнево активних речовин (ПАР), що стабілізують плівку бульбашок піни. З однієї сторони наявність піни призводить до прискорення розчинення кисню повітря в середовищі – утворюється велика поверхня масообміну при ферментації. З іншої сторони інтенсивне піноутворення перешкоджає максимальному використанню об'єму ферментера. На випарних стадіях відбувається осадження піни на внутрішній поверхні апаратів, що порушує тепловий баланс і асептичні вимоги до технологічного процесу.

Для руйнування бульбашок піни, запобігання утворенню піни і її виходу застосовують наступні способи – механічні, хімічні, фізичні і комбіновані. До цих способів відносяться:

1) вплив на піну фізико-хімічним способом: використання середовищ, що забезпечують зниження піноутворення, вилучення спінюючих речовин з рідини, додавання речовин, що зв'язують піноутворюючі компоненти в поверхнево-неактивні комплекси, додавання ПАР, що зменшують міцність плівок піни;

2) руйнування піни механічним і гідродинамічним способами: ударний вплив твердих поверхонь, вплив струмини рідини чи газу, сепарування піни інерційними, відцентровими та іншими методами, різка зміна тиску газу в піні, захоплення і руйнування піни потоками переміщеної рідини;

3) акустичне піногасіння: вплив на піну коливаннями звукової і ультразвукової частоти;

4) електричний спосіб: використання короткого розряду, іскрового розряду чи імпульсної високої напруги внаслідок чого електричне поле послаблює і руйнує піну;

5) термічне піногасіння: вплив на піну гострою парою або нагрітою рідиною;

6) стабілізація рівня піни шляхом тимчасового зменшення подачі повітря, тимчасового припинення механічного переміщення, відведення надлишкової піни з апарата;

7) комбіновані способи.

Гідродинамічні, акустичні та інші способи піногасіння найчастіше використовують в лабораторних дослідженнях, при проведенні експериментів. В мікробіологічній, молочній і цукровій промисловості широко застосовують хімічні, фізичні, механічні і комбіновані способи піногасіння.

Найчастіше сучасні технологічні апарати виготовляють з пристроями піногасіння комбінованого способу дії та оснащують системою автоматичного керування піногасіння вмонтовану в АСКТП.

УДК 66.069.85

## ВПЛИВ ПІНОУТВОРЕННЯ НА ПЕРЕБІГ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ЙОГО РЕГУЛЮВАННЯ

гол. технолог Щепкін В.І., с.н.с. Гартвіг А.П., гол. механік Шуляк В.В.

Інститут технічної теплофізики НАН України

**Анотація:** проаналізовано вплив піни на міжфазну поверхню газ-рідина та розчинення кисню повітря в ферментаційному середовищі, запропоновано оптимальні варіанти використання здатності ферментаційних середовищ до спінювання в процесах мікробіологічного синтезу.

**Abstract:** the influence of foam on the surface of the gas-liquid phase contact and the intensification of oxygen dissolution in the fermentation medium are analyzed; optimal variants of using the ability of fermentation media to foam in the processes of microbiological synthesis are proposed.

**Ключові слова:** піноутворення, ферментер, мікробіологічний синтез.

**Keywords:** foaming, fermenter, microbiological synthesis.

Нормативний коефіцієнт заповнення ферментів становить  $0,5 \div 0,6$ . Вільний об'єм апаратів використовується для компенсації не більше, ніж 10% об'єму зростання рівня середовища за рахунок газовмісту після включення аерації та для регулювання рівня піни. Практично на заводах рівень піни в апаратах постійно змінюється від нуля до максимально допустимого значення. По досягненню максимального рівня для запобігання переливанню середовища вмикається подача рідкого піногасника чи запускається інша система піногасіння. При використанні рідкого піногасіння рівень піни знижується до нуля і процес повторюється знову.

Піна забезпечує поверхневий фазовий контакт газ-рідина та інтенсифікує розчинення кисню повітря в ферментаційному середовищі. Наприклад, при роботі сульфітним методом, в залежності від конструкції апарата і висоти пінного шару, коефіцієнт масопередачі газ-рідина підвищується в кілька разів.



Дослідження показали, що в піні створюються добрі умови для культивування дріжджів. В дослідженнях по вирощуванню дріжджів визначення коефіцієнта масопередачі газ-рідина і реального коефіцієнта масообміну, показало, що високий малорухомий шар піни знижує питому швидкість росту, вихід біомаси та інші показники процесу. Також знижується коефіцієнт масопередачі газ-рідина після додавання до реакційного середовища хімічного піногасника. При застосуванні хімічного піногасника бажано використовувати синтетичні спеціально підібрані для даного процесу композиції та емульсії.

З теорії масопередачі відомо, що для забезпечення інтенсивного перебігу процесу бажано безперервно поновлювати поверхню фазового контакту, тобто необхідне примусове руйнування піни механічними пристроями чи шляхом турбулізації потоків іншими способами.

На основі викладеного запропоновано оптимальні варіанти використання здатності ферментаційних середовищ до спінювання в процесах мікробіологічного синтезу. Ідеальним ферментатором є апарат, в якому рівень піни, її дисперсність і ступінь турбулізації не змінюються протягом перебігу всього циклу культивування популяції (за виключенням тих параметрів, що контролюються), які вносять по мірі необхідності технології для керування аерацій і перемішування системи. Апарат повинен бути максимально заповнений, дисперсність і турбулізація системи максимально оптимізована для даного процесу, вміст апарата гомогенний як за газонасиченістю, так і за компонентами живлення, метаболітами і концентрацією мікроорганізмів. Для створення таких вимог необхідний енергетично рентабельний вузол піногасіння, який забезпечуватиме надійне виділення відпрацьованого газу з системи без втрат ферментаційного середовища і гарантувати його стерильність при мінімальних енергетичних затратах. Для економії електроенергії слід максимально використовувати пасивні засоби піногасіння (в циклонах, лабіринтах тощо) і застосовувати автоматичні засоби керування системами піногасіння.

УДК 57.081.

## ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

доц., к.т.н. Рубльов А.В.<sup>1</sup>, к.політ.наук. Вольф О.О.<sup>2</sup>, с.н.с. Величко Н.М.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Національний транспортний університет

<sup>2</sup>Національна медична академія післядипломної освіти

ім. П.Л. Шупика МОЗ України

<sup>3</sup>Інститут геронтології ім.Д.Ф.Чеботарьова НАМН України

З ускладненням життєдіяльності людства все більше виникає потреба в безпечному прогнозуванні не тільки механічних процесів та циклів, але і у взаємодії індустріального виробництва з екосистемами довкілля. Вже з середини минулого сторіччя в самих різних областях людської діяльності широко застосовуються математичні методи моделювання, завдяки яким виникли нові дисципліни, які вивчають математичні моделі відповідних об'єктів і явищ, а також методи дослідження цих моделей. Математичне моделювання являє собою систему математичних виразів, що описують властивості, взаємозв'язки, структурні та функціональні параметри об'єкта моделювання, в ролі якого може розглядатися рівень екологічності виробничих процесів, їх вплив на життєдіяльність або здоров'я людини, і також перспектива їх зміни внаслідок техногенної діяльності. Всі сукупності підрозділяють на контрольовані ознаки, що впливають на систему, і ознаки-відгуки, що характеризують стан системи, що вивчається.

Основні етапи математичного моделювання включають:

- побудова моделі, яка передбачає наявність комплексу знань про об'єкт-оригіналі.
- розробка алгоритмів і чисельних методів рішення задачі за допомогою обчислювальної техніки при заданій точності
- модифікацію моделі або процес ускладнення моделі, для її адекватності дійсності, або її спрощення заради досягнення прийняттого рішення

- інтерпретацію отриманих слідств з математичної моделі (перенесення знань з моделі на оригінал).

Знання про моделі повинні бути скоректовані з урахуванням тих властивостей об'єкта-оригіналу, які не знайшли відображення або були змінені при побудові моделі;

Слід зазначити, що процес моделювання є циклічним, це означає, що за першим п'ятиетапний циклом може відбутися другий, третій і т. д. При цьому знання про досліджуваний об'єкт розширюються.

Таким чином, в екології метод моделювання є засобом, що дозволяє встановлювати більш глибокі і складні взаємозв'язки між теоретичними відомостями та інформацією, отриманою в ході експериментів. Це дозволяє практичні аспекти застосування методів ймовірно-статистичного моделювання при прогнозуванні техногенної життєдіяльності, прийняття як технологічних, медичних так і соціальних рішень по стратегії і тактиці, вивченні міжсистемних взаємодій в організмі людини при дії факторів довкілля.

1. Castiglione F., Piccoli B. Cancer immunotherapy, mathematical modeling and optimal control // J. Theor. Biol. 2007. Vol. 247, N 4. P. 723–732.

2. Liu W., Hillen T., Freedman H. I. A mathematical model for M-phase specific chemotherapy including the G<sub>0</sub>-phase and immunoresponse // Math. Biosci Eng. 2007. Vol. 4, N 2. P. 239–259.

3. Гельман В.Я. Медицинская информатика: практикум. – Спб: Питер, 2001. 480 с.

4. Булах І.Є., Лях Ю.Є., Хаїмзон І.І. Медична інформатика. Вінниця. Друкарня ВНМУ ім. М.І. Пирогова, 2006. 104 с

УДК 661.842.455.916.1

## MODERNIZATION OF THE SUPERPHOSPHATE PRODUCTION PLANT

Student Yasenchuk V.V., assistante professor, Ph.D. Hulienko S.V,

**National Technical University of Ukraine**

**"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

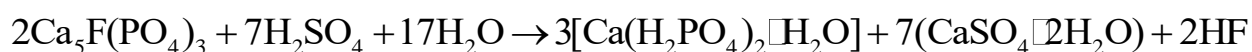
**Анотація:** В даній роботі розказано про використання простого гранульованого суперфосфату і загальний метод виготовлення речовини. Описано та наведено технологічну схему. Розібрано роль барабанної сушарки в даній схемі і пояснено доцільність її вдосконалення.

**Ключові слова:** Суперфосфат, барабанна сушарка, гранули, технологічна схема, добриво.

**Abstract:** This work describes the use of simple granular superphosphate and the general method of manufacturing the substance. The technological scheme is described and represented. The role of the drum dryer in this scheme is analyzed and the expediency of its improvement is explained.

**Key words:** Superphosphate, drum dryer, granules, technological scheme, fertilizer.

The simple Superphosphate are the mixture of the calcium salt of the orthophosphoric acid and gypsum ( $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) and consist about 15...20% of  $\text{P}_2\text{O}_5$  in digestible form [1]. The overall reaction is following:



This product can be in two kinds namely powder and pellets. The main disadvantage is that fact that it includes a relatively low amount of phosphor since the main part of the mixture is gypsum. Therefore, the simple superphosphate in not a concentrated fertilizer and it is unprofitable to transport it on long distances,

The main application of the simple superphosphate is fertilizer in agriculture. It practically do not acidify the ground and can be used for all cultures especially for crop plant, which require gypsum available in superphosphate beside phosphor (for

example for legumes). The granulated superphosphate is usually added during the sowing. In the simple superphosphate the active substance exists in a water-soluble form [2].

The superphosphate production process (figure 1) is as follows. The sulphuric acid is heated up to 55-65 °C, then from gravitation tank 4 the acid is pumped into the acidic mixer 2 where it is diluted by water for creating the solution with concentration of 68-68.5% of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. The acid is continuously supplied through the slot flowmeter 3 to the mixer 25, where during several minutes is been mixing with apatite concentrate which is supplied from the tank 1 through the batch blending weigher 26. The dense cream-like pulp is created under temperature 110-115°C and this substance is continuously supplied into the superphosphate chamber 24. There the reaction of the phosphate decomposition reaction is continuing. When the superphosphate become solid the mixture is cut by the knives of the milling bit 22. The cut superphosphate through the central (unloading) tube 23 is withdrawn from the chamber and supplied on the warehouse by the band conveyer 21, From the band conveyer 21, the superphosphate is got to the spreader 20, which is knocking the stacks of the superphosphate. Hereat, the part of humidity is evaporated and superphosphate is cooled.

The superphosphate is held during 5-20 days on the warehouses, where it is kept in the heaps with height of 6-10 meters. During this time the superphosphate is shoveled 2-3 times by the grab crane 19 for cooling.

The ripe superphosphate is mixed with dry limestone for neutralization, and the big particles are sifted on the cribble 9 and are disintegrated on the crushing rolls 9. Then the powder-like superphosphate is mixed with retute, is wetted and formed into the round granules in the rotary drum granulator 17.

The humid granules are dried in the rotary dryer 16 by the furnace gases. The dried product is classificated in the vibrating cribble 12. Then it is cooled in the apparatus with fluidized bed 14. Finally, the product is supplied on the package. The low fraction is recycled on the granulation process and big fraction is disintegrated in the grinder 15 and recycled on the cribble.

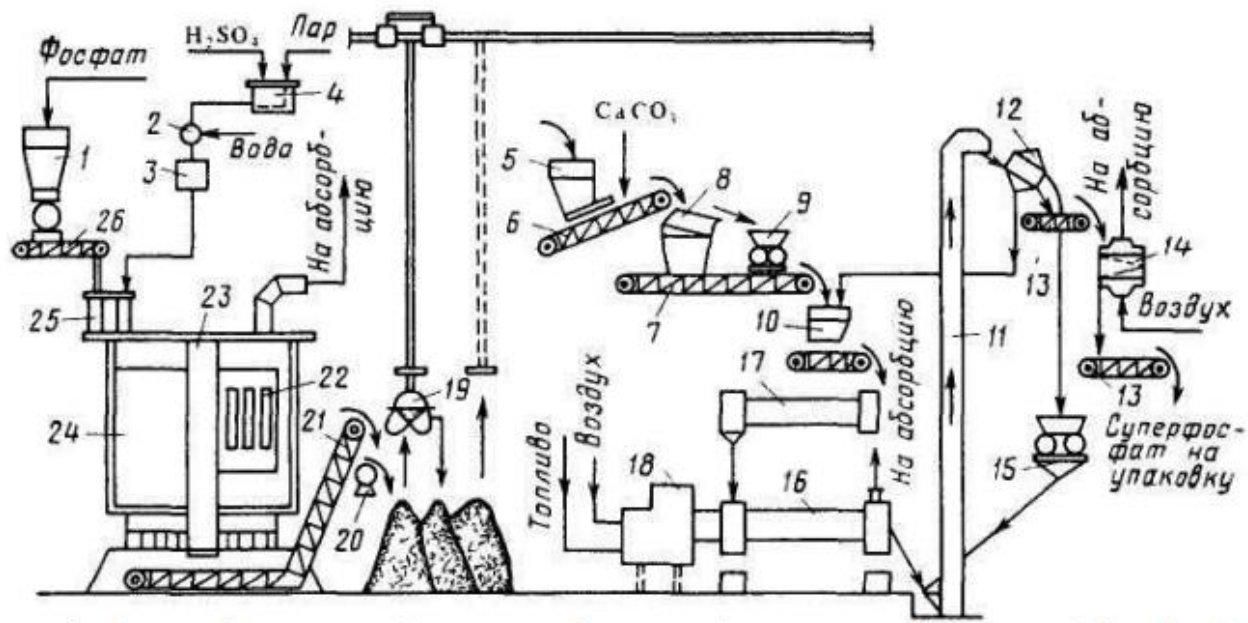


Figure 1. Technological scheme of the simple granulated superphosphate production [3]

Since the rotary dryer is one of the main apparatus in the technological scheme of the simple granulated superphosphate production it is reasonable to modernize it. It could allow the intensification of process, decrease of the costs and increase the effectivity of this technology.

### Перелік посилань:

1. Яворський В. Т. Загальна хімічна технологія Л: Національного університету "Львівська політехніка", 2005. - 387 с.
2. Мамченков И.П. Справочник по удобрениям : 3-е изд., испр. и доп. — М.: Колос, 1964. – 215-235 с.
3. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология ,1990. - 445 с.

UDC 661.33

## MODERNIZATION OF THE EVAPORATOR FOR THE PLANT OD BRINE PURIFICATION

student Matvienko A.A., assistant professor, Ph.D. Hulienko S.V.,  
senior lecture, Ph.D. Sachok R.V.

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

***Анотація:** Описано значення карбонату натрію (кальцинованої соди), його використання у промисловості та методи отримання. Описано значення розсолу у виробництві карбонату натрію та способи його підготовки. Проаналізовано випарну установку схеми очищення розсолу та встановлена необхідність модернізації випарного апарату.*

***Ключові слова:** карбонат натрію, розсіл, установка, випаровування, сіль, очистка.*

***Abstract:** The importance of the sodium carbonate, its application for industrial purposes, and the methods of its productions are described. The importance of the brine in sodium carbonate production and the method of its preparation are described. The evaporation plant of the brine purification scheme is analyzed and the practicability of its modernization are defined.*

***Key words:** sodium carbinate, brine, plant, evaporation, salt, purification.*

The production of sodium carbonate (also known as washing soda, soda ash and soda crystals) is a multistage process and the plant includes several blocks. The block of brine purification is important part of whole plant. The sodium carbonate is widely used in aluminum production, in oil refining and drilling industry, in productions synthetic fibers and detergents, cellulose etc. Soda ash is also applied in glass, soap, pulp and paper and textile industry and in household.

There are two techniques for production of sodium carbonate. One of them is the Solvay process or the ammonia-soda process. This process is one of the most widely used. The feature of this method is using of the sodium chloride brine as a raw material. For this purpose, the brine is obtained by underground leaching of the salt by water since this way is much cheaper than the mining of solid salt. The brine is obtained as a result of underground water flow thorough the salt beds, which almost totally consist of sodium chloride [1].

