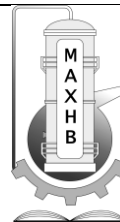




Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-хімічний факультет



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

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

21-22 травня
Київ 2020

УДК 66

ББК 35.11-5я43

О 16

Збірник тез доповідей XXVI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" 21-22 травня 2020 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – 73 с

Збірник тез доповідей XXVI 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

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 № 15

від 14 травня 2020 р р.

СЕКЦІЯ 1

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

UDC 66.023.23

MODERNIZATION OF THE STEAM RECTIFICATION COLUMN

student Khomenko M., assistant professor Ph. D. Stepaniuk A.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Анотація.

Наведено опис модернізації ректифікаційної колони шляхом встановлення ковпачкових тарілок нового виконання. Модернізація кив пачкової тарілки полягає у встановленні горизонтально розташованих решіток по периметру ковпачка, у місці закінчення прорізів ковпачка ректифікаційної колони що дозволить підвищити ефективність роботи шляхом збільшення інтенсифікації процесу масообміну і зменшити чутливість до зміни навантаження.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОВПАЧОК, ТАРИЛКА, МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКТИФІКАЦІЯ

Summary.

The description of the technological scheme of production of dimethyl ketone (acetone) is given and described, the operation of the cap rectification column used in the production, the advantages and disadvantages of its cognition are described. Ways to modernize the cap of the distillation column, which will allow to solve the problem of increasing the intensification of the mass transfer process.

KEYWORDS: DIMETHYLKETONE, ACETONE, TECHNOLOGICAL DIAGRAM, RECTIFICATION

The need for increased quantities of quality lubricants will always be there, because without it, normal operation of most equipment is not possible, so the topic of the diploma project is relevant.

The purpose of the work is to modernize the selective purification plant with phenol and cresol by upgrading the distillation column.

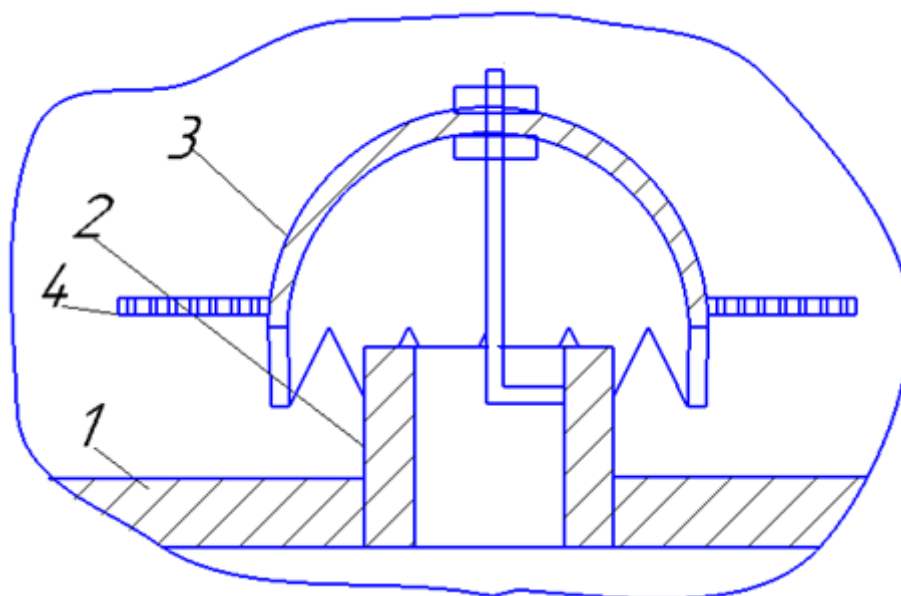
The installation consists of the main sections [1]: absorption of raw materials by phenol and cresol from a vapor of azeotropic mixture of phenol, cresol and water; extraction; regeneration of phenol and cresol from refined dissolution.

Bistillation columns with plates used in the process of selective purification of oils with phenol and cresol. The benefits of using these distillation columns with plates: possibility of qualitative distribution of fractions; ease of manufacture, installation and maintenance; relatively low metal consumption and cost; low hydraulic resistance. The disadvantages of using these distillation columns with plates: relatively small surface area of contact of phases, lower efficiency of the plate and sensitivity to change in load [1].

To improve the performance of the distillation column, upgraded cap plates should be installed. The efficiency of the column will increase by increasing the intensification of the mass transfer process and reducing the sensitivity to change. I propose to install a horizontally spaced lattice along the perimeter of the cap, at the end of the holes of the cap of the rectification column (Figure 1) [2]. Installing the grille will increase the contact surface of the phases. Thus increasing the efficiency without reducing the column performance.

Improved cap plate consists of the body of the plate 1, on which the nozzles are installed 2 with caps 3. To the caps 3 attached grille 4 in a horizontal position relative to the cap (Figure 1).

The plate works as follows: when supplying steam to the column, steam passes through the pipe 2, falls under the cap 3, then the pair passes through the grid 4, this increases the contact area of the phases.



1 – distillation column plate; 2 – nozzle; 3 – cap; 4 – grid

Figure 1 – Improved cap plate

To improve the performance of the distillation column, upgraded cap plates should be installed. The efficiency of the column will increase by increasing the intensification of the mass transfer process and reducing the sensitivity to change.

References:

1. Збірник тез доповідей XXV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" (29-30 листопад 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 106 с
2. Заявка на деклараційний патент України на корисну модель № u 2019 10182 Ректифікаційна колона від 04.10.2019.

UDC 661.727.4

THE MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER DESIGN FOR THE PLANT OF THE ACETONE PRODUCTION BY THE CUMENE PROCESS

student Aitubaiev I.I., assistant professor Ph. D. Hulienko S.V.,

senior lecturer Ph.D Novokhat O.A.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Анотація: Розглянуто питання використання теплообмінних апаратів в установці кумольного методу виробництва ацетону. Проаналізована запатентована конструкція теплообмінника та запропонована його модернізація, спрямована зменшення гідравлічного опору.

Ключові слова: конструкції, теплообмінні апарати, виробництво, ацетон.

Abstract: The question of using the heat exchangers in the plant of the cumene method of the acetone productions is considered The patented design of the heat exchanger was analysed and the modernization was proposed.

Ключові слова: design, heat exchangers, production, acetone (англ)

The acetone is widely used as solvent for the different organic compounds, the nitrates and the cellulose acetate. Due to its low toxicity, it can be used in the food and pharmacological industry. The acetone also is the base for obtaining of the ethenone, the diacetone alcohol, the acetone cyanohydrin and other compounds [1].

The acetone can be obtained by the different methods including the dry distillation of the calcium acetate, the dehydrotation of the propanol and the cumene method. The last one is main and the cheapest industrial methods of the acetone production. In that, the benzene and the propylene are the primary products [1,2].

Certainly, the rectification column is the main element of the plats for the acetone production, but the heat exchangers need the enough attention. The heat exchangers are used on the different stages of the process including the heating the

primary mixture, separations of the products, the condensation of the vapor mixtures etc. At the end of the process of the acetone obtaining the product must be condensed into the liquid and transported to the warehouse in cooled state. For this purposes the heat exchangers should have the high surface area and the high intensity of the heat transfer [3]. Therefore, the modernization of the heat exchanger for technological scheme under consideration is reasonable.

In the cumene method of the acetone production fro the condensation of the acetone vapor the patented design of the heat exchanger can be used [4]. It differs by the design of the distributing chamber. The last one consist the built baffles including the cut one. The mentioned babbles separate the chamber on the two parts and one of theme is the inlet cell. In this cell the channel is formed in a shape of the Ventury tube. This construction provides the good distribution of the fluid among the tubes and increasing of the heat exchanger effectiveness.

The disadvantages of this heat exchanger include the high pressure drop, which takes place when the fluid flows through the distributing chamber with many changes of the flow directions and the cross section of the channel, and the difficulties in the manufacturing of the individual elements of the construction.

The aim of this study is the improving the heat exchanger design for the decreasing the hydraulic resistance. The scheme of the proposed construction is shown on the figure 1.

For this purposes the multiway heat changers is proposed, which operates in the following way. The heat agent enters to the bottom part distributing chamber through the tangential fitted inlet nozzle of the tube space. The fluid flux encounters with the incurved baffle and smoothly changes trajectory of volumes of the heat agent to the spiral-shaped. The whirling flux is distributed on the lower part of the bundle of the heat exchange tubes, constricted by the baffle. Then the heat agent flows through the heat exchange tubes and gets to the elliptical bottom when change the direction of its motion. After that the heat agent enters to the upper part of the bundle of the heat exchange tubes and flows to the upper part of the distributing chamber and

leaves the heat exchanger through the output nozzle. The other heat agent flows in the inter-tune space.

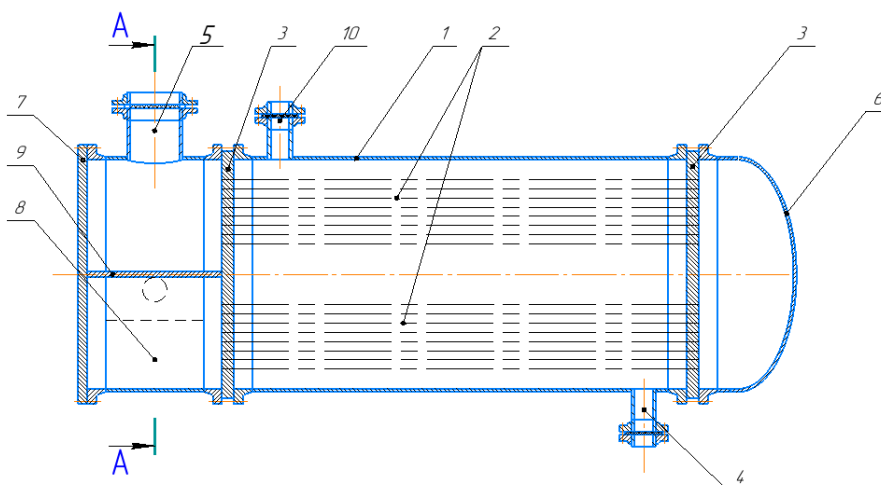


Figure 1 – The scheme of the proposed heat exchanger design

Such design allows decreasing of the hydraulic resistance of the elements in the channel, in which the fluids flows to the tube space, and also simplifying the manufacturing of the elements of the construction.

Перелік посилань:

1. Юкельсон И. И. “Технология основного органического синтеза” М., Издательство “Химия”, 1968 г. 848 стр. (стр.437-446)
2. Айтубаєв І. І., Гулієнко С. В. Модернізації установки з кумольного методу отримання ацетону: зб. тез. доп. XXV всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 25-26 листоп. 2019 р. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. С. 4-5.
3. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. -Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. -382 с., ил.
4. Пат. 2700990 С1 RU Російська Федерація СПК (2019.05) F28D 7/06; F28F 9/22. Многоходовый кожухотрубчатый теплообменник / Шершевський А.Г., Болитэр В.А., Султанов Ю.Р., Михайлова Т.А., Мусухин В.С., Топорков А.А.; патентовласник Шершевський А.Г.. -№2018142853; заявл. 04.12.2018; опубл. 24.09.2019, Бюл. №27.

UDC 66.048.3

MODERNIZATION OF THE CONTACT PLATE OF THE MASS EXCHANGE DEVICE

student Polishchuk D., assistant professor Ph. D. Andreiev I.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського *Abstract.*

The design of the plate of the mass-transfer apparatus is offered, it provides uneven distribution of heavy phase on a round horizontal plate, which significantly improves the conditions of mass exchange between phases. To improve the contact plate of the apparatus, the longitudinal axes of the flakes located on the peripheral sections are directed along concentric circles with centers coinciding with the center of the circular horizontal web. The proposed design significantly improves the conditions of mass transfer in the column apparatus.