The second way of the obtaining of sodium carbonate is Leblanc process with using of calcium carbonate and carbone. In this method sodium chloride and sulphuric acid are alloyed with limestone and coal in rotating furnaces with formation of soda fusion cake. This technique is multicomponent but obtained sodium carbonate is characterized by low quality.

The main schemes and processes for brine purification are based on using such processes as sludging, filtration and evaporation. The filtration is used for clarification, which means the interception of suspended particles that are present in the brine. Due to evaporation the solvent are removed from solution and all non-volatile solutes are remained in solution but in more concentrated conditions. The evaporation plant, which are shown on the figure 1 include the pumps, the tank of raw brine, tank of the mother brine, the mixing tank, the depositing tanks of the first and second stage of purification, the slurry tank, the tank of pure brine, the filters, the tank of filtrated brine, the dehydrator, the evaporators, the heaters, the salt pulp catcher, the intermediate brine catcher, the centrifuge, the barometric water catcher, the barometric condensing apparatus, and the vacuum-injection set-up [2].

The modernization of evaporation plant is necessary for increasing of final concentration and improving of the quality of obtained sodium carbonate and also for decreasing of the cost of this industrial process and increasing of environmentally appropriate of the technology. The main directions of improvement of the technology include the combination with production of the nitrogen media and creating of wasteless technologies [3]



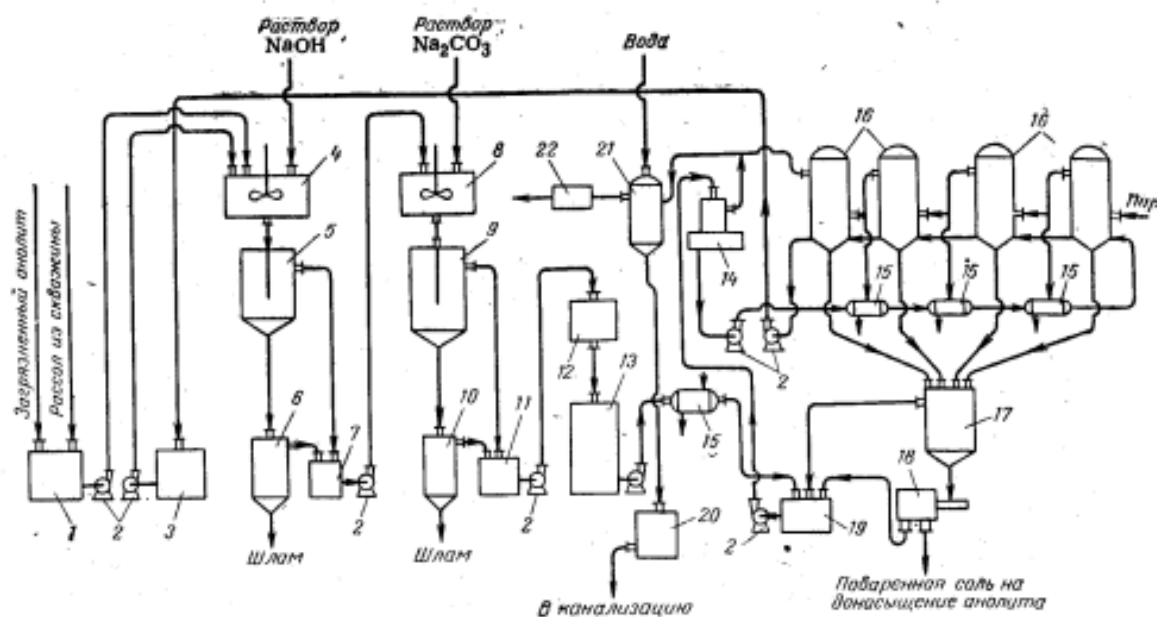


Figure 1 The scheme of the furification and evaporation of te brine with solide salt obtaining

The brine purification in one of the most important part of the process. Without this stage, the process of soda production would not be source and energy effective. It is reasonable to modernize the evaporator since this apparatus require large amount of energy.

### Перелік посилань:

1. Загальна хімічна технологія: Підручник / В.Т. Яворський, Т.В. Перекупко, З.О. Знак, Л.В. Савчук. – Львів: Видавництво Національного університету «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА», 2005. – 552 с.
2. Якименко Л.М. Производство хлора, каустической соды и неорганических хлорпродуктов. - М.: Химия, 1974. - 600 с.,
3. . Зайцев И.Д. Производство соды / И.Д. Зайцев, Г.А. Ткач, Н.Д. Стоев. – М.: Химия, 1986. – 312

УДК 663.5

## MODERNIZATION OF MASH-RECTIFICATION INSTALLATION FOR SEPARATION OF ALCOHOL-WATER MIXTURE

student Kurylenko O., lecturer assistant Liubeka A.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

***Abstract.** The basic principles of ethanol application are given. Modernization of brago-distillation unit for separation of alcohol mixture is offered.*

***Key words:** Ethanol, distillate, rectification column.*

## МОДЕРНІЗАЦІЯ МОНТАЖНОГО УСТАНОВКИ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ СПІРНО-ВОДНОЇ СУМІШІ

студент Куриленко О., викладач Любека А.

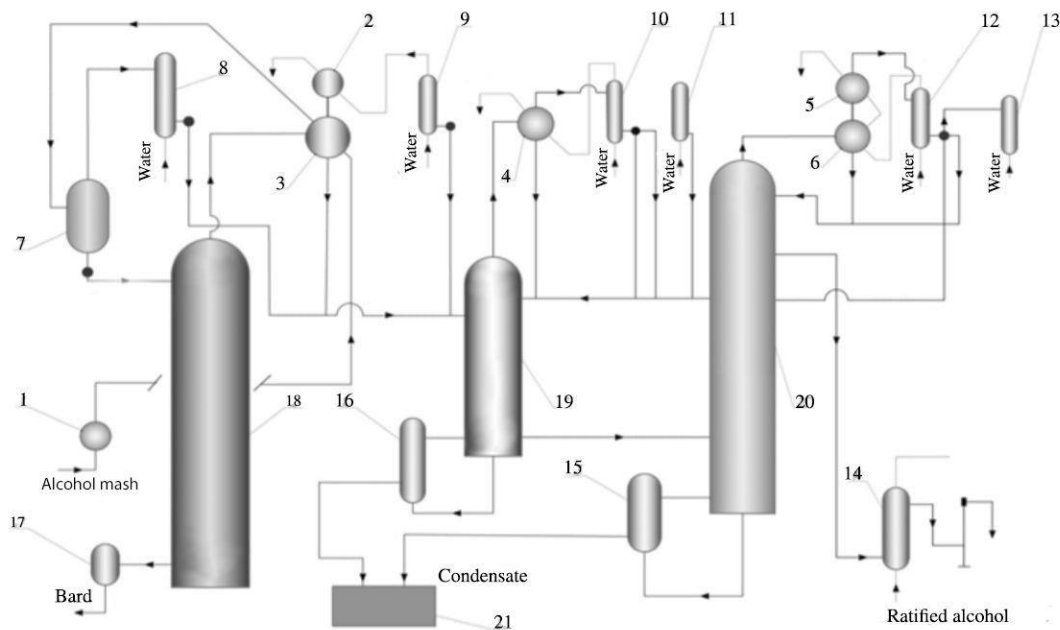
***Анотація.** Наведено основні принципи застосування етанолу. Запропоновано модернізацію браго-дистиляційної установки для розділення спиртової суміші.*

***Ключові слова :** Етанол, дистилят, ректифікаційна колона.*

Ethanol is used in medical wipes and most commonly in antibacterial hand sanitizer gels as an antiseptic for its bactericidal and anti-fungal effects. Ethanol kills microorganisms by dissolving their membrane lipid bilayer and denaturing their proteins, and is effective against most bacteria, fungi and viruses what is very important during the Covid-19 pandemic. However, it is ineffective against bacterial spores, but that can be alleviated by using hydrogen peroxide. A solution of 70% ethanol is more effective than pure ethanol because ethanol relies on water molecules for optimal antimicrobial activity. Absolute ethanol may inactivate microbes without destroying them because the alcohol is unable to fully permeate the microbe's membrane. Ethanol can also be used as a disinfectant and antiseptic because it causes cell dehydration by disrupting the osmotic balance across cell membrane, so water leaves the cell leading to cell death.

Therefore, the development of equipment for the production of this organic substance, which meets modern requirements, is an urgent and important issue.

The technological scheme of production of ethyl alcohol is shown in figure 1. The mature mash is fed to the heater 1, where it is heated to a temperature of 80° C, and from there - sent to a separator for removing CO<sub>2</sub>. Gases from the separator are discharged into a condenser-trap for capturing alcohol, and water-alcohol condensate from condensers 7 and 8 - on the upper plate of the composite column 19.



- 1 - 6 – heat exchangers, 7 - 17 – condensers, 18 – mash column,  
19 – composite column, 20 – rectification column,  
21 – tank for condensate collection

Figure 1 - Technological scheme of mash-rectification process

Separated mash from the separator 7 is sent to the mash column 18, and after separation of alcohol and volatile impurities remove the bard through the bard regulator for further implementation. The distillate from the heaters and condensers is collected in the collector 3 and fed to the feed plate of the composite column 19.

The mash distillate and freed from the main impurities is removed from the boiling chamber of the column to the feed plate of the rectification column 20.

The main impurities of the concentration part column 19, in it's reflux condenser 4 and the condenser 10. The reflux from the condenser 4 is returned to the upper plate of the composite column 19. From the condenser 10 select the main fraction of ethyl alcohol.

From the composite column 19 the composite enters the rectification column 20. This column is designed to extract from the composite pure concentrated solution of ethyl alcohol in water (rectified), concentrated solution of fusel oil, Luther water. At the same time, alcohol is released from major impurities.

Pasteurization is carried out on the upper plates of the distillation column 20. The rectified alcohol is taken from the pasteurized reflux and cooled in the refrigerator 14, and then through the control alcohol measuring device the alcohol is sent to the alcohol receiving tank.

The fusel oil in the form of steam is taken from the distillation column and sent to the condenser 15, and the pure fusel oil is sent to its collection 21.

From the drain compartment alcohol products are pumped into the alcohol storage.

The purpose of this work is to modernize the mash-rectification plant to obtain ethyl alcohol. Improving the design of the plate distillation column and reducing the cost of maintenance of the column, by automating the process.

#### References:

1. Tsai, W.; Lan, H.; Lin, D. An analysis of bioethanol utilized as renewable energy in the transportation sector in Taiwan. *Renewable Sustain. Energy Rev.* 2008, 12, 1364–1382.
2. . Boots, K.; Juskey, C.; Sipaj, A.; Frankiewiez, P. Waste Heat Recovery from a Power Plant for the Purpose of Ethanol Distillation; Technical Report; UOIT: Oshawa, ON, Canada, 2011
3. Whitefield J. B. Alcohol dehydrogenase and alcohol dependence: Variation in genotype-associated risk between populations. *American Journal of Human Genetics.* 2002;(5):1247-1250

УДК 661.741.1

## МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ

студент Карагодін А.С., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

*Анотація:* Розглянуті методи промислового виготовлення оцтової кислоти. Визначені основні напрямки модернізації установки та ключових апаратів.

*Ключові слова:* оцтова кислота, синтез, ректифікація, дефлегматор

*Анотація:* The industrial methods of acetic acid were considered. The main way of modernization of key apparatuses of plant were defined.

*Ключові слова:* acetic acid, synthesis, rectification, dephlegmator

Оцтова (етанова) кислота – безбарвна рідина зі специфічним різким запахом. Змішується у всіх пропорціях з водою та ефіром, а також добре розчиняє сірку., фосфор, галогенопохідні сполуки. Безводна оцтова кислота (так звана льодяна оцтова кислота) є добрим розчинником багатьох органічних речовин. Вона є достатньо стабільною сполукою: її пари не розкладаються при температурі до 400°C [1].

Оцтова кислота широко використовується в хімічній, текстильній і харчовій промисловості, у виробництві ацетату та інших ефірів целлози, пластмас оцо. Значне застосування мають солі оцтової кислоти – ацетати свиню та міді, які виокривуються для використання пігментів, ацетат заліза, ацетат натрію тощо [1].

До середини ХХ століття головним джерелом оцтової кислоти була лісохімічна промисловість (оцтову кислоту отримували при сухій перегонці деревини) Також, невелика кількість кислоти утворюється при бродінні розбавлених розчинів етанолу. Однак найбільш економічно вигідним є

синтетичне отримання оцтової кислоти [1], а також біотехнологічними методами [2].

Серед методів синтезу оцтової кислоти промислове значення мають каталітичне окислення ацетатальдегіда і регульоване окислення парафінових вуглеводнів. Крім цього, оцтову кислоту синтезують із метанолу та оксиду вуглецю [2].

Найбільш широко використовується процес отримання оцтової кислоти каталітичним окислення ацетат-альдегіду, тому його доцільно розглянути детальніше. Технологічна схема показана на рисунку 1 [1].

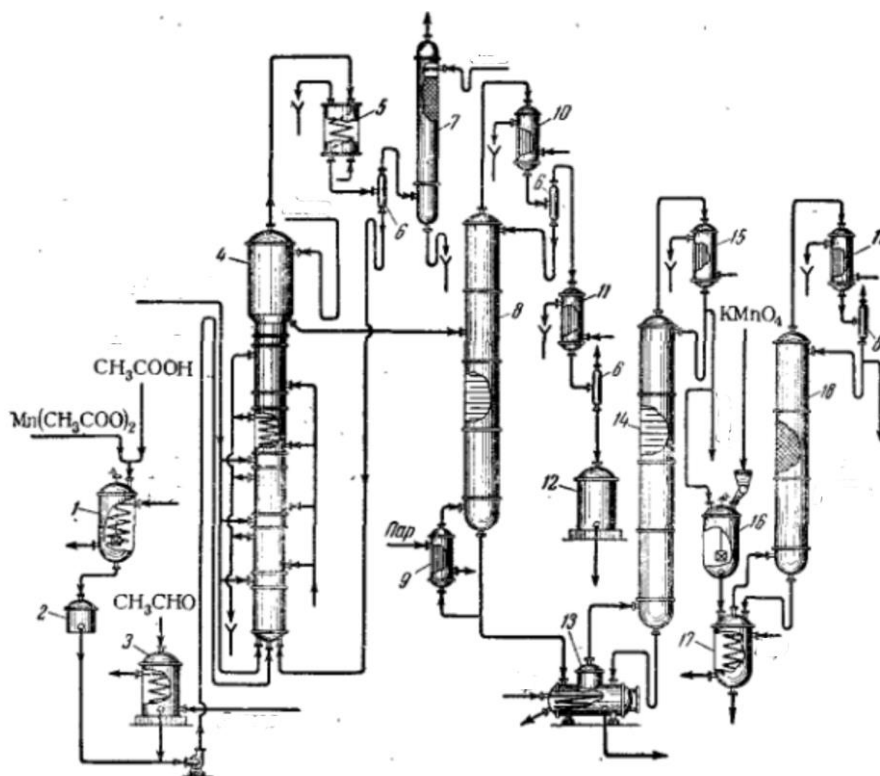


Рисунок 1. Технологічна схема виробництва оцтової кислоти

Розчин каталізатора виготовлений в апараті 1 шляхом розчинення ацетату марганцю в оцтовій кислоті, разом з охолодженим ацетальдегідом подають в нижню частину окислювальної колони 4. Кисень вводять в 3-4 нижні царги колони. Для розбавленої паро-газової суміші в верхню частину колони неперервно подають азот. В процесі окислення в нижній частині колони підтримують температуру  $60^\circ\text{C}$  і надлишковий тиск в межах  $0,38-0,4$  МПа, а в верхній відповідно –  $75^\circ\text{C}$  і  $0,28-0,3$  МПа [1].

Паро-газова суміш із окислювальної колони поступає в конденсатор 5, де при 20-30°C конденсуються пари оцтової кислоти і води. Конденсат, в якому розчинена більша частина ацетатальдегіду, який не прореагував, після відділення від газів в сепараторі 6 повертається в нижню частину колони. Гази після відмивання в скрубєрі 7 від залишків альдегіду і кислоти виводять в атмосферу [1].

Оцтова кислота (сирець), яка неперервно відбирається з розширеної частини окислювальної колони 4, поступає в ректифікаційну колону 8, в якій із сирця відганяються низькокиплячі сполуки. Очищена від низькокиплячих домішок кислота неперервно поступає в кип'ятильник 13 ректифікаційної колони 14, де при 125°C оцтова кислота випаровується, відділяючись від каталізатора, паральдегіда, кротонової кислоти і продуктів омилення. Пари оцтової кислоти конденсуються в дефлегматорі 15, звідки частина кислоти повертається на зрошення колони 14, деяка кількість направляєтся в апарат 1, для приготування розчину, а більша частина поступає для очищення від домішок в апарат 16. Тут оцтову кислоту оброблюють перманганатом калію для окислення наявних в ній домішок [1].

З опису технологічної схеми видно, що якість готового продукту залежить від ефективної роботи ректифікаційної колони 14 та її допоміжного обладнання, в тому числі дефлегматора 15, від якого залежить стабільна робота колони. Враховуючи, що в дефлегматорі конденсується органічна сполука, можна очікувати відносно невисоких коефіцієнтів тепловіддачі, тому вибір поверхні для інтенсифікації теплообміну має ґрунтуватися на ретельних розрахунках.

### **Перелік посилань:**

1. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. – М.: Химия, 1968. — 848 с.
2. Бекер М.Е. Введение в биотехнологию. – Изд. Пищ. пром-сть, 1978. - 232 с.

UDC 676.026.4

## MODERNIZATION OF CASINE DRYING UNIT

### МОДЕРНІЗАЦІЯ АГРЕГАТА ДЛЯ СУШІННЯ КАЗЕЇНУ

student Shashkov V. O., professor, Ph. D. Marchevskiy V. M.

**National Technical University of Ukraine**

**"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

*Annotation: The parameters of the best domestic unit for drying technical casein for the production of glue required for sizing high-quality paper in its production are given.*

**Key words:** CASEIN, AGGREGATE, DRYING.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ АГРЕГАТА ДЛЯ СУШІННЯ КАЗЕЇНУ

студент Шашков В.О., д.т.н., проф. Марчевський В. М.

*Анотація: Наведено параметри найкращого вітчизняного агрегату для сушіння технічного казеїну для виробництва клею, необхідного на проклеювання високоякісного паперу за його виробництва.*

**Ключові слова:** КАЗЕЇН, АГРЕГАТ, СУШІННЯ.

Високоякісний папір, проклеєний казеїновим клеєм користується великим попитом на валютних ринках. Тому модернізація агрегату для виробництва казеїну актуальна.

В якості аналогу для модернізації вибрано агрегат ВС-150КП, відзначений золотою медаллю ВДНГ СРСР.

Основні показники агрегату наведені нижче.

Агрегат ВС-150-КП для безперервного сушіння казеїну та інших термолабільних продуктів в вихровому псевдозрідженому шарі розроблений Київським політехнічним інститутом за завданням і за участю Минмясомолпрома Української РСР.

До складу агрегату входять: апарат вихрового шару з живильником-гранулятором, приточний вентилятор, блок з чотирьох калориферів,



прямоточний циклон, витяжний вентилятор, завантажувальний пристрій для дозованої подачі вологого матеріалу в апарат, пневмотранспортна лінія для висушеного продукту і бункер-накопичувач з пристроєм для розфасовки сухого продукту в мішки.

Вихровий рух частинок висушуваного продукту в псевдозрідженому шарі створюється в апараті підігрітим повітрям за допомогою принципово нового безпровального щілинного газорозподільного пристрою. Завдяки вихровій гідродинамічній структурі псевдозрідженого шару забезпечується більша швидкість сушіння і однорідність висушеного продукту за вологістю при безперервному режимі роботи апарата.

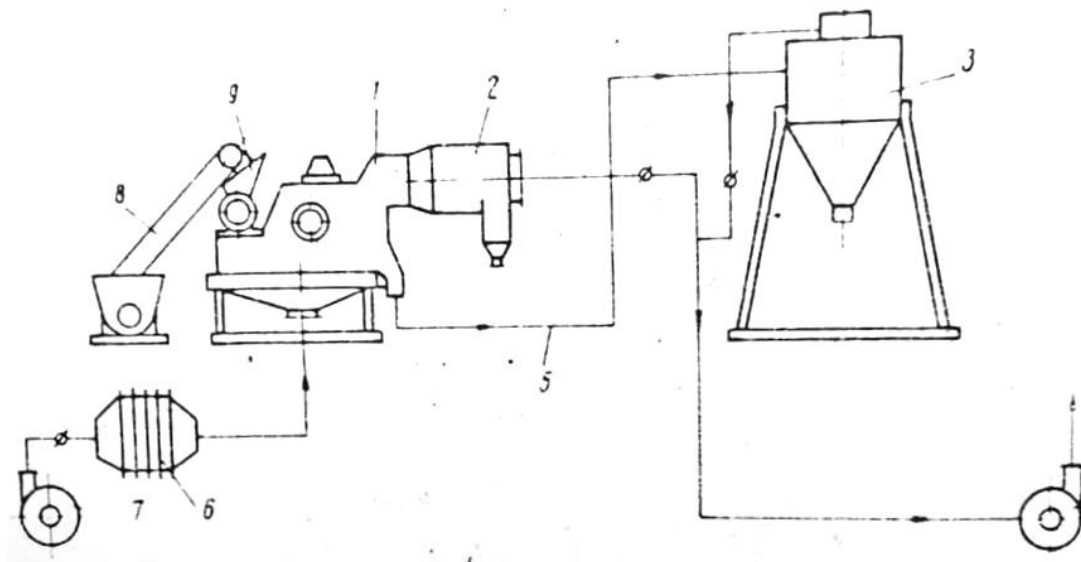


Рисунок – Схема роботи агрегату

1 – апарат вихрового шару; 2 – прямоточний циклон; 3 - бункер-накопичувач;  
4 - витяжний вентилятор ЦП7-40 №6; 5 – пневмотранспортна лінія; 6 - блок з чотирьох калориферів КМБ-ІІ; 7 - приточний вентилятор; 8 - завантажувальний пристрій; 9 - живильник-гранулятор

Скребокний завантажувальний пристрій агрегату частково подрібнює і дозує вологий продукт в живильнику-грануляторі протираючого типу. Подрібнений на частинки діаметром 3-6 мм вологий продукт надходить в апарат, де здійснюється його сушка в вихровому псевдозрідженому шарі.

Висушений продукт безперервно видаляється з апарату через переливний поріг і пневмотранспортом подається в бункер-накопичувач.

Агрегат ВС-150-КПІ простий у виготовленні та експлуатації, забезпечує автоматичне регулювання процесу, високу надійність і техніко-економічну ефективність.

На відміну від існуючих, агрегат володіє більш високими економічними і експлуатаційними показниками за рахунок проведення процесу сушіння в вихровому псевдозрідженому шарі.

#### Технічна характеристика

Продуктивність агрегату, кг/год:

по сухому продукту . . . . . 150

по випаровуваній волозі . . . . . 150-200

Вологість казеїну, %:

початкова . . . . . 55-70

кінцева . . . . . 10-12

Температура повітря, °С:

на вході в сушильний апарат . . . . . 120-130

на виході з сушильного апарата . . . . . 35-45

Питомі витрати на 1 кг казеїну, висушеного від вологості 56% до 12%, або на 1 кг випаровуваної вологи:

повітря, кг/кг . . . . . 37,8

пари, кг/кг . . . . . 2,0

електроенергії, кВт·год/кг . . . . . 0,11

Габаритні розміри апарата для сушки, мм . . . . . 2385x1950x2850

Маса апарата для сушки, кг . . . . . 1335

Продуктивна площа, яку займає агрегат, м<sup>2</sup> . . . . . 6x6

Установча потужність електроприводів агрегату, кВт . . . . . 22

UDK 66.048.3

## MODERNIZATION OF THE DESIGN OF THE CAP MASS EXCHANGE COLUMN

student Ivanov M., senior lecturer, Ph.D. Dvoinos Y.

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

***Abstract.** Proposed is modernize the design of the mass transfer element, namely the cap of the distillation plate, which provides bubbling of steam through the layer of condensate on the plate. The new design simplifies the manufacture and installation of the element, greatly simplifies its repair and allows the use of standard caps.*

***Key words** cap, rectification, mass transfer equipment.*

***Анотація:** Запропонована модернізація конструкції масообмінного елемента, а саме ковпачка масообмінної тарілки, який забезпечує барботаж газу (пари) через шар рідини (конденсату) на тарілці. Нова конструкція дозволяє спростити виготовлення та монтаж елемента, значно спрощує його ремонт і дозволяє використовувати стандартні ковпачки.*

***Ключові слова:** ковпачок, ректифікація, масообмінне обладнання.*

Mass transfer contact elements are used in mass transfer processes to organize the contact of liquid and gas (steam) phases, the most common caps, which operate stably in a wide range of gas (steam) speeds and are used to organize the processes of absorption and rectification.

Known cap plates [1], which are widely used in the oil refining and chemical industries, the contact elements are made in the form of flared holes of the plate to which the caps are attached by a welded mounting bracket with a screw through the central hole of the cap. The disadvantage of this design of the contact element is the complexity of manufacture and installation, namely: flanging holes on the plate and welding of the mounting bracket.

Analysis of the literature showed a wide range of possible designs of fastening

the cap, of which the simplest, which does not require flanging holes on the plate is a design using threaded connections [2], namely - the caps are fixed on the steam pipes through the rings with a threaded connections, and the steam branch pipes are fixed on a plate by means of a carving. This design of the plate simplifies the installation of contact elements, but the disadvantage compared to the known design is the complexity of making threaded connections.

The modernization is based on the task of improving the design of the contact element of the cap plate of the mass transfer apparatus to simplify the manufacture and installation.

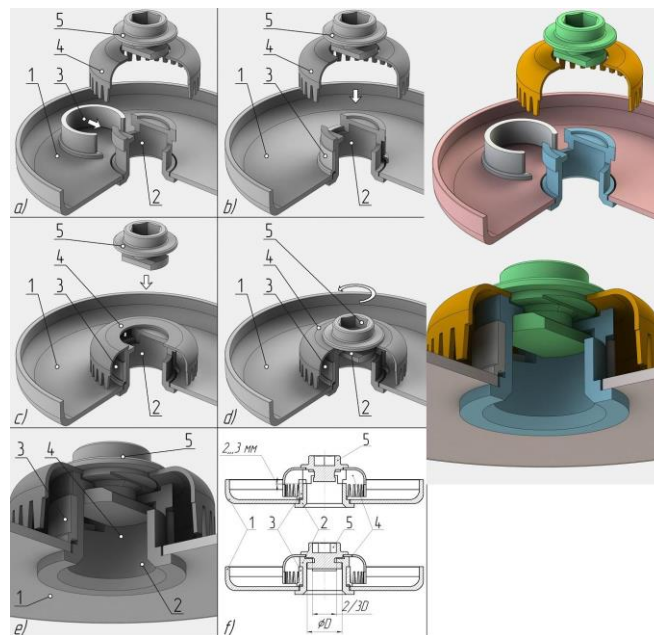
The problem is solved by the fact that in the design of the contact element of the cap plate of the mass transfer apparatus containing the steam pipe, cap, split ring and clamp, the cap is fixed on the plate by a bayonet connection between the steam pipe and the clamp, and the steam pipe is fixed. ring. According to the proposed modernization, the novelty is that the steam pipe has a lower and upper outer and inner sides, a groove  $2/3$  of the outer diameter of the lower clamp side and a depth of  $2... 3$  mm less than the distance between the upper edge of the slot in cap and its bottom. The clamp is made in the form of a cylinder with flanks at the edges, and the lower flange is cut on two sides to the diameter of the cylindrical part.

The use of the contact element of the cap plate of the mass transfer device with these distinctive features provides simplification of manufacture and installation.

The essence of the modernization is explained in Figure 1 [3], which shows the order of installation of the contact element of the cap plate of the mass transfer apparatus, longitudinal sections and defining dimensions of the structure containing the steam pipe 2, split ring 3, cap 4, clamp 5 and conditionally plate to which the element 1 is attached.

The contact element of the cap plate of the mass transfer device works as follows. The liquid closes the slots in the cap, steam or gas passes through the steam pipe 2 and enters the inner cavity of the cap 4, fills it, passes out through the slots and bubbles through the liquid. Installation of a design is the following: on a plate 1 in openings from below the branch pipe 2 (a) is established, the cutting ring 3 (a) which at winding is elastically deformed and tightly clamped on a steam branch pipe 2 (b) is got, thus fixing position of a branch pipe 2 concerning a plate 1. Put a cap 4 (c) and a

clamp 5 (d) on a branch pipe. The clamp 5 rotates 90 degrees (d, e), while its cylindrical part and the sides are elastically deformed, creating the force required for involuntary rotation during operation.



1 – plate of the mass transfer apparatus; 2 – a branch pipe; 3 – split ring;

4 – cap; 5 – clamp

a) installation of a branch pipe; b) winding on the side of the split ring; c - wearing a cap;  
d), e) - dressing and turning on the 90° clamp

Fig. 1 – Порядок монтажу контактної тарілки масообмінного апарату

**Conclusion:** the proposed modernization can be used as a structural element for the distillation column.

### References:

1. OST 26-01-66-86 Tarelky kolpachkovye stalnykh kolonnykh apparatov.
2. Patent RF № 2469764 (RU) МПК В01D 3/18, 3/32. Apparat kolonnyi s kolpachkovyuyu tarelkamy. Zaiav. RU 2011128136/05 ot 07.07.2011, opubl. 20.12.2012, biul. №35.
3. Zayavka na deklaracijny`j patent Ukrainy` na kory`snu model` u2020 06986 Kontaktnyi element kovpachkovoї tarilky masoobminnoho aparatu vid 30.10.2020.

UDK 66.048.3

## MODERNIZATION OF THE COUPLING DISTRIBUTOR MASS EXCHANGE DEVICE

student Petkov A., senior lecturer, Ph.D. Dvoinos Y.

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

***Abstract.** The modernization of the design of the distillation column is proposed, namely the steam distributor, which provides the supply (steam) to the lower part of the distillation column. The new design allows to reduce its height, to simplify production and installation.*

***Key words** rectification, mass transfer equipment, steam distributor.*

***Анотація:** Запропонована модернізація конструкції ректифікаційної колони, а саме розподільника пари, який забезпечує подачу (пари) в нижню частину ректифікаційної колони. Нова конструкція дозволяє зменшити її висоту, спростити виготовлення та монтаж.*

***Ключові слова:** ректифікація, масообмінне обладнання, розподільник пари.*

Mass transfer devices differ in design and principle of operation. The modernization is aimed at improving the design of the mass transfer apparatus, namely, the steam distributor for gas (vapor) - liquid systems and can be used in chemical, petrochemical and other related industries.

Known steam distributor of the mass transfer apparatus [1], the design of which is widely used in the oil refining and chemical industries, the distributor is a pipe through which steam is fed to the mass transfer device with an upward rotation, a cover is installed on top to prevent liquid from entering the steam supply pipe.

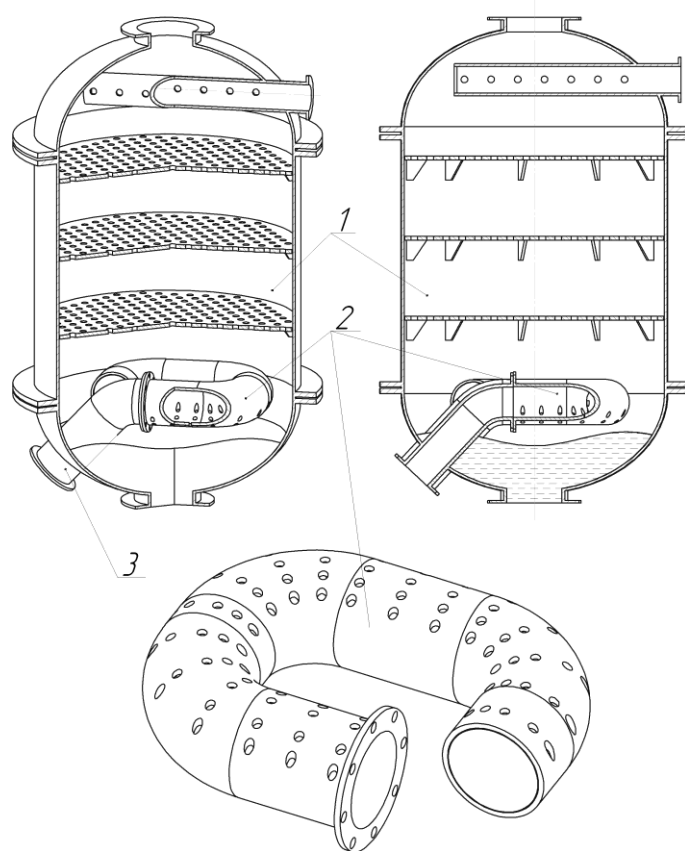
The disadvantage of the known design of the steam distributor is its considerable height, which increases the cost of manufacturing the device, and the current heat consumption due to thermal insulation to the environment.

The closest in technical essence to the proposed modernization is a device for uniform distribution of steam [2], which includes an arcuate wall located around the

longitudinal axis of the column, a blade inside this wall to move steam in the radial direction and a steam inlet fitted to the arcuate wall.

This design of the device for uniform steam distribution is much smaller in height than the known steam distributor, but the disadvantage compared to this analogue is the difficulty of making a tangential input of steam into the device and mounting the device inside the device.

The modernization is based on the task of improving the design of the steam distributor of the mass transfer apparatus to reduce its height and simplify the design, manufacture and installation, Figure 1.



- 1 - housing of the mass transfer apparatus; 2 - steam distributor;  
3 - steam supply fitting

Fig. 1 – Design of an upgraded distributor pairs of mass transfer apparatus

The problem is solved by the fact that the steam distributor is made in the form of a pipe, which is located in a horizontal plane, and the pipe has a plug at the end, and in the lower part there are holes for the passage of steam.

The steam distributor is located above the free surface of the liquid of the VAT

residue of the mass transfer apparatus, and the pipe from which the steam distributor is made can have turns to increase the working length and the number of holes for steam output.

The horizontal location of the steam distributor reduces its height and simplifies the design, manufacture and installation, and perforation on the underside of the pipe avoids the ingress of large amounts of liquid into the distributor without the use of a cover.

The essence of the modernization is explained in Figure 1, which shows the housing of the mass transfer apparatus 1, the steam distributor 2, the steam supply fitting 3 to which the steam distributor 2 is attached through a flange connection.

The determining dimensions of the steam distributor design include the diameter and number of perforations of the lower part of the pipe, the recommended total area of these holes should be not less than the free cross-sectional area of the steam supply fitting, to prevent a significant increase in hydraulic resistance of the steam distributor.

The steam distributor is attached to the steam fitting by a flange connection.

**Conclusion:** The proposed design of the steam distributor of the mass transfer device is simple in manufacture and installation, simplifies the manufacture and installation.