Key words: *column apparatus, mass transfer, contact plate.*

Анотація. *Запропоновано конструкцію тарілки масообмінного апарата, забезпечує рівномірність розподілу важкої фази по круглому горизонтальному полотну тарілки, що істотно поліпшує умови масообміну між фазами. Для вдосконалення контактної тарілки апарата поздовжні осі лусочок, розташованих на периферійних ділянках, спрямовують вздовж концентричних кіл з центрами, що збігаються з центром круглого горизонтального полотна. Пропонована конструкція істотно поліпшує умови процесу масопередачі в колонному апараті.*

Ключові слова: *колонний апарат, масообмін, контактна тарілка.*

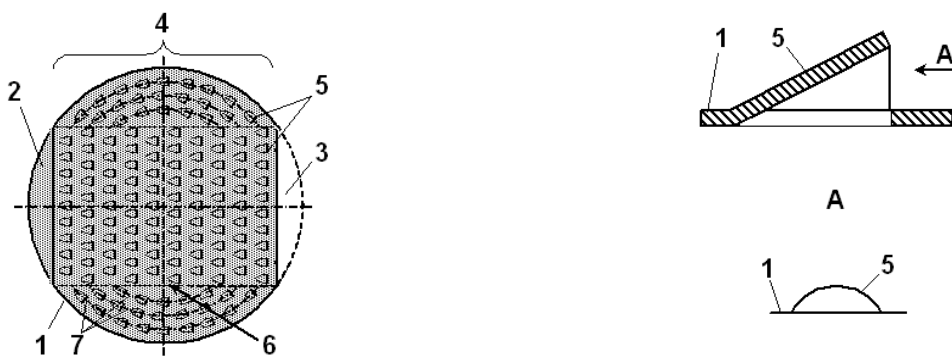
Contact plates are employed in distillation, absorption and extraction columns and can be used in the chemical, food industries, and related sectors.

The traditional contact plate is a circular horizontal web with a receiving the section in the form of a solid segment formed by the removed segment of a circular

horizontal canvas draining section and located between these sections contact area with cylindrical holes. The disadvantage of this plate is low productivity due to the slow-motion of the liquid phase (liquid) on a circular horizontal canvas plate. Furthermore, the heavy phase is unevenly distributed in areas of a circular horizontal canvas outside the rectangle, the opposite sides of which coincide with the chords of the receiving and draining sectors worsen the conditions of mass transfer between phases.

The direction of the draining area of the flakes accelerates the movement of the liquid phase on a circular horizontal canvas plate, which increases the performance of the plate and the apparatus as a whole. However, still, the heavy phase is uniformly distributed in the portions of the circular horizontal canvas, located outside the rectangle, the opposite sides of which coincide with the chords of the receiving and draining sections.

To ensure uniform distribution of the heavy phase over the circular horizontal canvas of the plate, it was proposed that the longitudinal axes of the flakes, located outside the rectangle, opposite sides of which coincide with the chords of the receiving and draining sections, be directed along with concentric circles with centers centered horizontally. This the design ensures uniform movement of the heavy phase within the contact area of the circular horizontal canvas plate, which significantly improves the conditions of mass transfer between phases (see Fig.).



1 - round horizontal web, 2 - receiving area, 3 - draining area, 4 - contact area, 5 - flake, 6 - rectangle, 7 - concentric circles

Fig. - Contact plate of mass transfer apparatus (a) and separate flake (b)

References:

1. Пат. 140913 U Україна МПК В01D 3/18 (2006.01), 2020. Контактна тарілка масообмінного апарата / Мікульонок І.О., Андреев І. А., Ковальов Р. В., Поліщук Д. М.; заявник і патентовласник вони ж. – № u201909745; заявл. 11.09.2019; опубл. 10.03.2020, Бюл. № 5.

CONTACT PLATE COLUMN APPARATUS WITH PULSATING MOVEMENT OF THE LIGHT PHASE

student Kovalov R., assistant professor Ph. D. Andreiev I.

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

***Abstract.** The design of the plate of the mass transfer apparatus is proposed, it creates the pulsating motion of the light phase (gas, steam) at the outlet from the petals into the heavy phase layer, which further intensifies the process of mass transfer between phases. To improve the contact plate of the apparatus, each flake is made with transverse corrugations. The proposed design significantly improves the conditions of mass transfer on the plate mass transfer apparatus in a wide range of loads of the plate in the processed phases.*

***Key words:** mass transfer, contact plate, ripple.*

***Анотація.** Запропоновано конструкцію тарілки масообмінного апарата, створює пульсаційний рух легкої фази (газу, пари) на виході з-під лусочок у шар важкої фази, що додатково інтенсифікує процес масообміну між фазами. Для вдосконалення контактної тарілки апарата кожен лусочку виконують з поперечними гофрами. Пропонована конструкція істотно поліпшує умови масопередачі на тарілці масообмінного апарата в широкому діапазоні навантажень тарілки по оброблюваних фазах.*

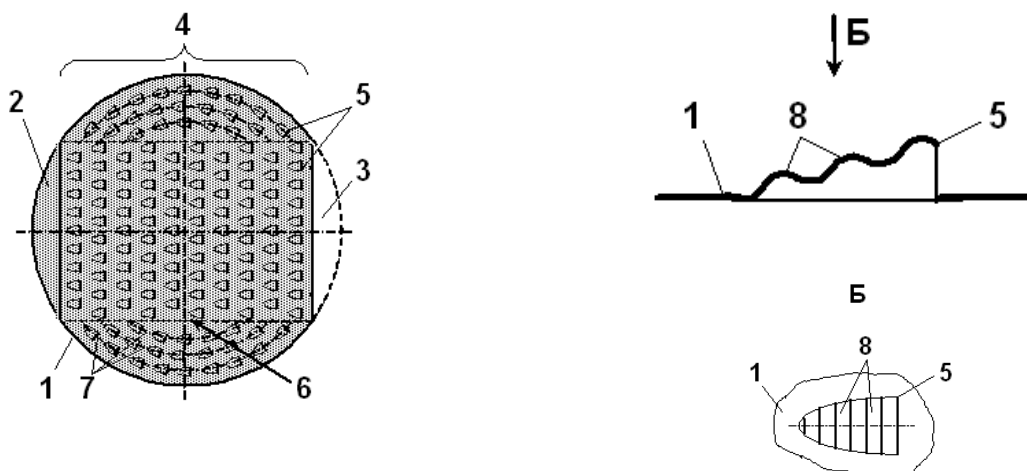
***Ключові слова:** масообмін, контактна тарілка, пульсація.*

Contact plates are used in mass transfer column apparatus apparatus in the process of rectification, absorption, desorption, extraction in chemical, petroleum, food and many other industries.

Increasing the efficiency of the mass transfer process is one of the main areas of improvement of the mass transfer apparatus plates that have taken place recently [1].

To improve the contact plate with the bent upwards and directed towards the drain section of the mass transfer apparatus, each petal was proposed with transverse corrugations [2]. This design creates a pulsating movement of the light phase (gas, steam) at the outlet from the scales in the layer of heavy phase, moving on a circular horizontal canvas plate and this further intensifies the process of mass transfer between phases.

The proposed contact plate mass transfer apparatus contains a circular horizontal canvas 1 with a receiving area 2 in the form of a solid segment formed by the removed segment of the circular horizontal canvas 1 drain section 3, and located between the specified sections 2 and 3 of the contact area 4 with the bent up and pointing to the side drain section 3 of petals 5. Herewith the longitudinal axis of the petals 5, located outside the rectangle 6, the opposite sides of which coincide with the chords of the receiving 2 and drain 3 section, directed along concentric circles 7 with centers, which coinciding with the center of the circular horizontal canvas 1. Each petal 5 is made with transverse corrugations 8 (watch Fig.)



1— a circular horizontal canvas, 2 — the receiving area, 3 — the drain section, 4 — the contact area, 5 — petal, 6 — the rectangle, 7 — concentric circles, 8 — corrugations.

Fig. – Contact plate of mass transfer apparatus (a) and separate petal (b)

References:

1. *Ковальов Р. В.* Сучасні тенденції удосконалення тарілок масообмінних колон / Р. В. Ковальов, Д. М. Поліщук, І. А. Андреев // Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів: XXV всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених, (Київ, 25–26 листопада 2019 р.): тез. допов. – 2019.– С.14–15.

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

UDK 66.045.5

THE MODERNISATION OF THE HEAT EXCHANGER DESIGN FOR THE PLANT OF THE BENZENE ALKYLATION IN THE LIQUID PHASE

student Satserdotov O. O., assistant professor Ph. D. Hulienko S.V., senior lecturer Ph.D Novokhat O.A.

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

Анотація: Запропонована модернізація одного з елементів схеми рідкофазного алкілування бензолу пропіленом, а саме холодильника, у якому охолоджується побічний продукт реакції – пропан.

Ключові слова: Пропан, рідкофазне алкілування, холодильник, модернізація.

Анотація: It is proposed to upgrade one of the elements of the scheme of liquidal alkylating of benzene with propylene, namely a cooler, in which the faulty product of the reaction propane is cooled.

Ключові слова: Propane, liquidal alkylating, capacitor, upgrade.

The propane is an organic compound of the alkane class. The pure propane has no smell, however, the additional component may be added with signal smell. The propane is used for connection of the gas equipment, as an engine fuel, and also for the gasification of a remote populated localities or separated houses for which the building of the gas pipe line is not reasonable [1, 2].

Propane can be obtained as a side product of the benzene alkylation process. This technological line includes significant number of the heat exchangers. One of them is dedicated to cooling of the propane from distillation column [2]. The aim of this research is modernisation of this heat exchanger.

For propane cooling the different designs of heat exchangers may be used, such as shell and tube, double tube, plate. For considered case the shell and tube heat exchanger are the most suitable [3].

It was proposed the modernisation of shell and tube heat exchanger [4]. This design includes the body frame in which the tube bundle with knurl on the external surface is installed. The tubes are fixed in the tube plates on the flat end of the body frame. The heat exchanger also includes the partitions and inlet and outlet nozzles for heat agents. The external surface of the heat exchange tubes is coated by the material with low wettability and the distance among the partitions decrease from inlet to outlet of the heat agent outside of tubes.

The disadvantage of this heat exchanger is placement of inlet and outlet nozzles. The distance between nozzle and place of connection of the body frame and tube plate is too low this leads to increasing of the boundary tensions.

For the solutions of this problem the modernisation of the heat exchanger design is proposed. The inlet and outlet nozzles are installed in the middle of the body frame. And also outside of tubes the additional partition with the plate is installed. These changes in the design allow decreasing the boundary tensions in the apparatus.

The heat exchanger (figure 1) includes the body frame 1, the partition chamber 2, the turning chamber 3, the tube bundle 4, the tube plates 4, the partitions 6 and nozzles 6-10.

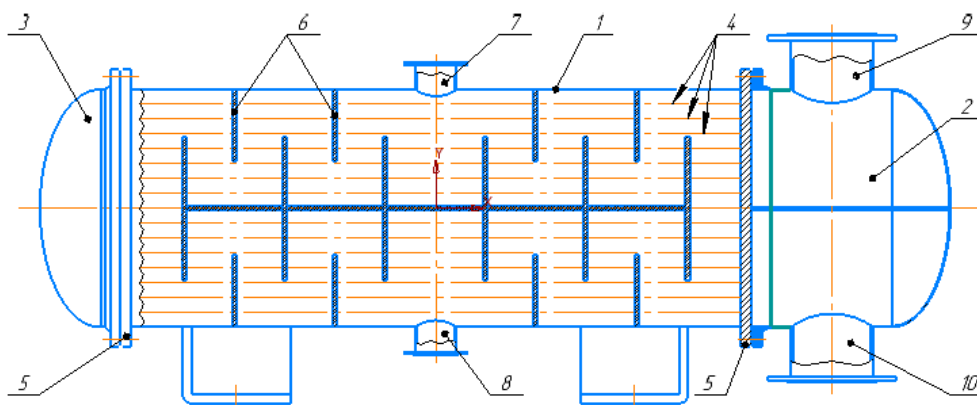


Figure 1. The general form of the heat exchanger design

The heat exchanger works in following way. The first heat agent flows to the inlet nozzle 9 then passes through the the partition chamber 2, and entered the tubes of the tube bundle 4. After that heat agent change the flow direction in the turning chamber 3, and continue flow in the tubes to the partition chamber 2. This heat agent leaves the heat exchanger through the outlet nozzle 10.

The second heat agent entered to the apparatus through the inlet nozzle 7, flows outside the tubes across the partitions 6 and leave the heat exchanger through outlet nozzle 6.

When the heat agents simultaneously flow in the different spaces of the heat exchanger the heat transfer occurs through the tube wall.

As mentioned above, this design allows decreasing the boundary tensions in the heat exchanger.