### References:

1. Osnovny`e prozessy` i apparaty` khimicheskoy tekhnologii: Posobie po proektirovaniyu / G.S. Borisov, V.P. Bry`kov, Yu.I. Dy`tnerskij i dr. Pod red. Yu.I. Dy`tnerskogo, 2–e izd., pererab. i dopoln. M.: Khimiya, 1991. – 496 s.

2. Patent RF #2326711 (RU) MPK B01D 3/32, B01F 3/04. Ustrojstvo dlya odnorodnogo raspredeleniya para v massoobmenny`kh i teploobmenny`kh kolonnakh. Zayav. US 2004/038263 vi`d 16.11.2004, opubl. 20.06.2008, byul. #17.



UDK 66.081.2

**МОДЕРНІЗАЦІЯ РІДИННОГО РОЗПОДІЛЬНИКА ДЕСОРБЕРА  
MODERNIZATION OF THE LIQUID DISTORBER DISTRIBUTOR**

student Yanytskyi V., senior lecturer, Ph.D. Dvoinos Y.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

***Abstract.** Proposed to modernize the design of the liquid desorbed distributor, namely the distribution plate between the layers of the nozzle of the mass transfer column, which reduces its height and simplifies the design and manufacture. The new design can be used in absorption, desorption and rectification devices.*

***Key words** absorption, rectification, liquid distributor.*

***Анотація:** Запропонована модернізація конструкції рідинного розподільника десорбера, а саме тарілки розподільчої між шарами насадки масообмінної колони, який забезпечує зменшення його висоти і спрощення конструкції та виготовлення. Нова конструкція може бути використана в апаратах абсорбції, десорбції та ректифікації.*

***Ключові слова:** абсорбція, ректифікація, рідинний розподільник.*

Nozzle mass exchangers are widely used in chemical, petrochemical and other related industries. Devices used to distribute the liquid evenly on the surface of the nozzle are known as liquid distributors. Known liquid distributor of the nozzle mass transfer apparatus [1], the design of which is a plate with overflow pipes installed on it, the upper level of which is made toothed. Gas or steam moves up the tubes, and the liquid flows down the walls of the pipes to the nozzle. Due to the location on the horizon of the upper edge of the overflow pipes is uniform in cross section irrigation of the nozzle, which prevents the formation of dry areas of the nozzle, ie areas where the process of mass transfer does not occur.

The disadvantage of the known design of the liquid distributor is its considerable height, which increases the cost of manufacturing the device, and the current heat consumption due to thermal insulation to the environment.

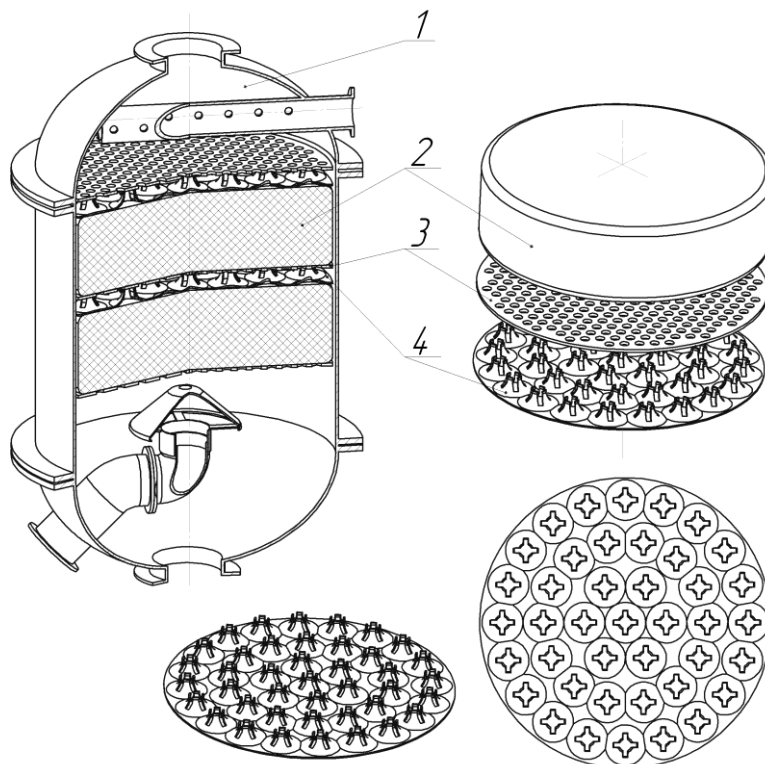
The closest in technical essence to the known design is a regular mesh nozzle

[2], which contains a mesh folded with a corrugation and a package, and in the column such methods of assembly alternate.

This design of the device for uniform distribution of liquid is much smaller in height than the known liquid distributor and allows in the batch part of the nozzle to provide radial distribution of liquid, which should improve the uniformity of irrigation of the nozzle folded in corrugation, but the disadvantage nozzles and restrictions on the critical gas velocity.

The modernization is based on the task of improving the design of the liquid distributor of the desorber to reduce its height and simplify the design and manufacture.

The problem is solved by the fact that the liquid distributor of the desorber is made in the form of a plate with flared up holes, Figure 1, and the walls of the flanged holes have slots.



1 - desorber housing; 2 - nozzle; 3 - gas distribution grille;  
4 - liquid distributor

Fig. 1 – Design of an upgraded liquid distributor

The liquid distributor is located directly on the lower layer of the nozzle, and on it lies the lattice that holds the upper layer of the nozzle.

This design of the liquid distributor of the desorber provides a reduction in its height, simplification of design and manufacture, and its location directly on the nozzle avoids the movement of the liquid in the radial direction on the lower surface of the liquid distributor.

The essence of the modernization is explained in Figure 2, which shows the body of the desorber 1, the nozzle 2, the grid holding the top layer of the nozzle 3, the liquid distributor 4 and the flows of liquid and gas.

Determining the dimensions of the steam distributor design include the inner diameter of the upper part of the flanged holes of the distributor  $d$ , which is recommended 25 mm, the width of the slots on these holes  $S$ , which is recommended  $0.3d$  and the depth of slots, which is recommended 5 mm less than the height of flanged holes.

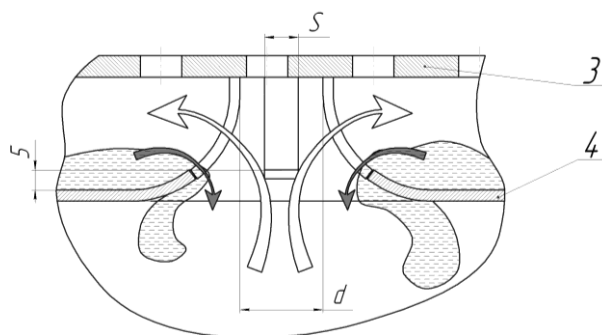


Fig. 2 – Scheme of liquid and gas flows in the channels upgraded liquid distributor

Conclusion: the proposed modernization can be used as a structural element for packed mass exchangers.

### References:

1. Osnovny`e prozessy` i apparaty` khimicheskoy tekhnologii: Posobie po proektirovaniyu / G.S. Borisov, V.P. Bry`kov, Yu.I. Dy`tnerskiy i dr. Pod red. Yu.I. Dy`tnerskogo, 2–e izd., pererab. i dopoln. M.: Khimiya, 1991. – 496 s.
2. Patent RF #2431522 (RU) MPK B01J 19/32. Reguljarnaya setchataya nasadka. Zayav. 2010111894/05 vi`d 30.03.2010, opubl. 20.10.2011, byul. #29.

UDK 66.048.3.069.835

## MODERNIZATION OF THE PLATE OF THE MASS TRANSFER APPARATUS

student Denysenko D., senior lecturer, Ph.D. Dvoinos Y.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

***Abstract.** Proposed to modernize the design of the plate of mass exchangers for gas (steam) - liquid systems designed for absorption, rectification, namely - mounting the mass plate in the body of the apparatus, which simplifies manufacture and installation and allows the use of standard mass transfer plates.*

***Key words.** Rectification, mass transfer equipment, distillation plate.*

***Анотація:** Запропонована модернізація конструкції тарілки масообмінних апаратів для систем газ (пар) - рідина, призначених для процесів абсорбції, ректифікації, а саме, – кріплення масообмінної тарілки в корпусі апарату, яке дозволяє спростити виготовлення і монтаж та дозволяє використовувати стандартні масообмінні тарілки.*

***Ключові слова:** ректифікація, масообмінне обладнання, тарілка ректифікаційна.*

Plates of mass exchangers have a wide range of designs and principles of operation, and contain mass exchange elements that provide contact of liquid and gas (steam) phases.

Known cap plates [1], which are widely used in the oil refining and chemical industries, the plates are fastened with an elastic cord AC 10, which is compressed between the plate body and the bracket by bolts, while the cord is distributed and fixes the plate in the cylindrical body.

The disadvantage of the known design of the plate is the complexity of manufacture and installation, namely: flanging of the plate body with sufficient accuracy to seal the gap between the plate body and the cylindrical body of the

apparatus.

The closest in technical essence to the proposed utility model is the fastening unit of the mesh plate [2], which contains the wall of the housing, where a triangular gasket with plates between the split rings, and the plate is fastened with a threaded connection.

This design of the plate simplifies the installation and manufacture of the plate, but the disadvantage compared to this analogue is the small radial gap that can choose the gasket, and, accordingly, the complexity of manufacturing the cylindrical body of the device of the required accuracy.

The modernization is based on the task of improving the design of the plate of the mass exchanger to simplify the design, manufacture and installation.

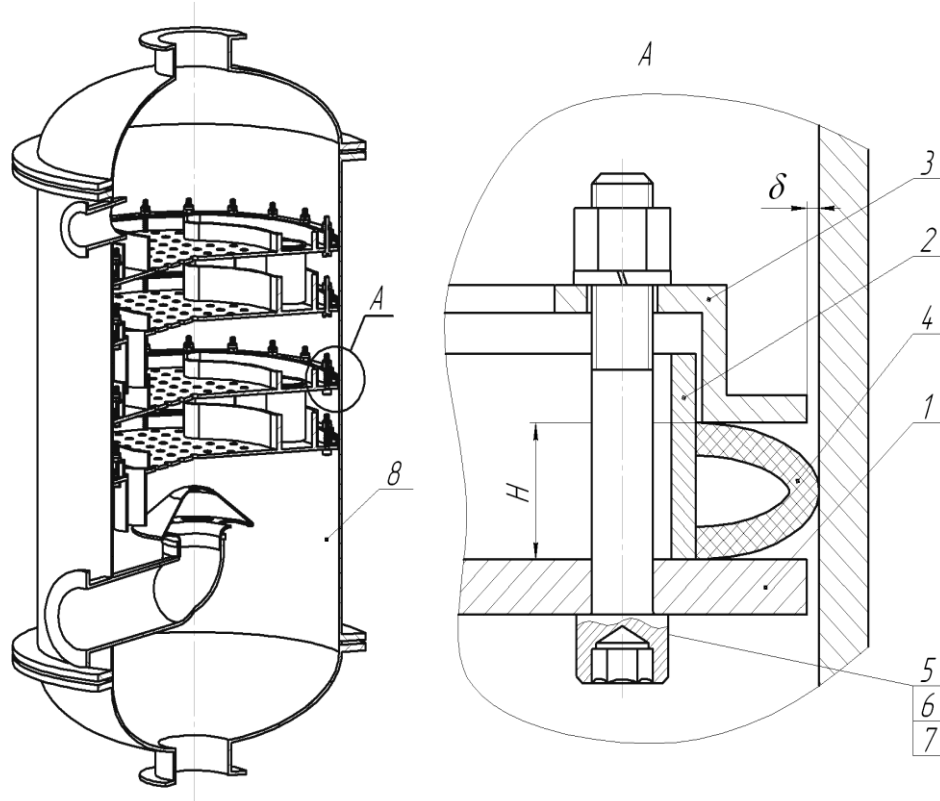
The problem is solved by the fact that in the design of the plate of the mass transfer apparatus, containing the plate body, ring, flange, elastic element and bolts with washers and nuts, the elastic element is made in the form of a ring and a semi-ring in cross section.

The use of an elastic plate element of the mass transfer apparatus in the form of a ring and a semi-ring in cross section provides a larger radial gap between the plate body and the apparatus body, which simplifies the installation and manufacture of the mass exchange plate and plate.

The essence of the modernization is illustrated by the drawing, which shows the plate body 1, ring 2, flange 3, an elastic element in the form of a ring and semi-ring in cross section 4, bolts with washers and nuts 5, 6, 7 and the body of the mass exchanger in which plates 8 are attached. determining the dimensions of the plate design of the mass transfer apparatus include the height of the elastic element  $H$  before its compression and after, and the radial gap between the plate body and the body of the mass transfer apparatus  $\delta$ . The recommended clearance of this design is  $\delta=0.2H$ .

The design of the plate of the mass transfer apparatus is as follows: a ring 2 and bolts 5 are welded to the plate body 1, an elastic element in the form of a ring and a half-ring in cross section is put on the outer surface of the ring, a flange 3 is put on

top. The plate is inserted into the body of the mass exchanger and the nuts are tightened, while the elastic element is elastically deformed, changing shape in cross section from the semicircle to the oval and clamped between the ring of the plate and the body of the mass exchanger, forming a tight connection.



- 1 - plate body of the mass transfer apparatus; 2 - ring;  
3 - flange; 4 - elastic element in the form of a ring and a semi-ring in cross section;  
5 - nut; 6 - screw; 7 - washer

Fig. 1 – The design of the modernized plate of the mass transfer apparatus

**Conclusion:** the proposed modernization can be used as a structural element for the distillation column.

#### References:

1. OST 26-01-66-86 Tarelki kolpachkovy`e stal`ny`kh kolonny`kh apparatov.
2. Patent Ukrainy №113944 (UA) MPK B01D 3/22, 53/00. Vuzol kriplennia sitchastoi tarilky. Zaiav. u201607660 vid 12.07.2016, opubl. 27.02.2017, biul. №4.

UDK 66.045.122

## MODERNIZATION OF THE COAT HEAT EXCHANGER-DEGASSER

student Hushcha M., senior lecturer, Ph.D. Dvoinos Y.

**National Technical University of Ukraine**

**«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

***Abstract.** The modernization of the design of the shell-and-tube heat exchanger-degasser is proposed, namely, heat transfer is intensified due to the organization of mixed current and improvement of the hydrodynamic mode of movement of the liquid, which is heated and degassed. Modernization allows to reduce the dimensions of the device when using standard elements of the shell-and-tube heat exchanger.*

***Key words** heat exchange, decontamination, shell and tube heat exchanger.*

***Анотація:** Запропонована модернізація конструкції кожухотрубного теплообмінника-дегазатора, а саме, інтенсифіковано перенос тепла за рахунок організації змішаного струму і покращення гідродинамічного режиму руху рідини, яка нагрівається та дегазується. Модернізація дозволяє зменшити габарити апарату при використанні стандартних елементів кожухотрубного теплообмінника.*

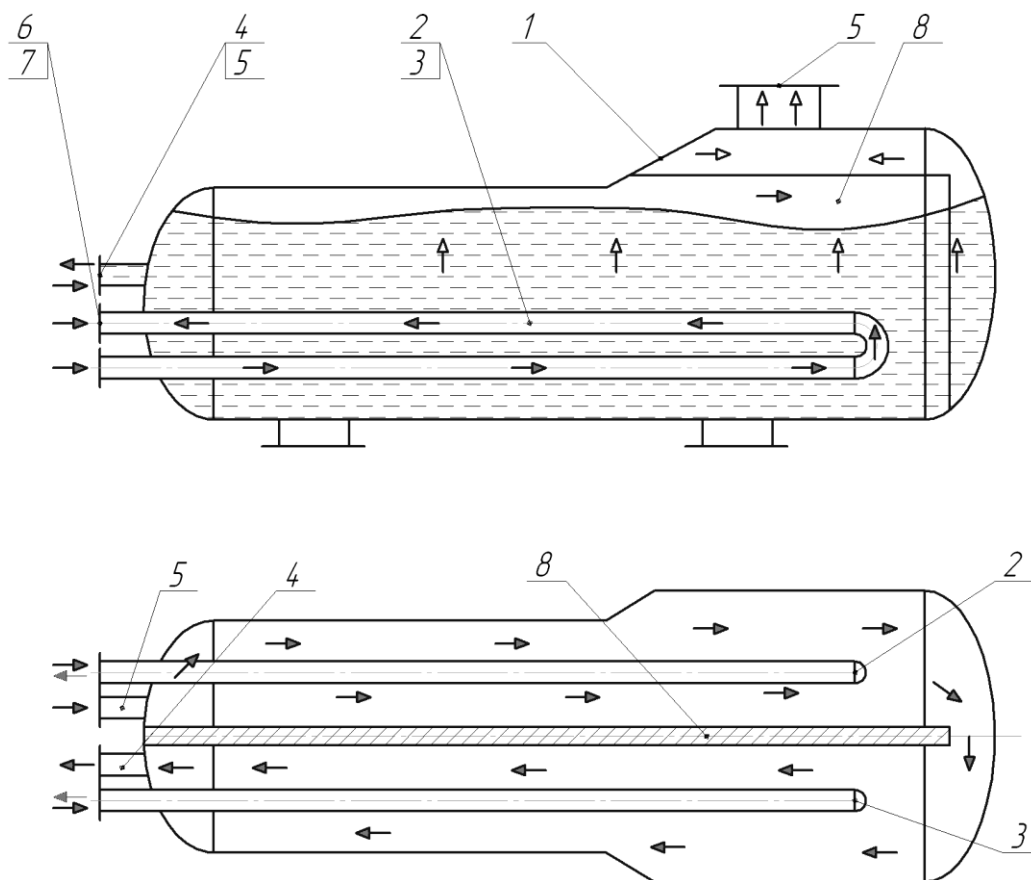
***Ключові слова:** теплообмін, дегазація, кожухотрубний теплообмінник.*

Shell and tube heat exchangers are widely used in the chemical and oil refining industries, their elements are standardized and unified.

Liquid degassing devices, such as a deaerator, debutanizer or deethanizer, use the properties of liquids to reduce the solubility of gases with decreasing pressure or increase temperature and are liquid heaters with subsequent separation of gases that pass from solution into the gas phase.

A known and common method of degassing is to heat the liquid with dissolved gas in a shell-and-tube heat exchanger with U-shaped pipes and the removal of gases in the upper part of the apparatus. This heat exchanger has the same design as the steam generator, but the intensity of heating the liquid is much lower due to the low heat transfer coefficient with free convection in the pipe space.

The analysis of literature sources allowed to determine the directions of intensification of the process of heating degassed liquids, for example, heat and mass transfer apparatus, including horizontally located above each other degassing tank and shell-and-tube heat exchanger, connected by a nozzle. forming a single structure, the degassing tank is equipped with a U-shaped tubular liquid heater, overflow partition, gas-liquid mixture inlet pipe and liquid drain pipe, U-shaped liquid liquid heater is located below the upper edge of the overflow partition, shell-and-tube heat exchanger gas outlet pipe, the overflow pipe is insulated, its lower end is located below the upper edge of the overflow partition [1].



- 1 – housing shell-and-tube heat exchanger-degasser;
- 2, 3 – bundles of U-shaped pipes on both sides of the partition;
- 4, 5 – fitting for supply and drainage of liquid; 6, 7 – fitting supply and drainage coolant to bundles of U - shaped pipes; 8 – vertical partition

Fig. 1 – The design of the modernized shell and pipe heat exchanger-degasser



This design allows you to intensify the heat transfer process, but complex.

The modernization is based on the task of improving the design of the shell-and-tube degasser-degasser to ensure intensive movement of the degassed liquid relative to the heat-exchange surfaces using standard elements of the shell-and-tube heat exchanger.

The problem is solved by the fact that in the design of the casing

a degassing heat exchanger-degasser is installed, and the supply of degassing liquid and the degassed liquid are removed on different sides of the partition, Figure 1. The liquid in free movement and the available free surface passes along U-like heat exchange pipes 2 and 3 while the degassed liquid is not mixed with the liquid containing the dissolved gas, which improves the conditions of the mass transfer process, and the movement of the liquid along the heat exchange surfaces allows to significantly increase the heat transfer and heat transfer coefficients.

**Conclusion:** the proposed modernization can be used in the design of degassing devices.

**References:**

1. Patent RF № 2463097 (RU) MPK B01D 19. Teplomassoobmenny`j apparat. Zaiav. RU 2011178236/05 ot 11.04.2011, opubl. 10.10.2012, biul. №33.

УДК 66.074

## **ABSORPTION IN MODERN PRODUCTIONS**

student Krombet M., PhD, senior lecturer Haidai S.

**National Technical University of Ukraine**

**"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

***Abstract.** A review of the literature on the use of mass transfer equipment in modern industry was conducted and the main features of the absorption columns were identified.*

***Keywords:** ABSORPTION, ABSORBER, INDUSTRY, ABSORBENT.*

## **АБСОРБЦІЯ НА СУЧАСНИХ ВИРОБНИЦТВАХ**

студент Кромбет М., к.т.н., ст. викл. Гайдай С.

***Анотація.** Проведено огляд джерел літератури, щодо застосування масообмінного обладнання у сучасній промисловості та визначено основні особливості абсорбційних колон.*

***Ключові слова:** АБСОРБЦІЯ, АБСОРБЕР, ПРОМИСЛОВІСТЬ, АБСОРБЕНТ.*

A powerful technological surge that lit up the era of the industrial Renaissance of the 18-19th century, naturally pushed researchers and scientists to develop a whole pantheon of new gas cleaning devices, a special place among which was occupied by an absorber - a universal apparatus for effectively capturing unwanted and dangerous gas and micromechanical inclusions.

To understand the topic, let's analyze the concept of absorption. Absorption is the process of selective absorption by a liquid of gases or vapors from gas mixtures. Distinguish between physical absorption and chemisorption. When chemisorption, in addition to the physical dissolution of the gas, its chemical interaction with liquid. The gas component absorbed by the liquid at absorption is called absorbate or absorbent. The liquid in which the absorbate dissolves, it is called an absorbent or absorber. Devices for carrying out absorption are called absorbers. Gas mixture

entering into the absorber for separation, called the initial gas mixture at the outlet from the absorber – purified.

### Scope and purpose of gas absorbers

Industry application	Type of neutralized pollutants
Oil and gas industries	Hydrogen sulfide, amines, naphthenic.
Energy complex	Sulfur oxides, nitrogen oxides, hydrochloric acid, phenols, benzenes, xylene, carbon monoxide, cadmium, mercury
Food sector	Volatiles, oils, syrups, aerosols, starches, sticky dusts, deodorization and removal of smelly compounds
Chemistry and petrochemistry	Acids, alcohols, esters, acetone, halides
Process and mining industries	Corrosive reactive dust and associated gases
Agriculture	Nitrogen, potash, phosphorus, chlorine-containing compounds
Metallurgy	Cleaning and cooling of blast furnace gases, neutralization of carbon, silicon, magnesium compounds, desulfurization of gas streams, galvanic workshops
Chlorine	Purification from hydrogen fluoride, hydrogen chloride, chlorine, fluorine and their compounds

The liquid phase supplied to the absorber is called fresh absorbent, and the liquid phase at the outlet of the absorber – spent absorbent. Solvent (liquid scavenger), containing no dissolved. Substances will hereinafter be referred to as pure absorbent. When conducting absorption, one or more components are absorbed. Gases not absorbed liquid (practically not absorbed) from the mixture during absorption, called inert or carrier gas.

Absorption is a reversible process. The reverse absorption process is called desorption. During desorption, an absorbate can be obtained in pure form or

regenerate the absorbent, thus preparing it for repeated use. In terms of thermodynamics, absorption is an exothermic process. After dissolving in the absorbent, the absorbate turns into a liquid state, resulting in the release of heat of condensation. The condition for the flow absorption is the excess of the partial pressure of the absorbate in a gas mixture over the value of its partial pressure above the surface liquids. Otherwise, the desorption process will take place.

All devices have approximately the same completeness, which may differ slightly (depending on the specific version).

The gas atomizing absorber consists of the following functional units:

- Tower, column or horizontal frame with mass transfer section;
- Water or chemical tank, inlet and outlet pipes, absorbent pump, piping and valves;
- A set of packing bodies (Raschig ring, Pall ring, Intalox saddles or others);
- Nozzle section and mist eliminator;
- pH meter, control panel, power cables and electrical accessories;
- Sludge collector (optionally it can be equipped with an automatic scraper-conveyor sludge remover).

References:

1. Корнієнко Я. М. Процеси та обладнання хімічної технології Навчальне видання. Я. М. Корнієнко, Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульнок, В. Л. Ракицький, Г. Л. Рябцев. – Київ. – 2010.

2. Конструкции и типы абсорберов. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zenit-engineering.ru/company/articles/osnovnoy/konstruktsii-i-tipy-absorberov>. – дата звернення: 23.11.2020.

3. Stepher Hall. Absorbers. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/absorber>. – дата звернення: 23.11.2020.

УДК: 66.045; 621.039.534

## ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ НОВИХ ТЕПЛОНОСІЇВ

к.т.н., пр.н.с Коник А.В., магістрантка Хоменко М. В.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Найбільш поширеним теплоносієм є вода, що пов'язано з її технологічними властивостями, теплофізичними параметрами, розповсюдженістю та економічною обґрунтованістю. Але, на даному етапі відбувається переформатування енергетики, і, однією з проблем, що розв'язується є пошук нових теплоносіїв, з метою зменшення енергетичних втрат та підвищення ККД обладнання в теплотехнологіях.

Визначаючими параметрами для теплоносія є [1]:

1. діапазон робочих температур;
2. теплофізичні та реологічні параметри, оскільки важливим є час, за який здійснюється теплообмін;
3. хімічний склад, що впливає на корозію стінок та виникнення осаду, який створює пристінний шар і в подальшому ускладнює теплообмін й роботу обладнання;
4. безпечність використання, доступність, екологічність та економічна доцільність шуканого теплоносія.

Вода найкращий відомий розчинник. Саме тому, вона використовується як основа при створенні теплоносіїв та теплоакumuлюючих матеріалів. Вода як теплоносій має низку переваг [2]:

- доступність та економічна доцільність: більшість підприємств мають технологічну можливість доступу до підготовленої води, оплата за яку здійснюється в межах визначених державою;
- висока питома теплоємність, що пов'язана з інертністю її молекул;
- екологічність та вибухопожежобезпека.

До недоліків води, як теплоносія відносяться:

- обмеженість діапазону робочих температур: при температурі нижче 0°C відбувається замерзання, що супроводжується розширенням на 9 %, яке викликає руйнування елементів системи. При нагріві від 40...80°C відбувається інтенсивний процес осаду на стінках трубопроводу, що зменшує теплопередачу;

- домішки, що містить вода як розчинник, викликають корозію і осад. Можливий розвиток мікробіології.

Воду використовують, як основу при створенні композицій теплоносіїв. Найпоширеніший з яких - антифриз, оскільки він має більш широкий температурний діапазон застосування в межах від -40 °C до +180 °C. Завдяки збалансованому складу не викликає корозію і розвитку мікрофлори, але має досить високу вартість [3].

Відомі інші композиції теплоносіїв, що дозволяють підвищити ККД обладнання і знизити енергетичні витрати за рахунок зміни реологічних властивостей. Зміна густини, в'язкості, питомої теплоємності теплоносія дозволяє знизити енергоспоживання обладнання. Основним недоліком таких теплоносіїв є висока вартість і необхідність регулярної заміни.

Широке застосування застарілого і нового теплообмінного обладнання в енергетиці, що активно розвивається, сприяє пошуку нових композицій, які вдовольняють виникаючі потреби. Дослідження і наукові пошуки дають можливість змінювати важливі теплофізичні і хімічні параметри теплоносіїв.

#### Перелік посилань:

1. Електронний ресурс: <https://diy.obl.ua/articles/teplonositel-dlya-sistemi-otopleniya-voda-ili-antifriz-20109/>
2. Електронний ресурс: <https://www.teplonositel.com/print.php?id=64>
3. Електронний ресурс: <https://termogorod.ru/stati/teplonositel-dlya-sistemy-otopleniya-voda-ili-antifriz>

**ФОРМУВАННЯ ЛІДЕРСЬКОГО ПОТЕНЦІАЛУ МОЛОДІ  
ЧЕРЕЗ УЧАСТЬ У МІЖНАРОДНИХ ГРАНТОВИХ ПРОГРАМАХ**

доц., к.т.н. Дуда Б.І.

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

2. Education of a new generation of students  
on the principles of global European thinking

***Анотація.** Розглянуто проблеми виховання лідерських якостей у студентів КПІ ім. Ігоря Сікорського. Основну увагу приділено питанням, які саме якості слід виховувати в майбутніх лідерів, які інструменти мають бути задіяні в процесі формування таких якостей, яку роль при цьому може відігравати залучення студентів до участі в програмах міжнародної академічної мобільності та в міжнародних грантових програмах формування лідерських якостей у студентської молоді.*

***Ключові слова:** міжнародні програми, гранти, міжнародна академічна мобільність, лідерський потенціал.*

На початку слід пояснити, для чого і для кого в Україні це потрібно. Для України, і, зокрема, для Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» є вкрай важливим формування нового покоління студентів, молодих вчених і викладачів, вихованих на принципах глобального європейського мислення. Для цього слід всіляко сприяти розширенню участі молоді в міжнародних програмах виховання лідерів. Це мають бути лідери з новою для нашої країни європейською ментальністю, з новими амбіціями, озброєних не лише знаннями в спеціальних технічних сферах, але й важливими для майбутньої управлінської еліти України навичками демократичних і економічних перетворень, державного управління.

Власне, це і є відповіддю на запитання, для чого і для кого це потрібно. Але за ним постає інше: які саме якості потрібні лідеру?

Їх багато, але найпершими у їхньому переліку, є напевно такі:

- високий інтелект, широкий кругозір, аналітичний розум, професійна компетентність;
- здатність швидко вчитися новому, евристичність мислення, вміння генерувати ідеї та організовувати їхнє впровадження у життя;
- вміння працювати в команді, організовувати її роботу і враховувати сильні та слабкі сторони кожного її члена;
- здатність формулювати чіткі цілі і спроможність надихати ними очолювані колективи.

Лідерські якості можуть формуватися за допомогою різних механізмів і в різних сферах освітньої, науково-технічної та соціальної діяльності молодих людей.

Виховувати такі якості у студентів КПІ можливо й шляхом залучення їх до участі у відповідних міжнародних грантових програмах.

Формування лідерських якостей в спеціальних технічних сферах у КПІ не в останню чергу є результатом збереження традицій університету – тих традицій, які закладалися з найперших років його історії.

Вже тоді серед його студентів і випускників були не лише кваліфіковані інженери-інноватори та науковці, але й очільники великих наукових колективів та організатори виробництва, лідери цілих галузей. За прикладами далеко ходити не потрібно: видатні авіаконструктори Ігор Сікорський (чиє ім'я носить тепер університет) та Дмитро Григорович; видатний вчений-металург, організатор та керівник багатьох металургійних заводів та Інституту металургії АН СРСР Іван Бардін; фундатор практичної космонавтики Сергій Корольов; конструктор авіаційних двигунів Архіп Люлька; видатний вчений у галузі гідравліки та гідромеханіки і багаторічний декан механічного факультету КПІ Георгій Сухомел; видатний фахівець у галузі динаміки стійкості складних коливальних систем, генеральний конструктор ракетно-космічної техніки



Володимир Челомей; трохи пізніше – багаторічний Президент Академії наук України, видатний організатор науки, інженер і вчений у галузі електрозварювання Борис Патон та багато-багато інших. Це були особистості, чия діяльність характеризується словами «люди, які змінили світ».

Їхні традиції сьогодні розвиває сучасне покоління інноваторів-підприємців. Успішними представниками молодого покоління інноваторів є, скажімо, Андрій Колодюк, Єгор Анчішкін і багато інших випускників КПІ. Не потребує додаткових коментарів інформація, з якою поділився зі студентами під час свого візиту до КПІ генеральний директор всесвітньовідомої корпорації «Microsoft» Стів Балмер: він розповів, що сьогодні в компанії працює понад 500 випускників Київської політехніки.

Важливим інструментом підтримки цих чудових традицій та формування лідерських якостей молодих людей, які вирішили присвятити себе роботі у сфері науки та технологій, є в КПІ Інноваційна екосистема «Sikorsky Challenge». Її складниками є:

- Стартап-школа Sikorsky Challenge;
- Фестиваль стартап-проектів Sikorsky Challenge;
- бізнес-інкубатор.

Щорічно Стартап-школа Sikorsky Challenge виводить на ринки близько 150 стартап-проектів, які міжнародне журі рекомендує інвесторам для виходу на національні та міжнародні ринки.

Але КПІ ім. Ігоря Скорського може пишатися досягненнями своїх вихованців і у фундаментальних науках, адже серед студентів університету немало чемпіонів і призерів світових олімпіад з математики, програмування, ІТ-технологій. Стати чемпіоном світу серед студентів – це сильний мотиватор формування лідерських якостей.

Виховання лідерських якостей в КПІ здійснюється також через освітній процес, наприклад, через лекційні курси, які викладаються всім студентам університету:

- «Fundamentals of sustainable development»,

- «Startup project management»,
- «Hiroshima-Nagasaki: Peace Study Course» («Хіросіма-Нагасакі: уроки миру», який був імплементований в КПІ завдяки співпраці з Культурним фондом Хіросіми).

Значну роль у цьому плані відіграє також грантова програма ЄС «ERASMUS+ KA1», яка дає можливість, використовуючи механізмами академічної мобільності, долучитися до джерел європейської ментальності саме через освітній процес. При цьому важливою складовою як європейської ментальності, так і світової ідеології «Social Cohesion» є консенсусний підхід.

Ще однією групою інструментів, використання яких дозволяє виховувати у студентів КПІ лідерські якості, є залучення їх до роботи в громадських організаціях, рухах, органах студентського самоврядування тощо.

Скажімо, саме завдяки молодим ентузіастам вже понад 20 років у КПІ діє Український центр гендерної освіти. Упродовж довгого періоду КПІ є тим громадським середовищем в Україні, яке підтримує просування ідей гендерної рівності в Україні. Це, до речі, привело до прийняття Закону України «Про забезпечення рівних прав та можливостей жінок і чоловіків».

Розмірковуючи про шляхи розвитку лідерських якостей студентів, аспірантів і молодих науковців університету, варто зазначити, що сьогодні Україні взагалі, й університету зокрема необхідна допомога у започаткуванні співробітництва саме з міжнародними грантовими програмами формування лідерських якостей молоді, а також з відповідними програмами провідних університетів Європи та США. Це, передусім, програми для країн Чорноморського регіону «Погляд у майбутнє»; Стажування в Раді Європи «Державне управління»; програми Польсько-Американського фонду «Освіта для демократії»; програма Рейнско-Вестфальського технічного університету Ахена (RWTH) «Women in Engineering» («Підтримка жінок в інженерії»); Програма НАТО «Наука заради миру і безпеки»; «US Department of State Leadership Program»; Стипендія Рейгана-Фаселя (США) «Розвиток демократії»; Британські урядові стипендії Chevening Scholarships з державного управління;

програма американської неурядової організації Altas Corps «Навчання демократичних та економічних реформ» тощо.