References:

1. Сацердотов О.О., Гулієнко С.В. Покращення установки з рідкофазного алкілування бензолу пропіленом: матеріали // Збірник тез доповідей XXV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" (25-26 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – с. 23-24
2. Юкельсон И.И. "Технология основного органического синтеза" М., Издательство "Химия", 1968 г. 848 стр. (стр.437-446)
3. Чернобыльский И.И. "Машины и аппараты химических производств" издательство "Машиностроение", 1975 г. 454 стр. (стр. 136-145)
4. Заявка № 2016000067 Євразійське патентне відомство, МПК F28B 1/00, F28D 7/16, F28F 9/22 Кожухотрубний конденсатор / Стьопін С.М., Блохін П.А. ; заявник Товариство з обмеженою відповідальністю Урало-Сибірська компанія «Нексан». – №201600573; заявл. 2016.08.05

UDK 661.725.85

THE MODERNIZATION OF HEAT EXCHANGER DESIGN FOR THE COUPLED PHENOL AND ACETONE PRODUCTION PLANT BY THE CUMENE METHOD

student Kalynovskyi A.S., assistant professor Ph. D. Hulienko S.V.,
senior lecturer Ph.D Novokhat O.A.

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

Анотація: Розглянуто питання використання теплообмінних апаратів в установці кумольного методу виробництва ацетону. Проаналізована запатентована конструкція теплообмінника та запропонована його модернізація, спрямована на зменшення крайових навантажень.

Ключові слова: конструкції, теплообмінні апарати, виробництво, фенол.

Анотація: The question of using heat exchangers in the plant of cumene acetone production method is considered. The patented design of the heat exchanger is analyzed and modernization, aimed at the reduction of edge stresses is proposed.

Ключові слова: constructions, heat exchangers, production, phenol.

The phenol is widely used in the drug production and the manufacturing of the synthetic fibers such as nylon and kapron. However, the most important field of ithe using of phenol is the production phenol formaldehyde resin [1, 2]. There is about five industrial methods of phenol manufacturing. In current work the production of the phenol of cumene hydroperoxide by cumene method is considered [1].

In this plant the heat exchanger is used for cooling of phenol condensate from the distillation column in which the separation of the phenol and acetophenone takes place [2]. This heat exchanger is impotent part of the plant so its modernization is reasonable.

For such purposes the shell and tube heat exchangers are suitable [3]. In work [4] the shell and tube heat exchanger-condenser if proposed. It includes the tube

bundle, which are fixed in the tube plates on the flat ends of the body frame, the nozzles for input and output of the heat agent into the tubular annulus, the nozzles for input and output of the heat agent into the tubular space. The external surface of the heat exchange tubes is coated by the material with low wettability and the distance among the partitions decrease from input nozzle to output nozzle in the tubular annulus.

The disadvantage of the design is that the nozzles are placed close to the place of connection of the apparatus shell with the tube plate which causes the increasing of the boundary tension.

It was proposed the way of solving of this disadvantage by placing the the nozzles for input and output of the heat agent into the tubular space in the central part on the body frame as shown on the figure 1. Also. In the center of the tubular annulus the partition with additional plates, that lead the flow across mentioned plates firstly to the ends of the tubular annulus and then to the output nozzle.

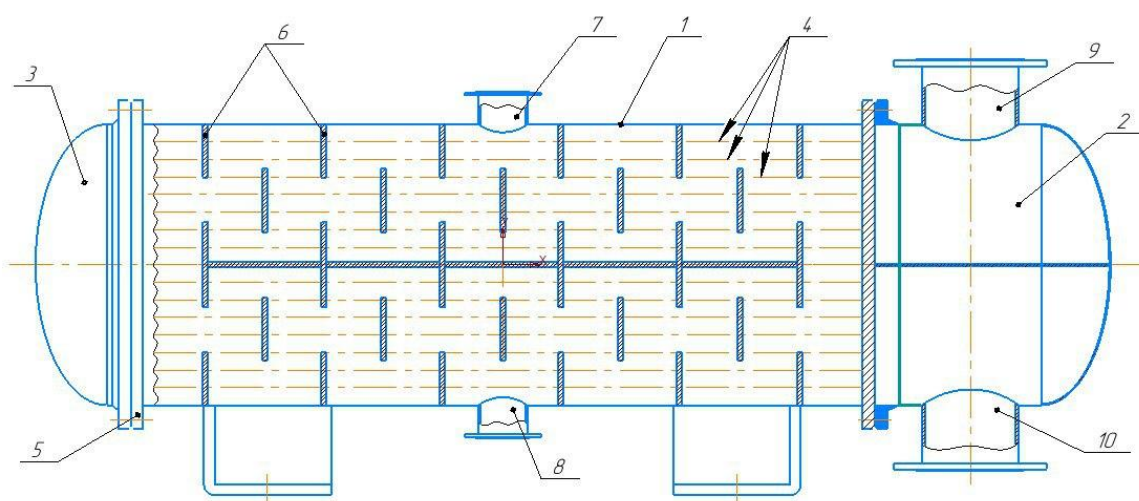


Figure 1 – The scheme of the proposed heat exchanger

The proposed heat exchanger functions in following way. The cold heat agent, which has the temperature lower than the condensation temperature of phenol, is fed into the nozzle 9. Then the cooling agent flows in the heat exchanger system form nozzle 9 to the distributing chamber 2, heat exchange tubes 4 and chamber 3 thro the output nozzle 10. The teat agent in the tubular annulus, which is needed to be cooled, is fed to the nozzle 7 for the input of the heat agent. The heat agent flows into the

shell 1 and contacts with the surface of the surface of the heat exchange tubes 4. The temperature of heat agent become decrease. The heat agent flows to the ends of the tubular annulus, then flows across the partitions, installed in the middle of the tubular annulus of the shell 1, and, finally flows to the output nozzle 8. The output nozzle 8 is fixed into the center of the shell 1. Cooled heat agent leaves the heat exchanger through the nozzle 8.

The proposed design of the heat exchanger allows substantively decreasing of the boundary tensions

References:

1. Юкельсон И.И. "Технология основного органического синтеза" М., Издательство "Химия", 1968 г. 848 стр.
2. Калиновський А.С., Гулієнко С.В. Модернізація установки сумісного виробництва фенолу і ацетону // Збірник тез доповідей XXV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" (25-26 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – с. 10-12.
3. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты технической технологии. М.: Химия, 1970 – 374с.
4. Патент RU 2700990 C1, F28D 7/06, F28F 9/22, 2019

UDK 661.333.3

THE MODERNIZATION OF HEAT EXCHANGER DESIGN FOR BRINE PURIFICATION PLANT

student Sharypov Y. M., assistant professor, Ph.D. Hulienko S.V.
associate professor, Ph.D. Zubriy O. G.

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

Анотація: Проаналізовано часто використовувані конструкції теплообмінних апаратів та їх продуктивності в схемах очистки росолу вапняно-содовим методом.

Ключові слова: конструкції, теплообмінні апарати, продуктивність, очистка, росол.

Анотація: The using of heat exchangers designs for the brine purification plant by lime carbonate-soda method was analyzed.

Ключові слова: design, heat exchange apparatus, productivity, purification, brine.

The sodium carbonate (soda) is widely used in glass and chemicals. In particular, about 50% of all produced sodium carbonate is used for glass production, 25% - for chemicals production, 13% -for soap production, 11% - another technological operations such as pulp and paper productions, metals refining, tannery etc. The soda is also used in daily living needs [1].

There are two methods of sodium carbonate producing namely Leblanc process and Solvay process. In the second one the brine is used instead of solid salt. It is great advantage since the production and transportation of brine is cheaper. On the soda plants the brine is predicated by lime carbonate-soda method [1].

The heat exchangers are important parts of plants for brine purification since the process should be carried out under increased temperature and in particular they are used for heating of feed solution. Therefore the modernization of such heat exchanger is reasonable [2, 3].

For described purposes the proposed in work [4] design of heat exchanger can be used. It differs by the design of partitions in the distributing chamber, in which one cell is made in a form of the Venturi tube. This heat exchanger allows providing the uniform distribution of the heat agent in the tubes.

The drawback of this design is the high hydraulic resistance to the heat agent flow in the distribution chamber due to change in flow direction in contact with incurved fender and passing through the Venturi tube. The complexity of manufacturing of the elements and parts of proposed heat exchanger is another disadvantage.

The aim of this study is the modernization of heat exchanger design which allows decreasing of hydraulic resistance with maintenance of uniform distributions. The proposed modernization is shown on the figure 1.

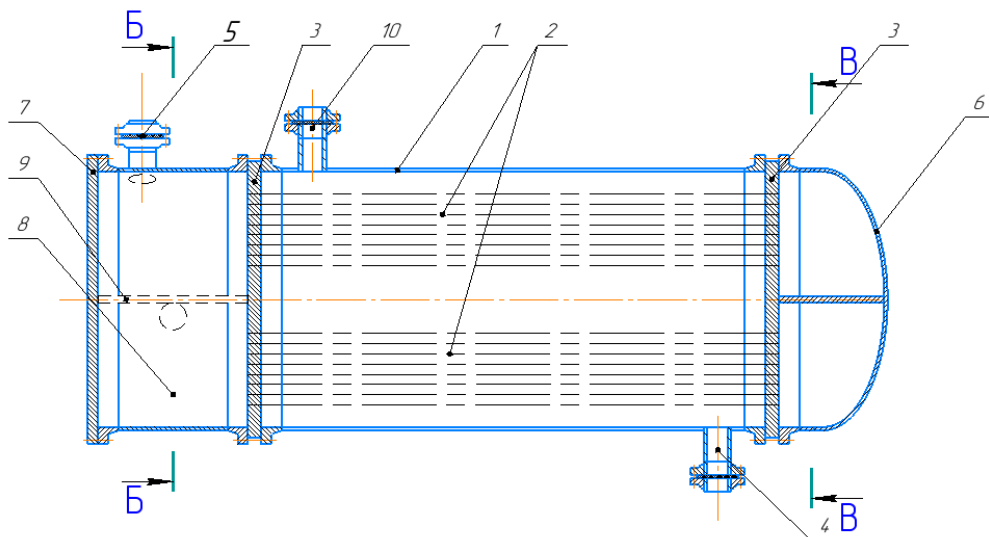


Figure 1 – Scheme of proposed heat exchanger design

The proposed heat exchanger works in following way. The heat agent entered to the top part of the distributing chamber 8 through the tangential nozzle 5 to the inner tube space. Then the flux in the distributing chamber 2 contacts with the

incurved plate 9 and smoothly change the trajectory to the spiral-shaped. The whirling flux flows to the tubes and distributes on the tube plate 3 surface and enters to the tubes 2. Then the heat agent flows through the tubes to the chamber 6, when it changes the directions and flows back to the distribution chamber 8 and the heat exchanger through the output nozzle (does not shown on the scheme).

The other heat agent entered to the heat exchanger through the nozzle 10 and flows in the tubular annulus formed by the tubes 2 and shell 1 and leave it through the nozzle 4. The heat transfer occurs through the tubes' surface.

This design allows decreasing of hydraulic resistance of the channel for the passing of the heat agent/ It also provide the simplification of the manufacturing of the parts of the heat exchanger.

References:

1. С. А. Крашенинников «Технология кальцинированной соды и очищенного бикарбоната натрия», Издательство «Вышшая школа», 1985 г. 284 стр. (стр.83-89)
2. Шарипов Я.М., Гулієнко С.В. Модернізація установки з очистки росолу вапняно-содовим методом // Збірник тез доповідей XXV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" (25-26 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 31-32.
3. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник.-Л.: Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1981-382 с., ил.
4. Пат. 2700990 С1 RU Російська Федерація СПК (2019.05) F28D 7/06; F28F 9/22. Многоходовый кожухотрубчатый теплообменник / Шершевський А.Г., Болитэр В.А., Султанов Ю.Р., Михайлова Т.А., Мусухин В.С., Топорков А.А.; патентовласник Шершевський А.Г.. -№2018142853; заявл. 04.12.2018; опубл. 24.09.2019, Бюл. №27.

UDK 661.24

**PRODUCTION OF DIMETHYL KETONE WITH THE USE OF A CAP
RECTIFICATION COLUMN**

student Bobrovitsky D.D., senior lecturer Ph.D. Sachok R.V.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Анотація: Розглянуто модернізацію установки диметилкетону при застосуванні ковпачкової ректифікаційної колони через збільшення контакту поверхні фаз.