Окрім цього, багато університетів мають власні подібні програми. Деякі їхні гранти програм наші студенти виграють. Наприклад, у 2018 та 2019 роках дві делегації КПІ чисельністю 60 та 100 студенток, аспіранток і молодих жінок-вчених узяли участь у традиційній Міжнародній конференції Євросоюзу «Perspektywy Women in Tech Summit», яка має гендерну спрямованість і наближає нас до європейських цінностей.

Нині надзвичайно актуальним є завдання забезпечити істотне збільшення учасників подібних програм. Тому КПІ проводить цілеспрямовану роботу щодо залучення студентів до участі у міжнародних студентських обмінах через програми академічної мобільності, у виборюванні грантів у програмах ЄС, інших міжнародних проєктах. І однією з цілей такого залучення є виховання нового покоління молоді та студентів і формування у них лідерських якостей.

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).

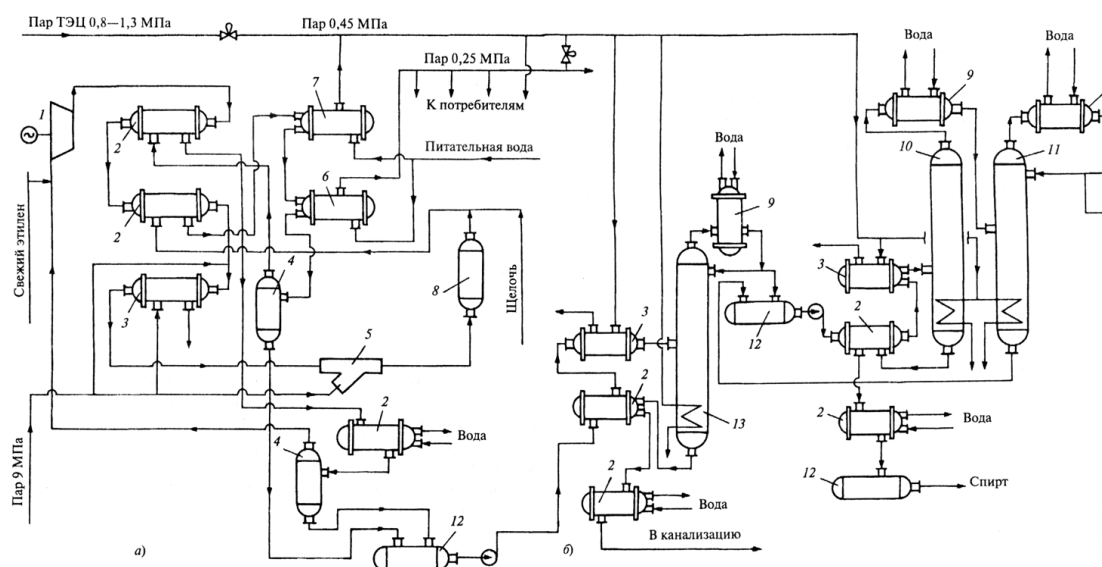


Fig. 1.– Schematic diagram of production of synthetic ethyl alcohol of direct hydration of ethylene: a - contact department; b - rectification department;

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.

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/>

## **OPTION OF USING A PLATE HEAT EXCHANGER FOR MILK PASTERIZATION**

S. Daniuk, student;

O. Seminskyi, PhD, Associate Professor, academic supervisor.

**National Technical University of Ukraine**

**"Igor Sykorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

Pasteurization is a process based on heating of an organic liquid (milk, beer, wine, juices, etc.) to a temperature at which vegetative forms of microorganisms (primarily pathogens) die, but there are no profound changes in the biological and physicochemical properties of the liquid, proteins, vitamins in its composition, as well as smell, color and taste [1].

Ensuring long-term storage of food in airtight containers is achieved by pasteurization or sterilization, resulting microorganisms to cease their activity. Pasteurization is carried out at temperatures of 63...100 °C at atmospheric pressure. On the other hand, sterilization is carried out at temperatures above 100 °C. Pasteurization is performed when the active acidity of the product - pH is below 4,2 (milk, beer, wine, juices, etc.) to suppress mold and yeast, which grow well in an acidic environment. In foods with a pH above 4,2 (canned vegetables, fish, meat), putrefactive, anaerobic and other microorganisms has fine development there, the spores of which are very heat-resistant (for example, pathogens of botulism). Therefore, sterilization is used for such products. [2]

In order to prevent the germination of bacterial spores, pasteurized products are recommended to be stored at low temperatures (4...6 °C) [1].

Pasteurization is the simplest and cheapest way to disinfect milk. Thorough cleaning of milk is required before pasteurization. This is explained by the fact that during the stall keeping, bacteria accessing the milk and keeps building up in it (mainly from manure particles).

When choosing the mode of pasteurization, keep in mind that the higher the processing temperature, the shorter its duration should be. In practice, three modes of pasteurization are used [2]:

1) long pasteurization - milk is heated to 63...65 °C and kept at this temperature for 30 minutes;

2) short-term pasteurization - is carried out at a temperature of 72...75 °C with milk for 15...20 s and is carried out in a stream;

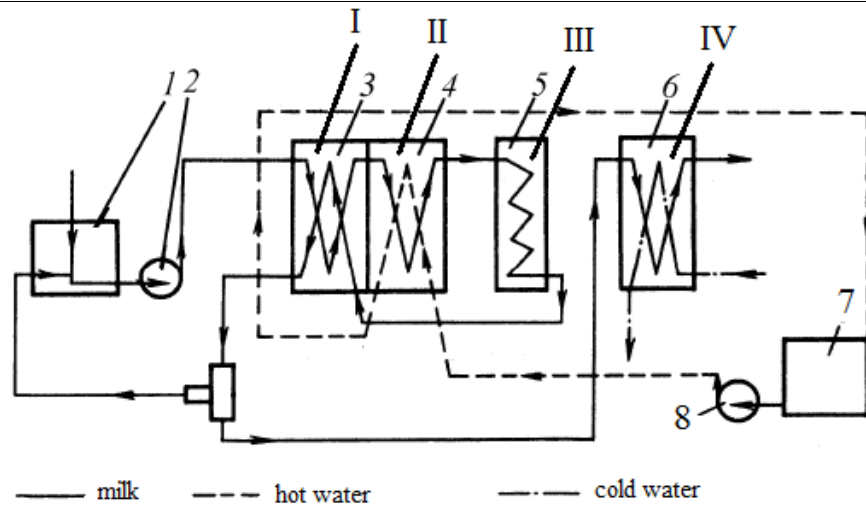
3) instant pasteurization - heating milk to a temperature of 85...90 °C without aging.

The optimal mode of pasteurization is chosen depending on the desired shelf life of milk.

The thermal effect on milk leads to some changes in the substances that make up its composition. The salt composition of milk is disturbed. Soluble phosphate salts become insoluble. The gases dissolved in it evaporate from the milk. From the partial folding of proteins and the formation of insoluble salts on the surface of heating devices, a sediment is deposited - milk stone. Heating to high temperatures (80...85 °C) adds a special taste and aroma to milk, which increase as the temperature rises [3].

The most effective equipment for the pasteurization of milk, in terms of energy consumption and processing time, are plate pasteurization and cooling units (Fig. 1) [2]. In the assembled installation, the plates are grouped into heat exchange sections. The milk enters the receiving tank, in which a constant level is maintained by means of a float regulator. The centrifugal pump takes milk from the tank and delivers it to the recuperation section I of the heat exchanger, where the milk is heated to 40...45 °C. Further, the milk passes through the internal channel to the pasteurization section II, where it is heated with water (80 °C) to 71...73 °C. Milk is kept at pasteurization temperature in section III, and is sent for cooling first to recuperation section I, and then to water cooling section IV. Milk cooled to 4...6 °C passes through a rotary valve, which directs the milk flow into storage tanks.





1 - receiving tank; 2 - the pump for milk; 3 - recovery section; 4 - section of pasteurization; 5 - holder; 6 - cooling section; 7 - hot water tank; 8 - water pump.

Figure 1. - Schematic diagram of a pasteurization and cooling plant for drinking milk.

### References:

1. Krus G.N., Tinyakov V.G., Fofanov Y.F. *Technologia pervichnoi obrabotki i pererabotki moloka*. M.: Agropromizdat, 1986. - 280 p.
2. Vedishchev S.M., Milovanov A.V. *Mechanizatsiya pervichnoi obrabotki i pererabotki moloka*. Textbook. - Tambov: Izd-vo FGBOU VPO "TSTU", 2012. – 152 p.
3. Tverdokhleб G.V., Sazhinov G.Y., Ramanaukas R.I. *Technologia moloka i molochnih produktov*. M.: DeLi print, 2006. - 616 p.

UDC 66.045.1

## MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER IN THE SCHEME OF PRODUCTION OF SUSPENSION POLYSTYRENE

Student Virych S., Ph.D., Associate Professor Shved M.P.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

*Abstract.* The basic modern directions of improvement of the equipment for production of suspension polystyrene are resulted. Particular attention is paid to the most common shell-and-tube heat exchanger. The algorithm of features of preparation, cooling and granulation of polystyrene in the operating mode is considered. Identified ways to improve the process.

*Key words:* heat exchanger, polystyrene, suspension.

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООБМІННИКА В СХЕМІ ВИРОБНИЦТВА СУСПЕНЗІЙНОГО ПОЛІСТИРОЛУ

студент Вірич С., к.т.н., доц. Швед Микола Петрович

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

*Анотація.* Наведені основні сучасні напрямки удосконалення обладнання для виробництва суспензійного полістиролу. Особливу увагу приділено найбільш поширеному кожухотрубному теплообміннику. Розглянутий алгоритм особливостей підготовки, охолодження та грануляції полістиролу в робочому режимі. Визначені шляхи покращення процесу.

*Ключові слова:* теплообмінник, полістирол, суспензія.

Polystyrene - a polymerization product of styrene (vinylbenzene) belongs to the class of polymers of thermoplastics. Widespread use of polystyrene and plastics based on it is based on its low cost, ease of processing and a huge range of different brands. It is used to make plastics, which are widely used in the electrical industry, for the manufacture of household items, utensils, lenses, etc.

Consumption and production of polystyrene is increasing every day, so there is a need to improve the equipment for its production. Modernization of heat transfer processes, which are an essential part of polystyrene production, will intensify the process of polystyrene production in general.

Styrene and polystyrene do not dissolve in water, therefore styrene polymerization can be carried out in an aqueous medium. To prevent adhesion of polystyrene particles with underpolymerized particles, substances called suspension stabilizers or suspending agents are used. Magnesium hydroxide  $Mg(OH)_2$ , barium sulfate  $BaSO_4$  and polyvinyl alcohol containing 10-14% acetate groups are used as such substances. Suspension agents do not dissolve in the monomer, but only increase the viscosity of the water. Each drop of monomer is a small block in which polymerization takes place. The drop is surrounded by an inert environment that prevents sticking.

The technological process of obtaining suspension polystyrene (Fig. 1) consists of the following stages: preparation of raw materials; polymerization of styrene; washing, drying, mixing, dyeing and granulating polystyrene.

Preparation of raw materials consists in purifying styrene from an inhibitor, obtaining demineralized water and preparing a solution of suspending substances. If styrene has additives that prevent it from polymerization, it must be purified by distillation. Styrene does not require special cleaning, which comes into production without an inhibitor or immediately after production.

Polymerization of styrene is carried out in reactors 4 with a capacity of 10-20  $m^3$ , made of stainless steel. After carrying out one or several operations, the accumulated polymer layer must be removed mechanically or by dissolving in

organic solvents. After the end of the polymerization, cooling is carried out to 50° C by supplying cold water to the reactor jacket.

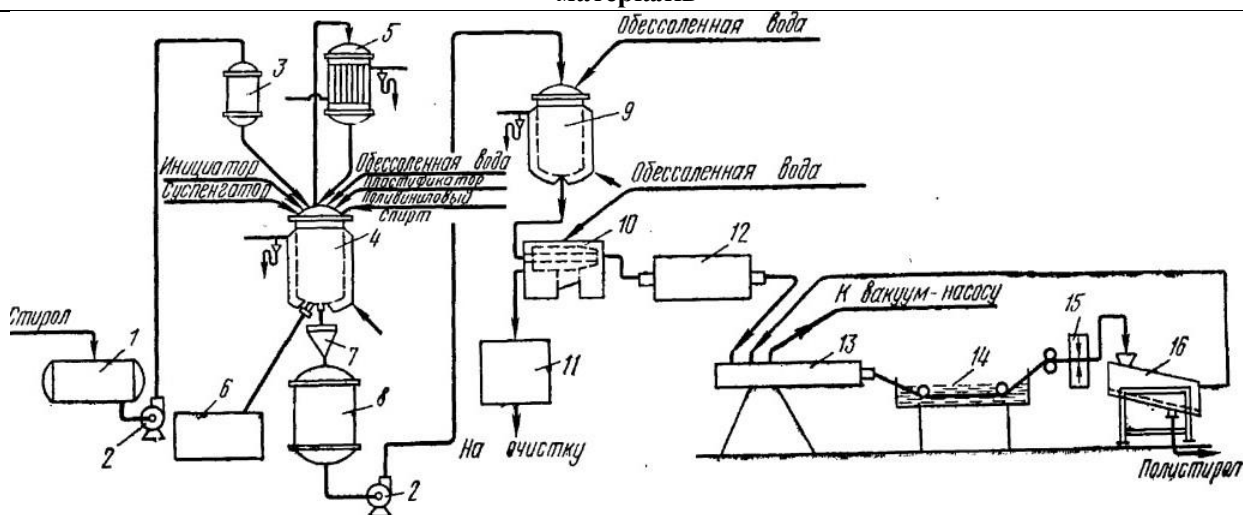
After cooling, the suspension is fed through a sieve 7 to a receiver 8, from where it is pumped by a pump 2 into a washer 9, into which demineralized water is supplied.

From the washer, the mass is fed into a continuous centrifuge 10, where the beads are separated from the water. The test solution from the centrifuge continuously enters the collection 11, from which it goes to the wastewater treatment plant. Polystyrene from the centrifuge with a moisture content of up to 2% continuously enters the rotating drum dryer 12. The air heated to 110-120° C is supplied to the drum. Polystyrene is dried to a moisture content of 0.2% and is fed to the hopper through the discharge chute.

From the hopper, polystyrene enters a rotating mixer, where the required amount of zinc stearate, dye and other additives is loaded. After mixing, the mixture is fed into the funnel of the extruder 13. The temperature in the extruder is maintained at 185-230° C.

Having passed the heating zones, the molten mass is squeezed out by a screw through a matrix with a large number of holes in the form of rods into a cooled water bath 14. The resulting rods are pulled by rolls and enter the granulator 15, where they are cut into granules 3-4 mm long. The granules are sieved on a 16 vibrating sieve in order to separate non-standard granules, which are re-extruded.

Standard pellets are fed into silos. Granular polystyrene is loaded into paper flies with an inner polyethylene coating. The bags are sewn up on sack sewing machines and delivered to the warehouse.



1-container for styrene, 2-centrifugal pump, 3-styrene measure, 4-reactor-polymerizer, 5-refrigerator, 6-emergency capacity, 7-sieve, 8- suspension receiver, 9-washer, 10- centrifuge, 11-solution collector, 12-drum dryer, 13-extruder, 14-water bath, 15-granulator, 16- vibrating sieve

Figure 1.— Slurry polystyrene production process diagram.

### References:

1. Пик И.Ш., Азерский С.А. Технология пластических масс М. Высшая школа, 1975г. 174 с.

**СЕКЦІЯ 2**

**«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»**

UDC 676.22.06

## RESEARCH OF MODERN MANUFACTURING TRENDS AND PAPER CONSUMPTION

student Skripnik R., Anaschenko A., senior lecturer, Ph.D. Ploskonos V.G.

National Technical University of Ukraine

"The Igor Sykorsky Polytechnical Institute of Kyev"

*Анотація.* В ході проведення дослідження встановлено, що на сучасному етапі розвитку суспільства склались об'єктивні фактори, які потребують удосконалення якості паперу для друку, а також процесів його виробництва [1,2]. Аналіз наявної інформації показує [3], що сучасне виробництво паперу для друку орієнтоване на випуск різноманітного асортименту його видів і марок, що вирізняються композицією, масою площі  $1 \text{ м}^2$  і товщиною, іншими властивостями в залежності від призначення, а також основних видів друку (глибокого, високого, офсетного) і устаткування, що застосовується для виготовлення поліграфічної продукції. Саме таким може бути папір для офсетного друку зниженої маси площі  $1 \text{ м}^2$  з високим рівнем структурно-механічних і друкарських властивостей. Застосування такого паперу дає змогу знизити питомі витрати його на одиницю друкованої продукції з одночасним зниженням її маси (наприклад, підручників) і витрат, пов'язаних із транспортуванням і зберіганням, а її виробництво має бути економічно доцільним в умовах паперової галузі країни.

*Ключові слова:* папір для друку, фізико-механічні показники, види друку, папір зниженої маси площі  $1 \text{ м}^2$ .

*Summary.* In the course of the research it was found that at the present stage of society development there are objective factors that need to improve the quality of printing paper and its production processes [1,2]. Analysis of the available information shows [3] that modern production of printing paper is focused on the

*production of a wide range of its types and brands, differing in composition, weighing 1 m<sup>2</sup> and thickness, other properties depending on the purpose, as well as the main types of printing (gravure, high, offset) and equipment used for the manufacture of printing products. Such can be the paper for offset printing of reduced mass of area 1m<sup>2</sup> with high level of structural-mechanical and printing properties. The use of such paper makes it possible to reduce the specific cost of it per unit of printed matter while reducing its weight (such as textbooks) and the costs associated with transportation and storage, and its production should be economically feasible in the country's paper industry.*

**Key words:** *printing paper, physico-mechanical parameters, types of printing, paper of reduced mass area 1m<sup>2</sup>.*

At the present stage, there are objective factors that need to improve the quality of printing paper, as well as its production processes [1,2].

Analysis of the available information shows [3] that modern production of printing paper is focused on the production of a wide range of its types and brands, differing in composition, weighing 1 m<sup>2</sup> and thickness, other properties depending on the purpose, as well as the main types of printing (gravure, high, offset) and equipment used for the manufacture of printing products.

Offset printing paper, which is one of the most widely used for multi-circulation printing of magazines, children's books, school books, literatures, art reproductions, posters, other products, must have the necessary mechanical strength of the surface, structural, optical, printing properties, be characterized by uniformity of these along and across the paper web, with stable linear dimensions during wetting and subsequent drying.

At the same time, the development of electronic media and the fierce competition with them, new ways of printing make the necessary requirements for paper for printing. Among the main requirements are the following: new approaches to print paper as a modern medium; strict environmental control, which is a factor in creating new technologies and expanding its range; providing the necessary complex



of consumer, printing and sanitary-hygienic properties; increasing competitiveness by reducing the payback period of investments and the size of operating costs.

Requirements for the consumer and performance properties of printing paper are constantly increasing. They relate to the quality of the paper and its assortment, and are dictated by the intensive development of printing techniques, reproduction equipment and office equipment. Increasing the speed of printing, reproduction of documentation in combination with the perfect quality of print and color rendering, the development of artistic printing requires the provision of a whole set of indicators that determine the suitability of paper for printing in new operating conditions.

This set of indicators, first of all, is related to the structural and physical properties of printing paper - porosity, smoothness, surface roughness and strength, the ability to absorb water and oil, the stability of the linear size of the sheet. The paper must also have an adequate level of whiteness, flakiness, opacity, linear deformation, absorbency, uniformity of microstructure and stability of these properties in the longitudinal and transverse directions of the paper web, their invariability over time.

Meeting these requirements requires new solutions in the technology of production and selection of appropriate fibrous raw materials, fillers, chemical sizing and binders, paper and process equipment, degree of automation, process control and quality of finished products.

These trends of rapid development of printing technology indicate the need for a comprehensive approach to solving cross-industry problems and to consider printing technique as a single system "paper-ink-machine", starting with the development and production of paper bases and ending with the problems of training and skills development.

More than 85% of Ukraine's need for printing paper is covered by imports. The main reasons limiting the growth of its production are:

- lack of proper fiber semi-finished products of the required quality in the country;

- investment deficit in the development of the industry;

- lack of modern paper and technological equipment for production and processing of paper, which should withstand competition with similar products of countries with highly developed pulp and paper industry.

Therefore, in our opinion, one of the strategic and priority directions of development of the paper industry of the country should be the production of special small-tonnage and high-quality types of paper for the production of printing products.

Such can be the paper for offset printing of reduced mass of area  $1\text{m}^2$  with high level of structural-mechanical and printing properties.

The use of such paper makes it possible to reduce the specific cost of it per unit of printed matter while reducing its weight (such as textbooks) and the costs associated with transportation and storage, and its production should be economically feasible in the country's paper industry.

Thus, the study generalized the requirements for the manufacture of paper for printing a reduced mass of  $1\text{ m}^2$  closed structure with uniform and stable quality indicators that meet the requirements of manufacturing various printing products: encyclopedic, bibliographical publications, dictionaries, books and magazines, textbooks.

### References

1. *Primakov SP, Barbash VA Paper and cardboard technology: A guide for universities in Kiev. ECMO - 2008. - 396 p.*
2. *Ivanov SN Paper technology. - M.: Easy. 2006, 696 p.*
3. *Bondarev A. Review of the world market for coated papers // Paper and Life. K.: 2002. - № 10. - p. 14-18*

**СЕКЦІЯ 4**

**«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»**

УДК 531/534

## EULER'S KINEMATIC EQUATIONS

Student Muzyka S.M., senior lecturer, Ph.D. Shtefan N.I.

**National Technical University of Ukraine**

**"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

*Annotation.* The work considers the obtaining and analyzes the kinematic equations of Euler, which are projections of angular velocities on the axis of a moving and stationary coordinate system. These equation are obtained talking into account guiding consumes, for Euler angles. In this case, a large mathematical apparatus was used.

*великий математичний апарат.*

**Key words:** angular velocity, Euler angles, Euler-Krylov angles, direction cosine matrix.

## КІНЕМАТИЧНІ РІВНЯННЯ ЕЙЛЕРА

студентка Музика С.М., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

**Національний технічний університет України**

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

**Анотація.** В роботі розглянуто отримання і проаналізовано кінематичні рівняння Ейлера, які представляють собою проекції кутових швидкостей на осі рухомої і нерухомої системи координат. Ці рівняння отримані з урахуванням напрямних косинусів, наприклад, для кутів Ейлера. При цьому застосовано великий математичний апарат.

**Ключові слова:** кутова швидкість, кути Ейлера, кути Ейлера-Крилова, матриця напрямних косинусів.

Consider obtaining the kinematic equations of Euler, realizing that they are the initial stage in the compilation of different equations of motion of rigid objects, which is common in engineering problems.

Let's start a mathematical study to find the projections of the angular velocities of a rigid object, for example, on an axis  $Ox$ ,  $Oy$ ,  $Oz$ . In this case, one can use the relations known for mathematics, from which we have:

$$\begin{aligned}\omega_x &= \vec{k} \cdot \frac{d\vec{j}}{dt} = k_\xi \cdot \left(\frac{d\vec{j}}{dt}\right)_\xi + k_\eta \cdot \left(\frac{d\vec{j}}{dt}\right)_\eta + k_\zeta \cdot \left(\frac{d\vec{j}}{dt}\right)_\zeta, \\ \omega_y &= \vec{l} \cdot \frac{d\vec{k}}{dt} = l_\xi \cdot \left(\frac{d\vec{k}}{dt}\right)_\xi + l_\eta \cdot \left(\frac{d\vec{k}}{dt}\right)_\eta + l_\zeta \cdot \left(\frac{d\vec{k}}{dt}\right)_\zeta, \\ \omega_z &= \vec{j} \cdot \frac{d\vec{l}}{dt} = j_\xi \cdot \left(\frac{d\vec{l}}{dt}\right)_\xi + j_\eta \cdot \left(\frac{d\vec{l}}{dt}\right)_\eta + j_\zeta \cdot \left(\frac{d\vec{l}}{dt}\right)_\zeta.\end{aligned}\tag{1.1}$$

If we take into account that  $\left(\frac{d\vec{l}}{dt}\right)_\xi = \frac{d(\vec{l}_\xi)}{dt}$  and etc., then, using the direction cosine matrix (coordinate transformation matrix), expression (1.1) can be written in the form:

$$\begin{aligned}\omega_x &= a_{13}\dot{a}_{12} + a_{23}\dot{a}_{22} + a_{33}\dot{a}_{32}, \\ \omega_y &= a_{11}\dot{a}_{13} + a_{21}\dot{a}_{23} + a_{31}\dot{a}_{33}, \\ \omega_z &= a_{12}\dot{a}_{11} + a_{22}\dot{a}_{21} + a_{32}\dot{a}_{31}.\end{aligned}\tag{1.2}$$

Substituting the direction cosines into formula (1.2), for example, for the Euler-Krylov angles, after elementary but cumbersome mathematical transformations, we obtain:

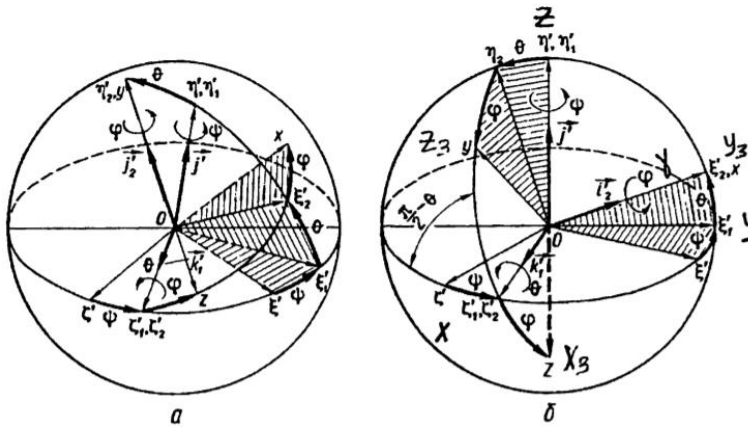
$$\begin{aligned}\omega_x &= \dot{\Psi} \sin \theta + \dot{\varphi}, \\ \omega_y &= \dot{\Psi} \cos \theta \cos \varphi + \dot{\theta} \sin \varphi, \\ \omega_z &= -\dot{\Psi} \cos \theta \sin \varphi + \dot{\theta} \cos \varphi.\end{aligned}\tag{1.3}$$

Obviously, similar relations can also be obtained for the projections  $\omega_\xi, \omega_\eta, \omega_\zeta$  of the vector  $\vec{\omega}$  onto the fixed axes  $O\xi', O\eta', O\zeta'$ .

Each angle of rotation  $\psi, \theta, \varphi$  (Pic. 1, a) is assigned a vector of angular velocity  $\vec{j}'\dot{\Psi}, \vec{k}'_1\dot{\theta}, \vec{j}'_2\dot{\varphi}$ , if Euler angles are specified, and  $\vec{j}'\dot{\Psi}, \vec{k}'_1\dot{\theta} + \vec{l}'_2\dot{\varphi}$  - in the case of specifying the Euler-Krylov angles (Pic. 1, b). Here  $\vec{j}', \vec{k}'_1, \vec{j}'_2, \vec{l}'_2$  - unit vectors of the corresponding axes along which the angular velocities  $\dot{\Psi}, \dot{\theta}, \dot{\varphi}$  are directed in the given cases of specifying the angles of rotation of the object. Since sliding vectors intersect at one point, they are added according to the parallelogram rule, and the

angular velocity vector, as a sliding vector, with spherical motion can be considered similarly and represented in the form

$$\vec{\omega} = \vec{j}'\dot{\Psi} + \vec{k}'_1\dot{\theta} + \vec{j}'_2\dot{\varphi}. \quad (1.4)$$



Pic. 1

For any method of defining the motion of a rigid body, there is always a relation of the form:

$$\omega = \vec{i}\omega_x + \vec{j}\omega_y + \vec{k}\omega_z = \vec{i}'\omega_{\xi'} + \vec{j}'\omega_{\eta'} + \vec{k}'\omega_{\zeta'}. \quad (1.5)$$

Projecting the vector equations (1.4) on the axis of the  $xyz$  coordinate systems and using the basic formula of spherical trigonometry, for the Euler angles we obtain the following relations:

$$\begin{aligned} \omega_x &= \dot{\Psi} \sin \theta \cos \varphi - \dot{\theta} \sin \varphi, \\ \omega_y &= \dot{\varphi} + \dot{\Psi} \cos \theta, \\ \omega_z &= \dot{\Psi} \sin \theta \sin \varphi + \dot{\theta} \cos \varphi. \end{aligned} \quad (1.6)$$

For the Krylov angles, we immediately find expressions (1.3) from pic. 1.1, b.

If we are interested in the projections of angular velocities on fixed axes, then, for example, to set the Krylov angles (Pic. 1, b) they will have the form:

$$\begin{aligned} \omega_{\xi'} &= \dot{\varphi} \cos \theta \cos \psi - \dot{\theta} \sin \psi, \\ \omega_{\eta'} &= \dot{\Psi} + \dot{\varphi} \sin \theta, \\ \omega_{\zeta'} &= -\dot{\varphi} \cos \theta \sin \psi + \dot{\theta} \cos \psi. \end{aligned} \quad (1.7)$$

Note that obtaining the kinematic equations of Euler is the initial stage in the compilation of differential equations of motion of solid objects.

УДК 531/534

## DEFINITION THE CENTROID ARE OF CIRCLE, CIRCULAR SECTOR

student Vakulina A. D., Doctor of philosophy,

Associate Professor Shtefan N.I.

**National Technical University of Ukraine**

**"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

*Annotation.* There are some ways in order to reach center of gravity some of the figures, an enormous arc of both circle and circular sector. Centroid can be used particularly during the practical engineering design. Papp-Guldin theorems are connected with a definition center-position of gravity some of the figures and lines. There are some another ways will be represent in this article.

**Key words:** centroid, Papp-Guldin theorems, geometrical center-position of gravity, arc of circle, circular sector.

## ВИЗНАЧЕННЯ ЦЕНТРА ВАГИ ДУГИ КОЛА, КОЛОВОГО СЕКТОРА

студентка Вакуліна А.Д., к.т.н., доцент Штефан Н.І

**Національний технічний університет України**

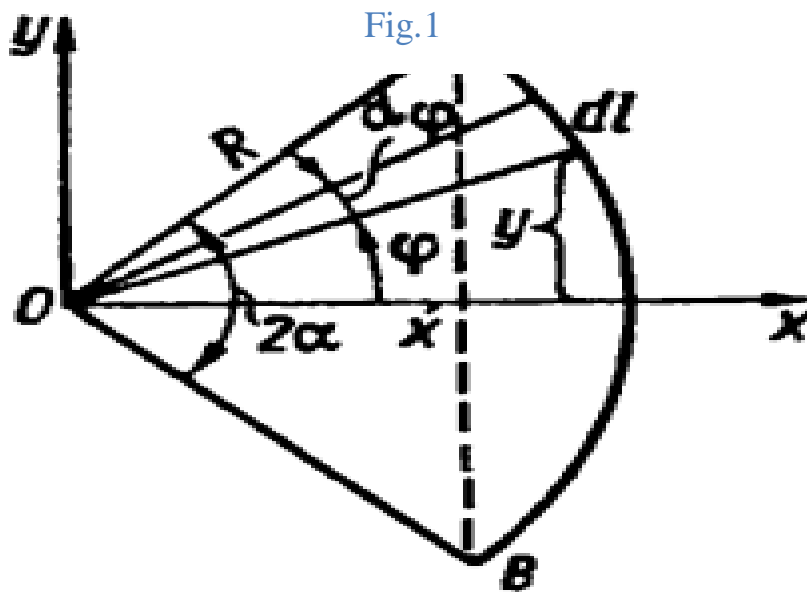
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

*Анотація.* В роботі розглянуто отримання центрів ваги деяких фігур, а саме дуги кола і колового сектора. Центр ваги фігури (тіла) досить часто доцільно використовувати в практичних інженерних розрахунках. З питаннями визначення положення центрів ваги деяких фігур і ліній пов'язані теореми Паппа-Гульдїна. Але існують й інші способи, які ми продемонструємо.

**Ключові слова:** центр ваги, теореми Паппа-Гульдїна, геометричне положення центрів ваги, дуга кола, коловий сектор.

In the work will be analyzed questions in order to reach center of gravity some of the figures, an enormous arc of both circle and circular sector. Sometimes the results are important to use during the solving some engineering tasks, particularly static and dynamic for solid-state object and the system of solid objects.

**Definition the centroid arc of circle.** In order to define the centroid arc of circle was analyzed arc of circle AB with a radius R and the center angle  $2\alpha$ . As arc of circle is symmetric about the x-axis, centroid arc of circle is on the x-axis.



This means  $y_c = 0$ , therefore importance to find  $x_c$  (fig.1).

We use formula for centroid line accepting  $x = R \cos \varphi$ ;  $l = 2R\alpha$ ;  $dl = R d\varphi$ :

$$x_c = \frac{\int_A^B x dl}{l} = \frac{\int_{-\alpha}^{\alpha} R \cos \varphi R d\varphi}{2R\alpha} = \frac{R \sin \alpha}{\alpha} = \frac{R \cdot 2R \sin \alpha}{2R\alpha}, \quad (1)$$

where  $\alpha$  – half of central angle in radians.

Actually, for centroid arc half of circle  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  is

$$x_c = \frac{2R}{\pi}. \quad (2)$$

Suppose the distance between centroid arc half of circle and diameter is  $x_c$ .

If arc half of circle twist around diameter, where it fixed, can be received sphere.

According to  $S = 2\pi x_c l$  is

$$4\pi R^2 = 2\pi x_c \cdot \pi R. \quad (3)$$

Hence



$$x_c = \frac{2R}{\pi}. \quad (4)$$

**Centroid of the circular sector.** Suppose there is circular sector with a central angle  $2\alpha$  and radius  $R$  (fig.2).

Mark an elementary sector (shaded area in fig.2), which can be determined as isosceles triangle, where high and median line are the same. So, centroid of each elementary triangle is equally distant  $\frac{2}{3}R$  from the origin of coordinates. Respectively geometrical center-position of gravity for all over elementary

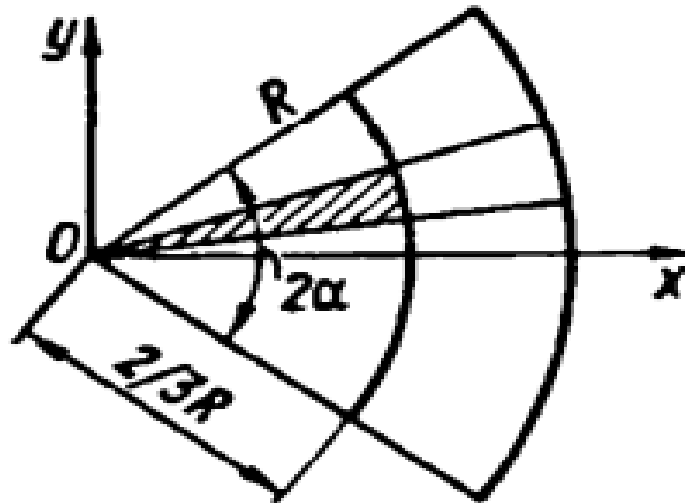


Fig.2

triangles is arc of circle.