Ключові слова: Диметилкетон, ректифікаційна колона, конденсатор.

Abstract: The modernization of the dimethyl ketone plant using a cap distillation column due to the increase of the phase surface contact is considered.

Key words: Dimethyl ketone, distillation column, condenser.

Distillation columns are commonly used to produce dimethylectenone. Production is carried out in a plate distillation column equipped with refrigerators, which maintain the temperature of the liquid of the upper plate from 120 °C to 105 °C, Figure 1.

Heated air, pre-cleaned of contaminated and mechanical impurities, is fed to the lower part of the column 1 at a pressure of more than 0.4 MPa, Figure 1. Fresh and reversible isopropylbenzene, to which hydroperoxide is added, initiates the initial oxidation stage in the collector 5 and enters the heat exchanger 4. on the upper plate of the reactor. The air moves against the flow of liquid, bubbles through it on the plates of the column, while capturing the vapors of isopropylbenzene and volatile residual products, which condense in the refrigerator 2. Residual air is discharged into the atmosphere, condensate is purified in the washing separator 3. The hydrocarbon layer is poured into , the water layer is recirculated into the flush and drained into the sewer. The oxide from the bottom of the column 7 contains up to 30% hydroperoxide. It gives its heat to isopropylbenzene in heat exchanger 4, throttles to a residual pressure of more than 4 kPa and enters the vacuum rectification

to concentrate the hydroperoxide. Distillation of isopropylbenzene is introduced into the nozzle-distillation column 6 of continuous action by supplying a compensator-deflector. The use of vacuum is due to the thermal instability of the hydroperoxide. [1]

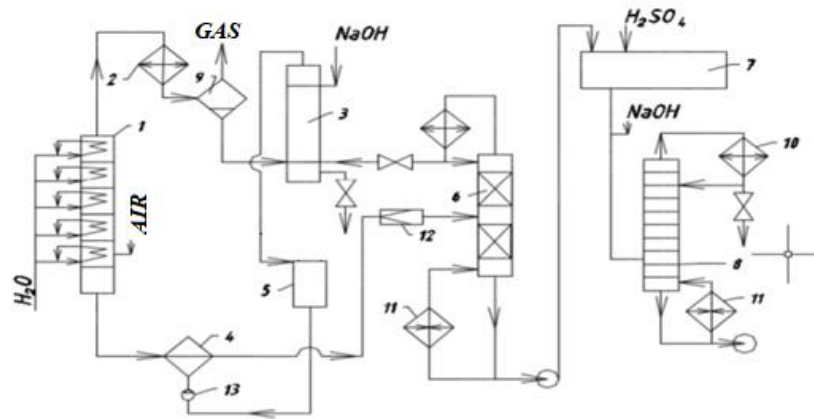
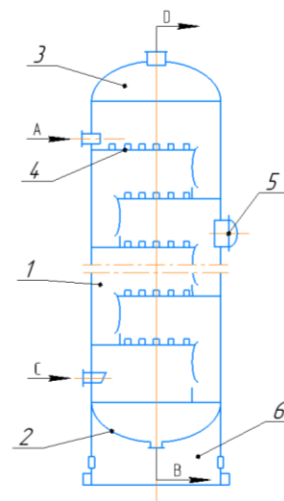


Figure 1 – Technological scheme of the method of obtaining dimethylectenone

The disadvantage of this distillation column is the insufficiently effective design solution for phase separation, which reduces the intensification of the mass transfer process, so it is necessary to solve the problem of increasing the intensification of the mass transfer process. This problem can be solved by increasing the contact surface of the phases, ie increasing the efficiency of the plate without reducing the performance of the column. [2]



Flows: A - feed of the absorbent; B - removal of the absorbent; C - supply of gas mixture; D - gas outlet; 1 - column body; 2 - bottom; 3 - cover; 4 - valve plate; 5 hatch - manhole; 6 - support.

Figure 2 - Distillation column

For this column, an improvement is possible, which involves increasing the intensification of the mass transfer process by installing a grid near the cap of the distillation column, which increases the contact surface of the phases, ie the efficiency of the plate, without reducing the productivity of the column. [2]

The grille is installed at an angle around the perimeter of the cap, at the end of the slots of the cap.

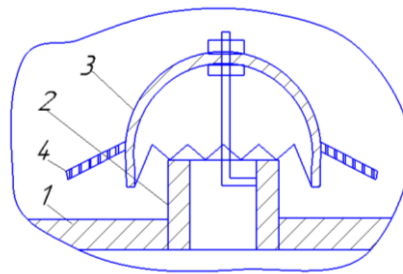


Figure 3- Improving the cap plate

The advanced cap plate consists of a plate body 1 on which nozzles 2 with caps 3 are mounted. Lattices 4 are connected to the plate caps 3 at an angle relative to the cap.

The advanced cap plate works as follows. When supplying steam to the column, the steam passes through the pipe 2, falls under the cap 3, then it passes through the grid 4, thereby increasing the contact area of the phases.

The proposed model will increase the intensity of the mass transfer process.

References:

1. Zbirnyk`k tez dopovidej XXV Vseukrayins`koyi naukovo-prakty`chnoyi konferenciyi studentiv, aspirantiv i molody`x vcheny`x «Obladnannya ximichny`x vy`robny`cztvi pidpry`yemstv budivel`ny`x materialiv» (m. Ky`yiv, 25-26 ly`stopada 2019 r.). – Ky`yiv : KPI im. Igorya Sikors`kogo, 2019. – S. 6–7.

2. Zayavka na deklaracijny`j patent Ukrainy` na kory`snu model` # u 2019 10182 Rekty`fikacijna kolona vid 04.10.2019.

UDC 676.056.521

DETERMINING THE LIMITING STAGE DURING PAPER DRYING

Professor, Ph.D. Marchevsky V.M.,

senior lecturer, Ph.D. Novokhat O.A., student Danchyshen I.A.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract.

The analysis of heat transfer during drying of a paper cloth is given. The limiting stage under different conditions of the drying process is set. The analysis of existing designs of drying cylinders is given. A completely new design of the system for condensate drainage in the drying cylinder is proposed. A description of this design is given.

KEYWORDS: PAPER, DRYING, MOISTURE, DRYING CYLINDER, PAPERMAKING MACHINE

Анотація.

Наведено аналіз переносу теплоти під час сушіння паперового полотна. Встановлено лімітуючу стадію за різних умов процесу сушіння. Наведено аналіз існуючих конструкцій сушильних циліндрів. Запропоновано абсолютно нова конструкція системи для відводу конденсату в сушильному циліндрі. Надано опис даної конструкції.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПАПІР, СУШІННЯ, ВОЛОГІСТЬ, СУШИЛЬНИЙ ЦИЛІНДР, ПАПЕРОРІБНА МАШИНА

The paper web is dried on drying cylinders due to condensation of water vapor. When calculating heat transfer from steam to paper, it is customary to determine three thermal resistances: heat transfer by heat transfer between steam and the inner surface of the drying cylinder, thermal conductivity through the cylinder wall and heat transfer from the outer surface of the cylinder to the paper web.

The heat transfer coefficient takes into account these thermal resistances [1] and is as:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

where $\frac{1}{\alpha_1}$ – thermal resistance of heat transfer from condensing steam to the inner surface of the drying cylinder, $\frac{m^2K}{W}$; $\frac{\delta}{\lambda}$ – thermal resistance of thermal conductivity, $\frac{m^2K}{W}$; $\frac{1}{\alpha_2}$ – thermal resistance to heat transfer from the outer surface of the cylinder to the paper, $\frac{m^2K}{W}$.

The heat transfer coefficient α_1 shows the heat transfer rate. Its value is quite large and is recommended for calculations of heat transfer by condensation of steam in the cylinder $4000 \frac{W}{m^2K}$. The value of thermal resistance at this value α_1 is $\frac{1}{4000} = 0,00025 \frac{m^2K}{W}$.

The thermal resistance of the heat flux transferred by thermal conductivity through the cast iron shell of the drying cylinder with a thickness of $\delta = 25$ mm is $\frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,025}{50} = 0,0005 \frac{m^2K}{W}$, where λ is the thermal conductivity of cast iron, $\frac{W}{m^2K}$.

Modern paper machines develop the speed of the contact surface of the cylinders up to $70-120 \frac{km}{h}$. When operating at such speeds, the drying cylinder must have perfect dynamic balancing. Condensate in such cylinders under the action of centrifugal forces takes the form of a ring, which moves with a small slip relative to the inner surface of the cylinder. In such cylinders ladles and fixed siphons are not suitable. Under such conditions, the cylinders are equipped with siphons that are securely attached to the cylinder head and rotate with the cylinder.

The thickness of the condensate ring rotating together with the cylinder is equal to the gap between the suction nozzles of the siphon and the inner surface of the drying cylinder. In production, the size of the gap is recommended to maintain within 4-5 mm. With this recommended gap, the thickness of the condensate layer in the

cylinder will also vary within 4-5 mm. This layer of condensate moves together with the inner surface of the cylinder with almost no mixing. And on its surface there is a condensation of heating steam. The heat of condensation is transferred through the condensate layer and the shell of the drying cylinder by thermal conductivity to contact with the paper web.

It is obvious that the condensate layer forms an additional thermal resistance, the value of which increases with increasing condensate thickness. The graph of the dependence of the thermal resistance on the thickness of the condensate is shown in Figure 1.

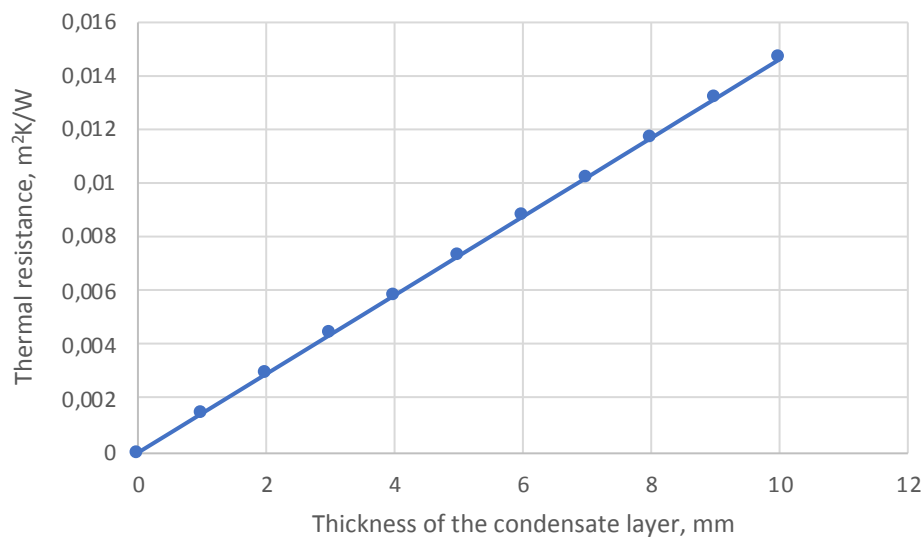


Fig. 1 - The dependence of thermal resistance on the thickness of the condensate

As can be seen from Figure 1, at the recommended gaps within 4-5 mm, the thermal resistance of the condensate layer at the appropriate thicknesses is 0,005865-0,007331 $\frac{m^2 K}{W}$.

Comparing the values of thermal resistances, it is seen that at the recommended gaps, and accordingly the thickness of the condensate layer, the latter is the limiting stage of heat transfer to the paper.

Obviously, to reduce the thermal resistance of the condensate layer, it is necessary to reduce the thickness of the condensate layer. To do this, we have proposed a fundamentally new design of the drying cylinder. The design differs in

that a siphon device larger than the inner diameter of the cylinder shell is attached to the end cover of the drying cylinder.

The condensate drain structure is easily and securely mounted on the inner surface of the drying cylinder cover during assembly. After connecting the cover to the cylinder, the nozzles are screwed into the siphon. The position of the nozzles is adjusted by screwing all the way into the inner surface of the groove. The cut of the nozzles is set in the direction of rotation of the cylinder. Their position is fixed by locknuts.

During the operation of the drying cylinder on the layer of condensate created on the inner surface of the cylinder, the centrifugal force and pressure force. The resulting pressure from these forces creates significant pressure on the condensate layer. As a result, the condensate in the form of a thin film moves around the perimeter of the inner cavity of the cylinder in the groove, where the nozzles of the siphon tubes. Condensate fills the groove and closes the nozzle openings, preventing steam from entering the siphon pipes. Under the action of the difference between vapor pressures and centrifugal forces, the condensate moves through the siphon pipes and the coaxial passage to the exit of the cylinder into the steam condensate system.

Fresh steam is fed into the drying cylinder through the axial nozzle. The jet of steam from the nozzle strikes the opposite cylinder cover, spreads along its surface to the inner surface of the cylinder shell, creating a circulating movement of steam that accelerates the movement of the condensate film to the groove, respectively reduces the thermal resistance of the condensate film and increases condensation.

References:

1. Marchevsky V. Numerical modeling of physical fields in the process of drying of paper for corrugating by the infrared radiation / A. Karavatskii, V. Marchevsky, O. Novokhat // Eastern-European journal of enterprise technologies – Vol 2, No 5(86) – (2017) – P. 14-22.

UDK 631.417:547.992

EXPLANATION OF CHOOSING THE THE MIXING DEVICE IN PROCESS OF OBTAINING ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS

student Podventsova D.D., student Kyryliuk V.O., senior lecturer Ph.D Haidai S.S.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Summary.

In the work are analyzed the existing designs of devices with a fluidized bed are considered and the possibility of ensuring an energy-efficient process of preparation of a solution for dehydration during granulation of organo-mineral fertilizers, which in addition to soluble components includes insoluble bone meal. Based on the results of the analysis of existing structures, the choice of granulator for design is substantiated.

KEY WORDS: GRANULATION, ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS, APPARATUS WITH MIXING DEVICE

Анотація

Розглянуто існуючі конструкції апаратів із псевдозрідженим шаром та проаналізовано можливість забезпечення енергоефективного процесу підготовки розчину на зневоднення при грануляції органо-мінеральних добрив, до складу яких окрім розчинних компонентів входить нерозчинне кістяне борошно. За результатами огляду існуючих конструкцій обґрунтовано вибір гранулятора для проектування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГРАНУЛЯЦІЯ, ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА, АПАРАТ ІЗ ПЕРЕМІШУЮЧИМ ПРИСТРОЄМ

Over the last 25 years, Ukraine has been experiencing a shortage of potassium, calcium and, especially, phosphorus-containing fertilizers. At the same time, the active commercial exploitation of agricultural land during the cultivation of essential oilseeds, corn and other industrial crops has led to intensive soil depletion.

To eliminate these negative factors, there is an urgent need for the production of multicomponent organo-mineral fertilizers that contain nitrogen, potassium, calcium, magnesium, phosphorus, sulfur and humic substances, which help to improve soil formation.

However, all the above components are contained in the waste of the chemical and food industries, namely: ammonium sulfate from the production of caprolactam in liquid form, as well as water-insoluble components of sunflower ash from waste in the processing of sunflower seeds and bone meal from animal bone waste products.

Ammonium sulfate is high in nitrogen and sulfur, sunflower ash is rich in potassium, calcium, magnesium and phosphorus, and contains essential trace elements for plants, and bone meal consists of phosphorus, calcium and contains a small amount of nitrogen.

Today in the world practice humic substances are widely used as growth stimulants, together with mineral fertilizers. Therefore, increasing the efficiency of production of humic-organomineral fertilizers, which would contain a given amount of nutrients of organic, mineral origin and humates is relevant.

The utilization of the above industrial wastes is proposed to be carried out according to the technology of obtaining multicomponent organo-mineral fertilizers [2, 3], where the above components are mixed in a separate apparatus to a heterogeneous liquid system before granulation.

The main requirements for the apparatus with a mixing device are to ensure efficiency and intensity during mixing.

The aim of the work is to substantiate the choice of the device with the mixing device and the working element of the mixer to ensure the most energy-efficient and high-quality mixing of multicomponent liquid systems containing suspended fine components.

The design of mechanical mixing devices consists of such main parts as: mixer, shaft and drive. The stirrer is a working element of the mixing device, which is mounted on the shaft. The shaft can be horizontal, vertical or inclined. The drive can

be realized through a V-belt transmission, a reducer or directly from the electric motor.

The stirrer consists of one or more pairs of blades of different shapes. The main factors that characterize the operation of the mixers are: power consumption and mixing efficiency. There are the following mixers by type of blade: blade, turbine, propeller, anchor, universal, drum, disk, vibrating. Consider devices for mixing coarse suspensions.

Blade stirrers. The simplest paddle stirrers have two flat blades mounted in a vertical plane perpendicular to the direction of rotation. The number of revolutions of the shaft 12 - 80 rpm The diameter of the blades is approximately 0.7 of the diameter of the tank. At low speeds of the stirrer, the liquid makes a circular motion, ie rotates in a circle lying in the horizontal plane in which the blades move. Under such conditions there is no shift of different layers of liquid and intensity of hashing increases. Intense mixing is achieved as a result of the appearance of secondary flows and vortex motion of the liquid. Secondary flows occur under the action of centrifugal forces. As a result, in the center of the vessel there is a reduced pressure, and in the area of reduced pressure, the liquid is absorbed from the layers above and below the blade. As a result, fluid circulates in the vessel. Secondary flows are formed together with the main circular motion of the fluid, creating a complex movement in which there is intense mixing of the individual layers. The intensity of mixing increases with increasing number of revolutions, however, the power consumed by the stirrer increases significantly.

Turbine open stirrers. Turbine open stirrers work at 100 - 350 rpm. and provide intensive mixing of the liquid. Open turbine stirrers are an advanced design of simple paddle stirrers. The rotation of several blades, located at an angle to the vertical plane, creates axial jets of liquid along the radial jets, which contributes to its intensive mixing in large volumes. The intensity of mixing increases when installing in the vessel reflective partitions.

Anchor stirrers. Anchor stirrers operate at 45 - 60 rpm and belong to the group of low-speed mixing devices. Used in cases when there is a need to improve

the transmission through the wall or to eliminate precipitation on the walls of the device. The mixer consists of a cylindrical sleeve, to the outer surfaces of which are welded two profiled blades. The profile corresponds to the inner surface of the body of the device, and the blades have a conical or elliptical shape. The intensity of mixing increases due to the installation of additional plates parallel to the cylindrical part of the body of the apparatus.

After analyzing the principle of operation of existing types of mixers, it was found that the anchor mixer is the most profitable for mixing mineral and organic fertilizers. Since the density of the suspension is not high, you do not need a high intensity of mixing. The presence of large solid inclusions requires a large mixing area and the absence of stagnant zones, with which the anchor stirrer copes well. In addition small cost of the mixer and simplicity of its operation, in comparison with turbine allows to reduce production cost.

References:

1. Корнієнко Я. М. Гранульовані гуміново-органомінеральні добрива. Спосіб одержання / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай, О. В. Мартинюк, А. М. Любека // Хімічна промисловість України. – 2015. – №1. – С. 44-48.
2. Kornienko Y. Kinetic laws of the process of obtaining complex humic-organic-mineral fertilizers in the fluidized bed granulator / Y. Kornienko, S. Hayday, A. Liubeka, O. Martynuk // Ukrainian Food Journal. – 2016. – Vol. 5. – Issue 1. – PP. 144-154.
3. Korniyenko Y. Modelling of pulsating mode of fluidization when obtaining organic-mineral fertilizers / Y. Korniyenko, S. Haidai, A. Liubeka, S. Turko, O. Martynuk // Ukrainian Food Journal. – 2016. – Vol. 5. – Issue 4. – PP. 781-794.
4. Підручник "Процеси та обладнання хімічної технології" / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, В.Л. Ракицький, Г.Л.Рябцев. К.: НТУУ «КПІ», 2011. - [Ч. 1. - 300 С.; Ч. 2.-416 С.]

UDK 621.21

**EXPLANATION OF CHOOSING THE GRANULATOR WITH A
FLUIDIZED BED FOR OBTAINING ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS**

student Podventsova D.D., student Kyryliuk V.O., senior lecturer Ph.D Haidai S.S.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Annotation

The existing designs of granulators with a fluidized bed are considered and the possibility of ensuring an energy-efficient process of obtaining granular organic-mineral fertilizers with a layered structure is analyzed. Based on the results of the analysis of existing constructs, the choice of granulator for designing is substantiated.

**KEY WORDS: GRANULATION, ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS,
FLUIDIZED BED GRANULATOR**

Анотація

Розглянуто існуючі конструкції грануляторів із псевдозрідженим шаром та проаналізовано можливість забезпечення енергоефективного процесу одержання гранульованих органо-мінеральних добрив із пошаровою структурою. За результатами огляду існуючих конструкцій обґрунтовано вибір гранулятора для проектування.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА: ГРАНУЛЯЦІЯ, ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА,
ГРАНУЛЯТОР ІЗ ПСЕВДОЗРІДЖЕНИМ ШАРОМ**

The use of fluidization techniques for dehydration and granulation allows to implement the process of mass crystallization during intensive removal of the solvent, and in the case of the presence of suspended components in the working solution [1]. In addition to the one-stage process of obtaining a granular product by dehydration of liquid systems in the apparatus with a fluidized bed, the heat utilization rate reaches at least 50%.

In the existing basic technological schemes of realization of process of granulation bubbling or gushing hydrodynamic modes [1] which provide work of granulators at introduction of working solution through nozzles of various type are usually realized. In this case, this method of realization of the interaction of the gas coolant doesn't provide active volumetric mixing and is accompanied by a high risk of formation of stagnant zones on the surfaces of the gas distributing device (GDD).

A similar technical solution is used in the devices of Glatt, GEA, NIRO, Vector, OKAWARA and others [1], Figure 1 a, as well as rectangular [1], Figure 1 b, housings with an extension at the top for drying, granulating and encapsulating.

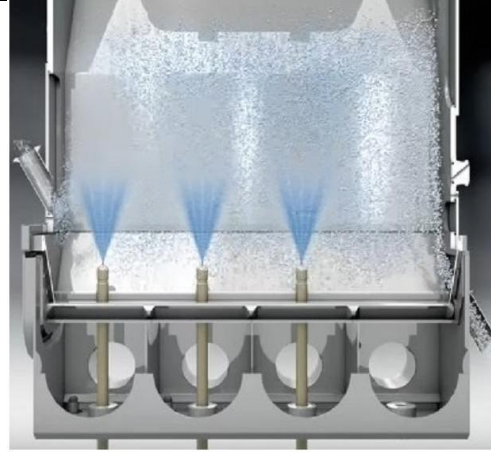
The stability of the process is ensured by the intensive movement of solid particles in the vertical direction with speeds close to the mode of pneumatic transport. Due to this, there is a partial dehydration of the drops before contact with the granules. This method of implementation is most clearly shown in the apparatus shown on Figure 1 c [1], which implements a gushing mode with a large opening angle of the granulator. To ensure directional circulation in the layer, it is proposed to use Wurster technology [1], Figure 1 d.

To prevent local excessive moisturing of the layer in some cases, Figure 1 b and 1 c, it is proposed to increase the number of nozzles across the width of the apparatus. In this case, the supply of coolant-liquefying agent occurs separately in each section to ensure a stable gushing mode. Over each section countercurrently sprayed working solution [1], which contributes to the implementation of the agglomeration mechanism of granulation.

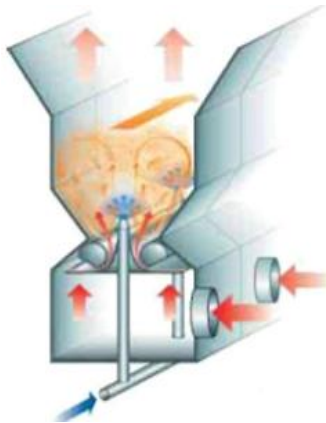
ProCell technology [1], Figure 1 c, provides for the targeted introduction of a liquefying agent through the fracturing slot type with a high gas velocity in the slits. The main difference of Wurster technology [1], Figure 1 d, is the introduction of most of the liquefying agent in vertically located in the chamber pipes that provide directional circulation of granules, and less – in the downward zone, where drying takes place in the filtration mode. In this case, in both cases, the stability of the process is ensured even when working with highly adhesive substances.