This means centroid of the square for circle sector can be found as centroid of mass line, where constantly and evenly distributed centroid sector.

As result we have

$$x_c = \frac{2}{3} R \frac{\sin \alpha}{\alpha}, \quad (5)$$

where  $\alpha$  – half of central angle in radians.

Actually, for sector in half-circular form  $\alpha = \frac{\pi}{2}$  receive

$$x_c = \frac{4R}{3\pi}. \quad (6)$$

УДК 531/534

## THE VALUE OF THE COSINES OF THE CUTS BETWEEN THE COORDINATE AXES

**Student Lozovenko O.S. Doctor of philosophy, Associate Professor Shtefan N.I.  
National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"**

*Annotation.* The problem of the motion of a rigid body in space is extremely important in practice. If the matrix of coordinate transformation in the transition from a moving to a fixed coordinate system is known, this problem can be solved. But a matrix of guide cosines must be constructed beforehand. In this paper, we consider the matrix method of determining the table of guide cosines.

*Keywords:* free solid, coordinate transition matrix, guide cosine matrix, moving coordinate system, fixed coordinate system.

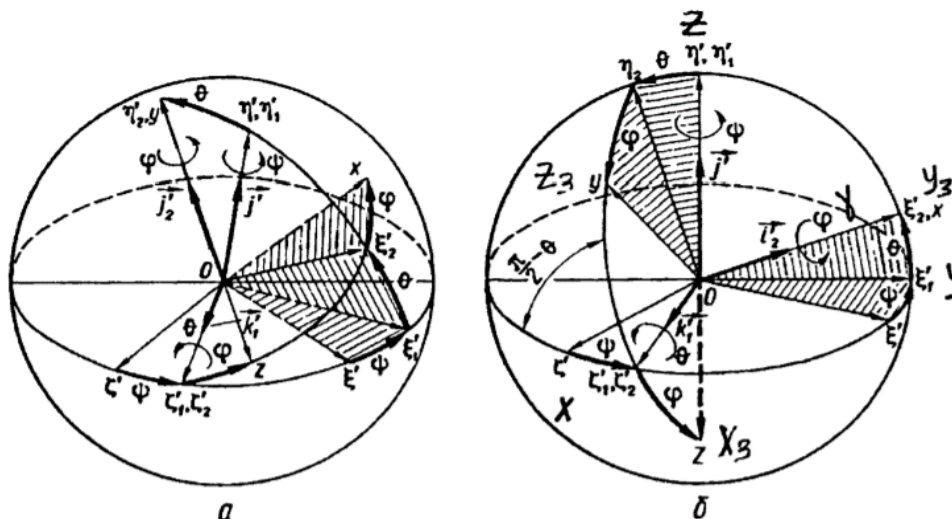
## ВИЗНАЧЕННЯ КОСИНУСІВ КУТІВ МІЖ ОСЯМИ КООРДИНАТ

**Студентка Лозовенко О.С. Доктор філософії, доцент Штефан Н.І.  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут Ігоря Сікорського"**

*Анотація.* Задача про рух твердого тіла у просторі має надзвичайно важливе практичне значення. Якщо відома матриця перетворення координат при переході від рухомої до нерухомої системи координат, то ця задача може бути розв'язаною. Але попередньо має бути побудована матриця напрямних косинусів. В даній роботі розглянуто матричний метод визначення таблиці напрямних косинусів.

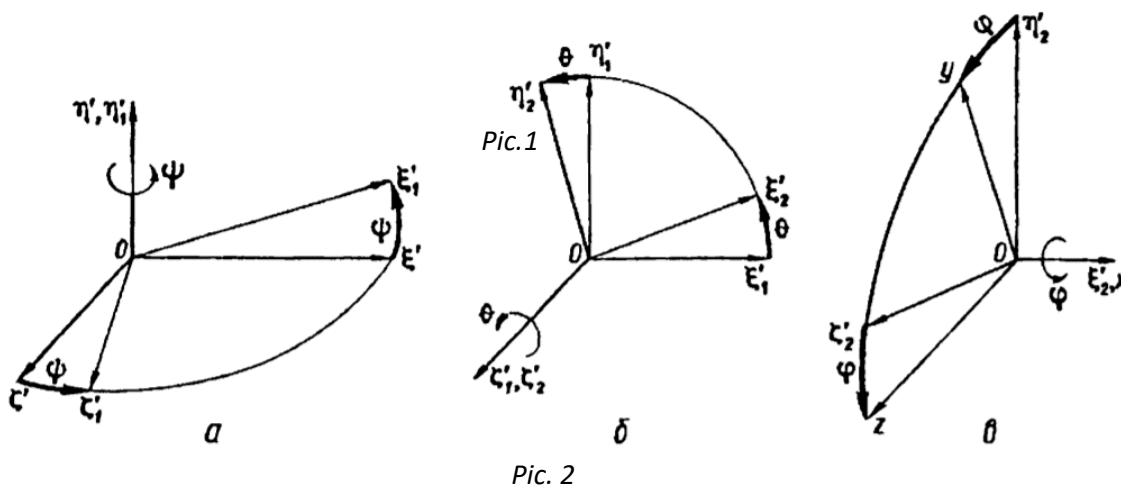
*Ключові слова:* вільне тверде тіло, матриця переходу координат, матриця напрямних косинусів, рухома система координат, нерухома система координат.

Let us investigate the matrix method of determining the table of directing cosines, which is often necessary to apply when solving a number of engineering problems. This method is based on the fact that a matrix is built sequentially for each turn  $\bar{B}_k$  ( $k = 1, 2, 3$ ) transformation of coordinates, and then by multiplying them we



find the resulting transformation matrix.

We perform these operations, for example, for the Euler - Krylov angles (Pic. 1, b). To compile simple matrices  $\bar{B}_k$  ( $k = 1, 2, 3$ ) it is expedient to represent graphically separately position of axes corresponding to each turn (Pic.2).



$$\begin{aligned}
 [\xi', \eta', \zeta']^T &= \bar{B} [\xi'_1, \eta'_1, \zeta'_1]^T; \\
 [\xi'_1, \eta'_1, \zeta'_1]^T &= \bar{B}_2 [\xi'_2, \eta'_2, \zeta'_2]^T; \\
 [\xi'_2, \eta'_2, \zeta'_2]^T &= \bar{B}_3 [x, y, z]^T.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Here in rectangular brackets are taken matrices-columns of coordinates, and through  $\bar{B}_1, \bar{B}_2, \bar{B}_3$  marked conversion matrices corresponding to the first, second and third turns (pic. 2).

Substituting in (1) the intermediate coordinates are  $\xi'_1, \eta'_1, \zeta'_1$  і  $\xi'_2, \eta'_2, \zeta'_2$ , obtained

$$[\xi', \eta', \zeta']^T = \bar{B}_1 [\xi'_1, \eta'_1, \zeta'_1]^T = \bar{B}_1 \bar{B}_2 [\xi'_2, \eta'_2, \zeta'_2]^T = \bar{B}_1 \bar{B}_2 \bar{B}_3 [x, y, z]^T, \tag{2}$$

$$[\xi', \eta', \zeta']^T = \|a_{ij}\| [x, y, z]^T = \bar{B} [x, y, z]^T, i, j = 1, 2, 3. \tag{3}$$

Comparing (2) and (3), we see that:

$$[\xi \eta \zeta]^T = \bar{B} [x, y, z]^T, \tag{4}$$

where  $\bar{B} = \bar{B}_1 \bar{B}_2 \bar{B}_3$ .

Therefore, each of the turns corresponds to a certain table of guide cosines (table 1-3)

Вісь	$O\xi'_1$	$O\eta'_1$	$O\zeta'_1$
$O\xi'$	$\cos \psi$	0	$\sin \psi$
$O\eta'$	0	1	0
$O\zeta'$	$-\sin \psi$	0	$\cos \psi$

1-й поворот на кут  $\psi$

Вісь	$Ox$	$Oy$	$Oz$
$O\xi'_2$	1	0	0
$O\eta'_2$	0	$\cos \varphi$	$-\sin \varphi$
$O\zeta'_2$	0	$\sin \varphi$	$\cos \varphi$

3-й поворот на кут  $\varphi$

Вісь	$O\xi'_2$	$O\eta'_2$	$O\zeta'_2$
$O\xi'_1$	$\cos \theta$	$-\sin \theta$	0
$O\eta'_1$	$\sin \theta$	$\cos \theta$	0
$O\zeta'_1$	0	0	1

2-й поворот на кут  $\theta$

So the matrix, the matrix  $\bar{B}$  calculate by multiplying  $\bar{B}_1, \bar{B}_2, \bar{B}_3$

$$\bar{B} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} = \bar{B}_1, \bar{B}_2, \bar{B}_3.$$

Using the rules of vector-matrix algebra, we can calculate the elements of the matrix  $\bar{B} = \bar{B}_1, \bar{B}_2, \bar{B}_3$  (table 4). Similarly, we obtain a table of guide cosines for Euler angles (table 5)

Вісь	$Ox$	$Oy$	$Oz$
$O\xi'$	$\cos \theta \cos \psi$	$\sin \psi \sin \varphi -$ $-\cos \psi \cos \varphi \sin \theta$	$\sin \psi \cos \varphi +$ $+\cos \psi \sin \varphi \sin \theta$
$O\eta'$	$\sin \theta$	$\cos \theta \cos \varphi$	$-\cos \theta \sin \varphi$
$O\zeta'$	$-\cos \theta \sin \psi$	$\cos \psi \sin \varphi +$ $+\sin \psi \cos \varphi \sin \theta$	$\cos \psi \cos \varphi -$ $-\sin \psi \sin \varphi \sin \theta$

Table 5

Вісь	$Ox$	$Oy$	$Oz$
$O\xi'$	$-\sin \psi \sin \varphi +$ $+\cos \psi \cos \varphi \cos \theta$	$-\cos \psi \sin \theta$	$\sin \psi \cos \varphi +$ $+\cos \psi \sin \varphi \cos \theta$
$O\eta'$	$\sin \theta \cos \varphi$	$\cos \theta$	$\sin \theta \sin \varphi$
$O\zeta'$	$-\cos \psi \sin \varphi -$ $-\sin \psi \cos \varphi \cos \theta$	$\sin \psi \sin \theta$	$\cos \psi \cos \varphi -$ $-\sin \psi \sin \varphi \cos \theta$

## СЕКЦІЯ 1

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

<b>MODERN DIRECTIONS FOR IMPROVING THE ADSORPTION PROCESS</b>	
Trachuk Yehor, Andreiev Igor	4
<b>MAIN DIRECTIONS FOR IMPROVING CONTACT DEVICES OF MASS EXCHANGE COLUMNS</b>	
Sameliuk Oleksandr, Andreiev Igor	7
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОВПЛИВУ ВОЛОГИ І ТЕМПЕРАТУРИ В ЕКСТРУДЕРІ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ЕКСТРУДАТУ</b>	
Іваницький Г.К., Целень Б.Я., Радченко Н.Л.	10
<b>MODERNIZATION OF VAPORIZER FOR METHANOL PRODUCTION PLANT</b>	
Solomonova V.E., Hulienko S.V., Stepaniuk A. R.	12
<b>DRUM DRYER DESIGN MODERNIZATION</b>	
Lytvyn O., Grobovenko J.	16
<b>THE MODERNIZATION OF ISOPROPANOL PRODUCTION PLANT</b>	
Luchko A.T., Hulienko S.V.	20
<b>DRUM DRYER FOR DRYING OF IRON KOLCHEDAN (PYRITE)</b>	
Ovdii D.Yu., Novokhat O.A.	23
<b>ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОКАЛОРИЙНОГО БІОПАЛИВА</b>	
Корінчук Д.М., Сорокова Н. М., Дахненко В.Л.	26
<b>MODERN DIRECTIONS FOR IMPROVING FLAME EXTINGUISHERS</b>	
Kolyadenko Vladislav, Andreiev Igor	30
<b>ОЦІНКА ЯКОСТІ ЧИПСІВ ІЗ ЯБЛУК ОДЕРЖАНИХ КОНВЕКТИВНИМ СПОСОБОМ СУШІННЯ</b>	
Гусарова О.В., Шапар Р.О.	33
<b>РЕАЛІЇ СЬОГОДЕННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ МАЙБУТНЬОГО КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ В БІОЕТАНОЛ ТА ІНШІ ПРОДУКТИ</b>	
Ободович О.М., Сидоренко В.В.	36
<b>СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ ПЛАСТОВИХ ВОД ВІД СІРКОВОДНЮ ОКИСЛЕННЯМ КИСНЕМ ПОВІТРЯ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ</b>	
Ободович О.М., Лимар А.Ю.	39
<b>КАВІТАЦІЙНА ДЕГАЗАЦІЯ РІДИНИ СПОСОБОМ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ</b>	
Целень Б.Я., Радченко Н.Л., Іваницький Г.К.	43

<b>АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПІНОГАСІННЯ В ПРОМИСЛОВОСТІ</b>	
Щепкін В.І., Шуляк В.В., Гартвіг А.П.	46
<b>ВПЛИВ ПІНОУТВОРЕННЯ НА ПЕРЕБІГ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ЙОГО РЕГУЛЮВАННЯ</b>	
Щепкін В.І., Гартвіг А.П., Шуляк В.В.	48
<b>ОСОБЛИВОСТІ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ</b>	
Рубльов А.В., Вольф О.О., Величко Н.М.	50
<b>MODERNIZATION OF THE SUPERPHOSPHATE PRODUCTION PLANT</b>	
Yasenchuk V.V., Hulienko S.V.	52
<b>MODERNIZATION OF THE EVAPORATOR FOR THE PLANT OD BRINE PURIFICATION</b>	
Matvienko A.A., Hulienko S.V., Sachok R.V.	55
<b>MODERNIZATION OF MASH-RECTIFICATION INSTALLATION FOR SEPARATION OF ALCOHOL-WATER MIXTURE</b>	
Kurylenko O., Liubeka A.	58
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ОЦТОВОЇ КИСЛОТИ</b>	
Карагодін А.С., Гулієнко С.В.	61
<b>MODERNIZATION OF CASININE DRYING UNIT</b>	
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ АГРЕГАТА ДЛЯ СУШІННЯ КАЗЕЇНУ</b>	
Shashkov V. O., Marchevskyi V. M.	64
<b>MODERNIZATION OF THE DESIGN OF THE CAP MASS EXCHANGE COLUMN</b>	
Ivanov M., Dvoinos Y.	67
<b>MODERNIZATION OF THE DESIGN OF THE CAP MASS EXCHANGE COLUMN MODERNIZATION OF THE COUPLING DISTRIBUTOR MASS EXCHANGE DEVICE</b>	
Petkov A., Dvoinos Y.	70
<b>МОДЕРНІЗАЦІЯ РІДИННОГО РОЗПОДІЛЬНИКА ДЕСОРБЕРА</b>	
<b>MODERNIZATION OF THE LIQUID DISTORBER DISTRIBUTOR</b>	
Yanytskyi V., Dvoinos Y.	73
<b>MODERNIZATION OF THE PLATE OF THE MASS TRANSFER APPARATUS</b>	
Denysenko D., Dvoinos Y.	76
<b>MODERNIZATION OF THE COAT HEAT EXCHANGER-DEGASSER</b>	
Hushcha M., Dvoinos Y.	79
<b>ABSORPTION IN MODERN PRODUCTIONS</b>	82
Krombet M., Haidai S.	
<b>ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ НОВИХ ТЕПЛОНОСІЇВ</b>	
Коник А.В., Хоменко М. В.	85

**ФОРМУВАННЯ ЛІДЕРСЬКОГО ПОТЕНЦІАЛУ МОЛОДІ  
ЧЕРЕЗ УЧАСТЬ У МІЖНАРОДНИХ ГРАНТОВИХ ПРОГРАМАХ**

Дуда Б.І. 87

**THE PROCESS OF COOLING ETHANOL DURING ITS  
PRODUCTION**

Pechernyi D.V., Novokhat O.A. 92

<b>OPTION OF USING A PLATE HEAT EXCHANGER FOR MILK PASTERIZATION</b>	
S. Daniuk, O. Seminskyi	95
<b>MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER IN THE SCHEME OF PRODUCTION OF SUSPENSION POLYSTYRENE</b>	
Virysh S., Shved M.P.	98

**СЕКЦІЯ 2**

**«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»**

**RESEARCH OF MODERN MANUFACTURING TRENDS  
AND PAPER CONSUMPTION**

Skripnik R., Anaschenko A., Ploskonos V.G. 103

**СЕКЦІЯ 4**

**«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»**

**EULER'S KINEMATIC EQUATIONS**

Muzyka S.M., Shtefan N.I. 108

**DEFINITION THE CENTROID ARE OF CIRCLE, CIRCULAR  
SECTOR**

Vakulina A. D., Shtefan N.I. 111

**THE VALUE OF THE COSINES OF THE CUTS BETWEEN THE  
COORDINATE AXES**

Lozovenko O.S. Shtefan N.I. 114