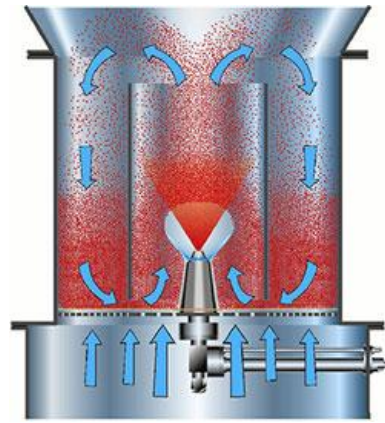
a) *Glatt* cylindrical granulator [1]



b) *Glatt* rectangular granulator of type *GFG* [1]



c) *ProCell* rectangular granulator [1]



d) *Wurster* technology cylindrical granulator [1]

Figure 1 – Main types of granulators with bubbling or fountaining hydrodynamic modes

The main disadvantages of the above granulators are the small contact surface of the solid particles with the solution in the irrigation zone, which reduces the specific load of the layer on moisture. Local supply of the liquid phase through the nozzles are suitable only for homogeneous systems and make it impossible to use heterogeneous suspensions, and their use limits the maximum specific load of the surface of the layer on moisture (increases the zone of waterlogging of the layer).

A significant disadvantage of the hydrodynamic regimes in the above designs of granulators is the lack of pulsating fluidization mode, in which the greater the relative velocity and, accordingly, the smaller the thickness of the diffusion layer, which increases the efficiency of mass transfer.

Therefore, to obtain organo-mineral fertilizers with specified properties in dehydration of liquid heterogeneous systems, which include thermolabile substances, it is necessary to apply the developed new method of interaction of gas coolant with granular material by using the described model of fluidization in works [1-5], Figure 2.

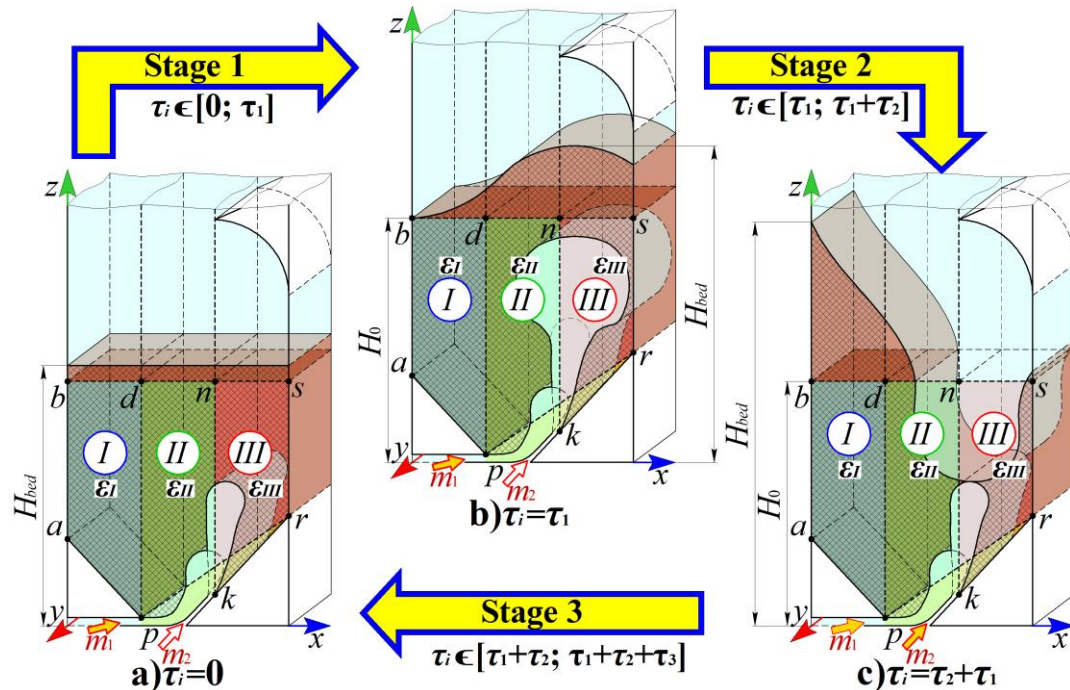


Figure 2 – Model of non-uniform jet-pulsating mode of fluidization

The use of this hydrodynamic model in process of granulation organic mineral fertilizers in addition to known advantages of fluidization provides intensive renewal of the contact surface of the phases. Therefore, for the design of an industrial granulator, a granulator with non-uniform jet-pulsating fluidization in an auto-oscillating mode, considered in detail in [1-6], was chosen.

References:

1. Гайдай С. С. Гідродинаміка у грануляторах із псевдозрідженим шаром при одержанні органо-мінеральних добрив. – Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 253 С. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25455>.

2. Korniyenko Y. Modelling of pulsating mode of fluidization when obtaining organic-mineral fertilizers / Y. Korniyenko, S. Haidai, A. Liubeka, S. Turko, O. Martynyuk // Ukrainian Food Journal. – 2016. – Vol. 5. – Issue 4. – PP. 781-794.
3. Kornienko Y. Non-uniform fluidization in auto-oscillating mode / Y. Kornienko, S. Haidai // Ukrainian Food Journal. – 2017. – Vol. 6. – Issue 3. – PP. 562-576.
4. Kornienko Y. Kinetic laws of the process of obtaining complex humic-organic-mineral fertilizers in the fluidized bed granulator / Y. Kornienko, S. Hayday, A. Liubeka, O. Martynyuk // Ukrainian Food Journal. – 2016. – Vol. 5. – Issue 1. – PP. 144-154.
5. Корнієнко Я. М. Процес одержання модифікованих гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, А. М. Любека, С. С. Гайдай // КПІ ім. Ігоря Сікорського – Електронні текстові дані (1 файл: 8,79 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017. – 210 С. – Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/12411>.
6. Патент № 109509 Україна МПК (2006.01) B01J 8/44. Газорозподільний пристрій апарата псевдозрідженого шару / Турко С. О., Корнієнко Я. М., Гайдай С. С., Мартинюк О. В., Любека А. М.; Заявл. 04.03.2016; Опубл. 25.08.2016, Бюл. № 16/2016.

СЕКЦІЯ 2

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

UDC 676.22.06

RESEARCH OF MODERN MANUFACTURING TRENDS AND PAPER CONSUMPTION

student Skripnik R., Anaschenko A.,

technical sciences candidate, senior scientist, assistant professor 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 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 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 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 m² 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 1m² 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 1m².

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 m² 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 1m^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 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

RESEARCH INFLUENCE OF THE MILLING PROCESS ON QUALITY INDICATORS OF PAPERWAY

Undergraduate students Lastovyak Yu., Nazarenko D., Porokhov D.,
technical sciences candidate, senior scientist, assistant professor Ploskonos V.G.

**National Technical University Of Ukraine
"The Igor Sykorsky Polytechnical Institute Of Kyev "**

Анотація. В ході виконання роботи проведено дослідження з метою дослідження та визначення оптимального градуса млива макулатурної маси в умовах використання крохмального клею із модифікованого кукурудзяного крохмалю різного ступеня заміщення: 0,035, 0,042, 0,053. Однією з головних проблем розширеного використання макулатури в якості сировини для виробництва різних видів паперу та картону є відновлення паперотворних властивостей вторинних волокон [1,2]. Аналіз наявної інформації показує, що фізико-механічні показники паперового полотна, виготовленого з макулатурної маси, значно поступаються аналогічним показникам в результаті використання первинного волокна. Основними причинами, які знижують відповідні показники вторинних волокон, є: зрговіння волокон і руйнування капілярів в процесі сушіння, природне старіння целюлозних волокон, а також несприятливий фракційний склад макулатурної маси, який залежить від технології виготовлення видів паперу, які входять до складу макулатури. Існують різні способи підвищення міцних показників якості паперу. Одним з таких способів - це проклейка, коли в масу або на поверхню додають різні допоміжні хімічні речовини (ДХВ) [3].

Ключові слова: градус млива маси, крохмальні клеї, паперове полотно, фізико-механічні показники.

Summary. In the course of the work, a study was conducted to investigate and determine the optimum degree of grinding mill waste in the conditions of use of starch glue of modified corn starch of different degrees of substitution: 0,035, 0,042, 0,053. One of the major problems with the expanded use of waste paper as raw material for the production of various types of paper and cardboard is the restoration of the paper-forming properties of secondary fibers [1,2]. Analysis of the available information shows that the physico-mechanical indices of the paper web made from waste paper are significantly inferior to the analogous indicators resulting from the use of primary fiber. The main causes that reduce the corresponding performance of the secondary fibers are: bending of the fibers and destruction of the capillaries in the drying process, the natural aging of the pulp fibers, as well as the unfavorable fractional composition of waste paper, which depends on the technology of production of types of paper in the composition. There are various ways to improve strong paper quality. One of these is sizing when various auxiliary chemicals (DHA) are added to the mass or to the surface [3].

Key words: degree grinding mass, starch adhesives, paper cloth, physical and mechanical parameters.

One of the major problems with the expanded use of waste paper as raw material for the production of various types of paper and cardboard is the restoration of the paper-forming properties of secondary fibers [1,2].

Analysis of the available information shows that the physico-mechanical indices of the paper web made from waste paper are significantly inferior to the analogous indicators resulting from the use of primary fiber.

The main causes that reduce the corresponding performance of the secondary fibers are: bending of the fibers and destruction of the capillaries in the drying process, the natural aging of the pulp fibers, as well as the unfavorable fractional composition of waste paper, which depends on the technology of production of types of paper in the comp There are various ways to improve strong paper quality. One of

these is sizing when various auxiliary chemicals (DHA) are added to the mass or to the surface [3].

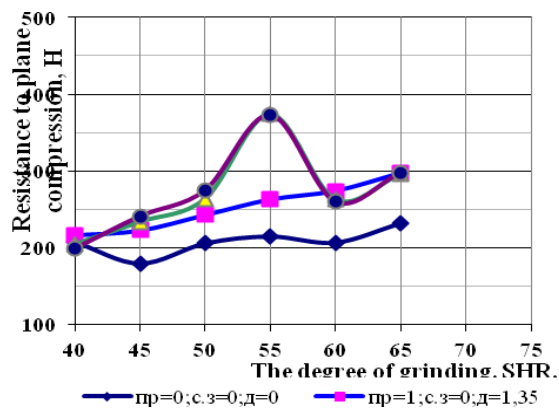
The purpose of this work is to investigate and determine the optimum degree of grinding mill waste in the conditions of use of starch glue of modified corn starch of different degrees of substitution: 0,035, 0,042, 0,053. Starch adhesive should increase the physical and mechanical performance of corrugated paper.

The studies were carried out under laboratory conditions and using mathematical models [3] in the range of varying the degree of grinding from 40 to 70 OWR. The weight of 1m² of samples was tried to withstand at 125 g.

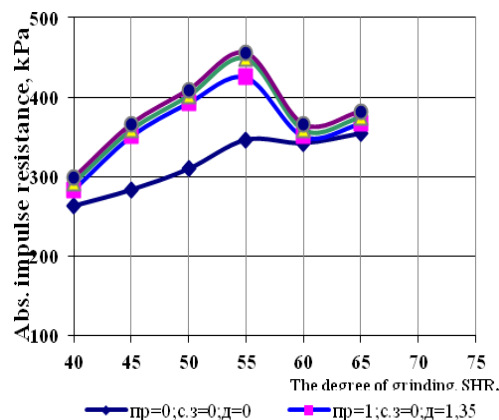
Conducted 4 series of experiments, namely: waste paper without sizing; waste paper with sizing of unmodified corn glue (consumption 13,5 kg / t); waste paper with sizing modified corn glue (replacement degree 0,035; consumption 16 kg \ t); waste paper with sizing with modified corn glue (replacement degree 0,053; consumption 18 kg \ t).

In Fig. 1 shows the graphs of the dependence of the indices of resistance to planar compression, the absolute resistance to punching, the specific tear resistance and surface water absorption of paper samples from the degree of grinding mass.

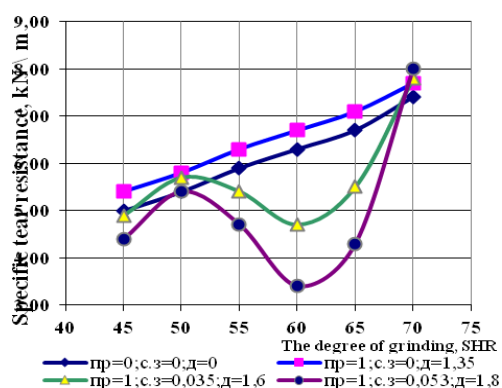
Thus, in the course of the experimental studies, it was found that the optimal degree of grinding for waste paper brand MC-5B in terms of resistance to planar compression and absolute resistance to extrusion is within 55 ° W. In terms of the specific tear resistance in the case of using unmodified adhesive, the optimum value of the degree of grinding can be considered as 70 ° SHR, at which the maximum value of the specific tear resistance approaching 8.0 is reached. However, if a modified adhesive is used (with a degree of substitution of 0.035 to 0.053), then two optima can be observed: 50 ° ShR at which the value of the specific tear resistance of 5.8-6.0 is reached, and 70 ° ShR at which the maximum value is reached specific tear resistance approaching 8.0.



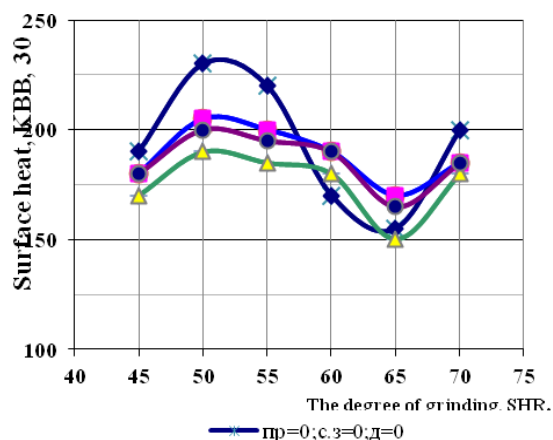
a)



b)



c)



d)

Figure 1 Graphs of dependence of physico-mechanical characteristics of castings on the degree of grinding mass: a) resistance to plane compression; b) the absolute resistance to pushing; c) specific tear resistance; d) surface water absorption of paper samples.

According to the indicator of surface water absorption, the expedient limit at which the indicator reaches the minimum value is 65 ° SH.

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. Ploskonos VG, Bukina E.I. Scientific Aspects of Finding the Optimal Conditions for the Use of Modified Corn Starch Adhesives in Paper and Cardboard Production // International Scientific Journal "Internauka". - 2019. - №13 (75), p.42 - 51.

УДК 676.038.2

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ФЛОТАЦІЇ
МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ**

студентка Андріянець Р.М., к.т.н., доц. Мовчанюк О.М.

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

Важливим аспектом переробки книжково-журнальної, газетної та інших видів задрукованої макулатури є видалення друкарської фарби та зольних елементів. Одним із способів видалення друкарської фарби з макулатурної маси, що не видаляється з неї при очищенні та сортуванні, є флотація. Сьогодні флотаційні апарати успішно використовуються на паперових підприємствах світу. Включення флотації в технологічну схему переробки макулатури є особливо необхідним у випадку виробництва тих видів паперу, до чистоти яких пред'являються особливі вимоги [1, 2].

Основним принципом процесу флотації є введення у волокнисту суспензію бульбашок повітря, до яких приєднуються частки друкарської фарби. Піна, що утворюється в результаті аерації волокнистої суспензії, піднімається до її поверхні й віддаляється спеціальними пристосуваннями у верхній частині флотаційної камери [2].

Процес флотації макулатурної маси базується на відмінності гідрофобності поверхні різних компонентів суспензії, таких як частки друкарської фарби, наповнювачів, липких забруднень і волокон суспензії. Чим вище гідрофобність часток домішок, тим краще відбувається їхнє прикріплення до бульбашок повітря, і тим стійкішою є піна. Для підвищення стабільності піни застосовуються флотореагенти: емульсії неіоногенних поверхнево-активних речовин (акрилові ефіри оксиду поліетилену), модифіковані жирні кислоти, тощо. При цьому відбувається агломерація невеликих часток друкарської фарби й частково змінюється природа часток наповнювачів,

внаслідок чого вони здобувають здатність прикріплюватися до бульбашок повітря. Під час флотації ефективно видаляються частки розміром від 10 до 250 мкм при збереженні обривків волокон і часток наповнювачів. У деяких випадках вдається забезпечити видалення часток розміром до 500 мкм [1].

Умови експлуатації флотаційної камери: концентрація маси – 0,8–1,5%, температура – 40–70°C, рН – 7–9. Відношення об'ємної витрати повітря до об'ємної витрати волокнистої суспензії становить 300%, іноді до 1000%.

Одним з істотних недоліків сучасної технології видалення друкарської фарби із макулатурної маси методом флотації є низький вихід і великі втрати волокна. Втрати дрібного волокна й зольних елементів можуть досягати 5–20%.

Дрібні волокна з невідокремленими частками друкарської фарби при флотації спливають на поверхню більш інтенсивно, ніж волокна без фарби, тому одним з шляхів скорочення волокнистих втрат під час флотації є підвищення ефективності відділення часток друкарської фарби й зольних елементів від волокон на етапі підготовки макулатурної маси до флотації (під час розволокнення макулатури й диспергування макулатурної маси) [1].

Ще одним способом зменшення втрат волокна і підвищення виходу після флотації може бути використання ступеневої флотації. В цьому випадку флотаційна піна, яка утворилася від первинної флотації, піддається вторинній флотації, що здійснюється за більш низької концентрації маси, оскільки у флотопіні після першого ступеня флотації міститься незначна кількість волокон.

Флотаційна камера типу SelectaFlot™ фірми Andritz має два рівні в одному апараті (рис. 1), для здійснення первинної і вторинної флотації [1, 3]. Мультиінжектор забезпечує оптимальний розподіл бульбашок повітря в суспензії. Видалення часток друкарської фарби й аніонних домішок здійснюється за мінімальної втрати волокна. Щоб зменшити втрати волокна, піна з першого ступеня флотації подається на другий. Питома витрата енергії флотаційної камери типу SelectaFlot™ на 20% є нижчою, ніж в аналогічних

апаратах, за рахунок оптимальної аерації маси по всьому об'єму камери. Продуктивність камери становить від 20 до 1200 т/добу [1, 3].



Рис. 1 – Флотажна камера типу SelectaFlot™

Крім того, флотажна камера типу SelectaFlot™ оснащена простою системою керування вузлом аерації, є зручною для огляду й технічного обслуговування, що дозволяє скоротити витрати на її експлуатацію [1, 2].

Таким чином, ефективність процесу флотації у технологічних потоках писально-друкарських і санітарно-гігієнічних видів паперу можна підвищити шляхом більш повного відділення часток друкарської фарби й зольних елементів від волокон на етапі підготовки макулатурної маси до флотації, а також використанням флотажних камер SelectaFlot™, що передбачають ступеневу флотацію. Це дозволить не лише знизити втрати волокна, але й скоротити енергетичні та експлуатаційні витрати на флотацію.

Перелік посилань:

1. Ковалева О. Ресурсосберегающая технология переработки макулатуры. Часть 11. Удаление печатной краски методом флотации // ЛесПромИнформ. 2007. № 9 (49). С. 138—141.

2. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Александров А.В., Гаузе А.А. Технология и оборудование переработки макулатуры: учеб. пособ. — СПб: ВШТЭ СПбГУПТД, 2019. Ч. III. — 139 с.

3. Modernizing to face competitive challenges // FiberSpectrum. 2005. №1. С. 8—11. URL: <https://www.andritz.com/resource/blob/58170/3590ac506b5e7752c300bf959abf2cfd/fiberspectrum-2005-01-en-data.pdf> (Дата звернення: 20.04.2020).

UDC 621

PRODUCTION OF ETHANOIC ACID WITH THE APPLICATION OF THE CAP RECTIFICATION COLUMN

student Polyakova V.I., Ph.D. Sachok R.V.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Анотація: Розглянуто модернізацію ректифікаційної колони.

Ключові слова: етанова кислота, ректифікаційна колона.

Abstract: The modernization of the distillation column is considered.

Key words: ethanoic acid, distillation column.

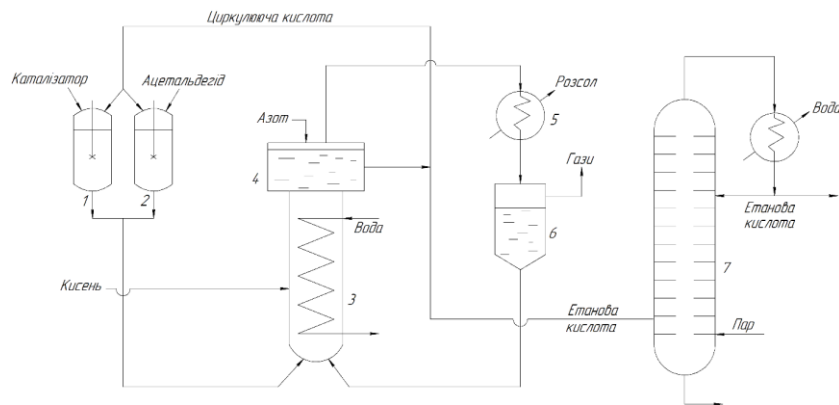
Ethanoic acid - a weak carboxylic acid. From ancient times it is known to mankind, who received it through the process of wine fermentation. Nowadays, vinegar is often used in everyday life, and especially in cooking for sauces, canning and marinades. This substance is also an excellent disinfectant, it can remove stains on the fabric, and also softens clothes during washing [1].

Ethanoic acid is widely used in industry: it is used to produce drugs, non-flammable film, plastics, man-made fiber and many other substances.

The distillation column is an integral part of ethanoic acid production. One of the ways to obtain it is the oxidation of acetaldehyde, the technological scheme of which is shown in Figure 1.

Solutions of catalyst and circulating ethanoic acid are fed from mixers 1 and 2 to the lower part of the oxidation column - bubble type reactor 3. The temperature in the column is maintained by cooling coils placed in it, through which water circulates. Throughout the height, oxygen is supplied to the column through several pipes under pressure, which bubbles through the liquid that fills the column. The vapor-gas mixture containing oxidation products is discharged from the column 3 through the spray catcher 4 and enters the condenser 5, cooled by brine, and from there to the separator 6. From the separator condensate consisting of ethanoic acid and acetaldehyde is returned to the oxidizing column, and uncondensed gases are washed with water. They are released into the atmosphere. To prevent the possibility

of an explosion, the gas-vapor mixture leaving the column is diluted with nitrogen, which is fed into the sprinkler 4. Liquid ethanoic acid after leaving the sprinkler column 3 is divided into two streams. One stream (circulating acid) is sent to mixers 1 and 2 for the manufacture of solutions of catalyst and acetaldehyde. The second stream enters the distillation column 7 to obtain the marketable product. From the lower part of the column 7 is removed in the form of a VAT residue of the catalyst solution entering the regeneration. The resulting product is 97.5 to 98.5% ethanoic acid.



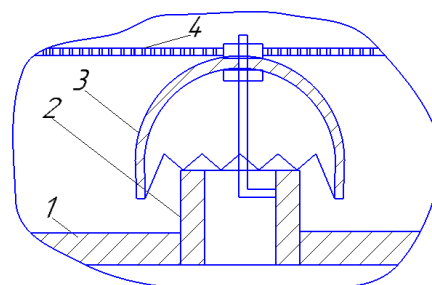
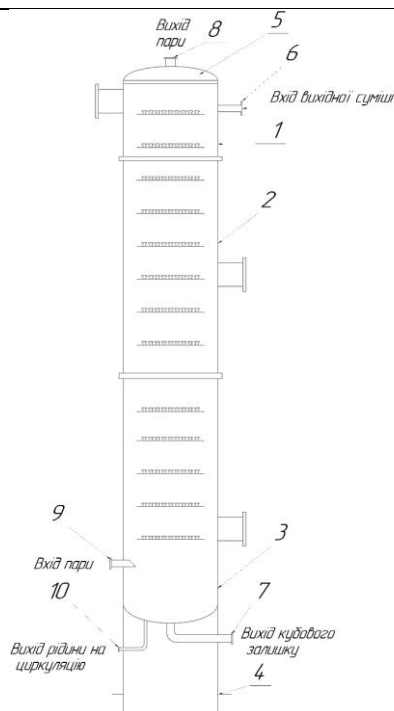
1- catalyst solution mixer, 2 - acetaldehyde solution mixer, 3 - oxidation column (reactor), 4 - spray catcher, 5 - brine condenser, 6 - separator, 7 - distillation column.

Figure 1 - Technological scheme of ethanoic acid production

The proposed utility model is a distillation column (Fig. 2), which contains mass transfer plates, each of which has a plate with caps installed on it and guide partitions, drains and receiving devices. The disadvantage of this solution is the insufficiently effective design solution for the separation of the liquid phase, which reduces the intensification of the mass transfer process.

The utility model is based on the task of increasing the intensification of the mass transfer process by installing a grid near the digger of the distillation column, which increases the contact surface of the phases, ie the efficiency of the plate, without reducing the productivity of the column [2].

The grille is installed horizontally at the point of attachment of the cap to its support. The proposed design of the plate consists of a plate body on which are installed nozzles 2 with caps 3. To the plate caps are attached to the lattice 4 horizontally.



1 - upper section; 2 - the main section; 3 - lower section; 4 - support section; 5 - cover; 6 - fitting of the mixture inlet; 7 - outlet fitting of the VAT residue; 8 - vapor output; 9 - steam input; 10 - the product enters the boiler.

Figure 2 - Distillation column

1. Figure 2 - Cap of the distillation column

When supplying steam to the column, the steam passes through the nozzle of the advanced plate 2, enters the cap 3, and passes through the grid 4, increasing the contact area of the phases.

The proposed model allows to increase the intensity of the mass transfer process.

References:

1 Zbirnyk`tez dopovidej XXV Vseukrayins`koyi naukovo-prakty`chnoyi konferenciyi studentiv, aspirantiv i molody`x vcheny`x «Obladnannya ximichny`x vy`robnny`cztyvi pidpry`yemstv budivel`ny`x materialiv» (m. Ky`yiv, 25-26 ly`stopada 2019 r.). – Ky`yiv : KPI im. Igorya Sikors`kogo, 2019. – S. 6–7.

2 Zayavka na deklaracijny`j patent Ukrayiny` na kory`snu model` # u 2019 10182 Rekty`fikacijna kolona vid 04.10.2019.

СЕКЦІЯ 3

«МАТЕМАТИКА»

УДК 539

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОЛЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛООБМІНУ

студенти Фурман А.В, Лозовенко О.С.

к. фіз-мат. н., доц. Листопадова В. В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Процеси теплообміну у тонких шарах є одним з найважливіших етапів виробництва різноманітних речовин, наприклад при сушінні та грануляції. Тому необхідно визначити параметри температурного поля у плівці для впровадження високоефективних технологічних процесів.

Процес теплообміну у плівці на сферичній частинці за умови, коли $D \gg \delta$, тобто діаметр значно більший товщини плівки описується рівнянням теплопровідності, яке розглянуто у декартові системі координат [1]. Вважаючи параметри рідинної фази всередині частинки і параметри стану оточуючого газового середовища залежать лише від значень по осях x і приймаючи коефіцієнт температуропровідності сталим, рівняння теплопровідності набуде вигляду:

$$\rho_1 c_p \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (1)$$

Початок координат для зручності розміщено в центрі твердої частинки, відомі початкові та граничні умови. Найлегше вирішити цю задачу заміною диференціалів кінцево-різничними виразами наприклад за методом скінченних різниць (сіток), схема нестационарного процесу теплообміну зображена на рисунку 1, [2]:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x^2} \approx \frac{\Phi_{i+1,i} - \Phi_{i+1,j}}{\Delta \tau} \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} \approx \frac{\Phi_{i-1,j} - 2\Phi_{i,j+1} + \Phi_{i+1,j}}{\Delta x^2} \quad (3)$$

Запишемо рівняння дифузійного нестационарного переносу для тривимірної задачі:

$$\rho C_p \frac{\Phi_{i-1,j} - \Phi_{i+1,j}}{\Delta \tau} = \lambda \frac{\Phi_{i-1,j} - 2\Phi_{i,j} + \Phi_{i+1,j}}{\Delta x^2} \quad (4)$$

Розв'яжемо математичну модель чисельним методом, застосувавши явну кінцево-різницеву схему, схематичне зображення якої представлено на рисунку 2:

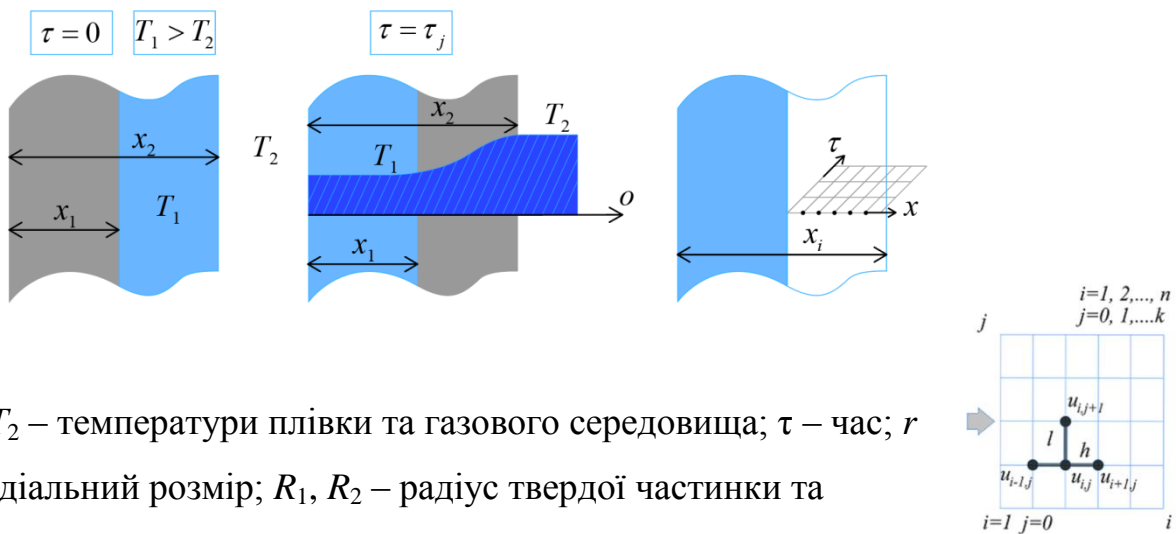


Рисунок 1 – Схема нестационарного процесу теплообміну

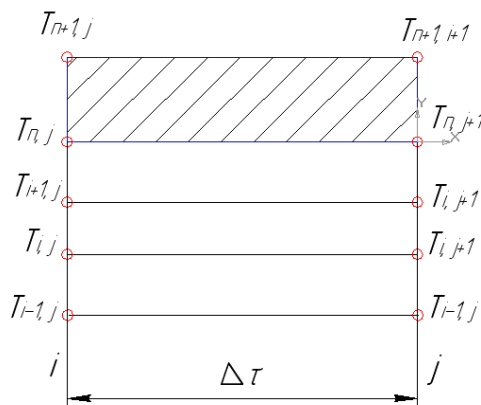


Рисунок 2 – Кінцево-різницєва схема

де T_1, T_2 – температури півки та газового середовища; τ – час; r – радіальний розмір.

Явне скінченорізницєве рівняння, отримуємо у вигляді системи рівнянь:

$$\Phi_{i,j+1} = \left(\frac{-\rho C_p \Delta x^2 + \Delta \tau}{\lambda} \right) \Phi_{i+1,j} + \left(\frac{-\rho C_p \Delta x^2 + \Delta \tau}{\lambda} \right) \Phi_{i+1,j} \quad (5)$$

Систему рівнянь (3) можна аналітично вирішити на ПК, враховуючи відомі величини: кроки по радіусу – h , та часу – l :

$$x = i \cdot h; \quad y = j \cdot l, \quad \text{де } i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 0, 1, \dots$$

Дана система рівнянь складена за явною схемою, похибка результатів заміни диференціального рівняння (1) рівнянням (5), буде достатньою для стійкості розрахунків при $0 < s \leq 0,5$.

Висновок. Застосування явної схеми методу сіток дозволяє визначити розподіл температур в півці розчину.

Перелік посилань:

1. Дахненко А.В. Моделювання процесу сушки зернистих компонентів в псевдозрідженому шарі // Дахненко А.В., Воронін Л.Г., Гевліч К.О., Степанюк А.Р. XI Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство.» 13-18 травня 2008 р. м. Київ, Україна с. 139.

2. Вычислительная математика в примерах и задачах. Н. В. Копченова, И. А. Марон. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1972.

УДК 539

РОЗРАХУНОК НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛООБМІНУ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ РІЗНИЦЬ

студентка Вакуліна А. Д., аспірант Гоцький Я. Г.,
к. фіз-мат. н. доц. Листопадова В. В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Теплообмін в тонких плівках чи краплинах є одним з найважливіших етапів виробництва різноманітних продуктів в харчовій, хімічній та фармацевтичній промисловості. При цьому постає необхідність у визначенні температурних полів у тонкій плівці розчину для впровадження високоефективного технологічного процесу.

Процес теплообміну у плівці розчину на твердій сферичній частинці описується рівнянням теплопровідності, яке розглянуто в сферичній системі координат (r, θ, φ) [1]. Вважаючи параметри рідинної фази всередині краплі і параметри стану оточуючого газового середовища не залежать від кутових координат та приймаючи коефіцієнт температуропровідності сталим, рівняння теплопровідності набуде вигляду:

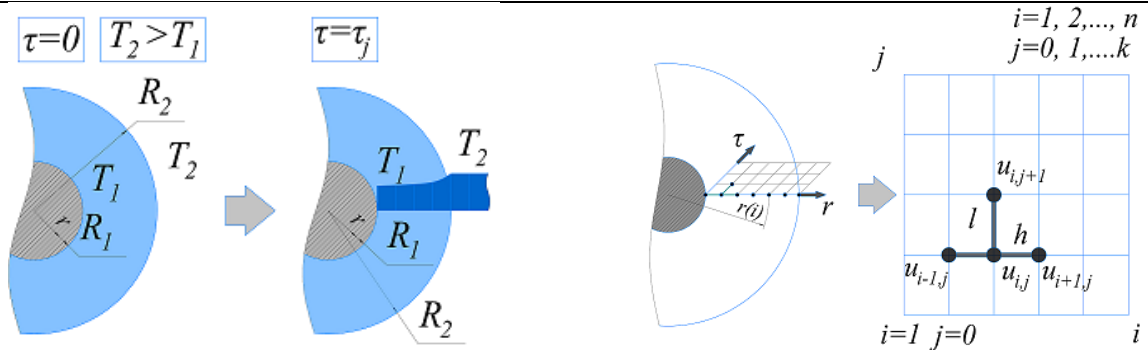
$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} \right) \quad (1)$$

де T – температура середовища, °С; τ – час, с; a – коефіцієнт температуропровідності, м²/с; r – радіальний розмір, м.

Початок координат для зручності розміщено в центрі твердої частинки, відомі початкові та граничні умови. Найбільш поширеними методами розрахунку подібних задач є метод скінченних різниць (сіток), схема нестационарного процесу теплообміну зображена на рисунку 1, [2].

Проводимо заміну частинних похідних першого та другого порядку різницевиими співвідношеннями:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = \frac{T_{i,j+1} - T_{i,j}}{l}; \quad \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} = \frac{T_{i+1,j} - 2T_{i,j} + T_{i-1,j}}{h^2}; \quad \frac{2}{r} \frac{\partial T}{\partial r} = \frac{2}{r_{i+1}} \frac{T_{i+1,j} - T_{i,j}}{h} \quad (2)$$



T_1, T_2 – температури плівки та газового середовища; τ – час; r – радіальний розмір; R_1, R_2 – радіус твердої частинки та плівки; h, l – крок по радіусу та часу

Рисунок 1 – Схема нестационарного процесу теплообміну

Попередньо наведене явне скінченорізнцеве рівняння, після заміни параметром: $s = a \frac{l}{h^2}$, $z_i = \frac{2}{r_{i+1}}$ та скорочень, отримуємо у вигляді системи рівнянь:

$$T_{i,j+1} = (1 - 2s - sh) \cdot T_{i,j} + (s + z_i sh) T_{i+1,j} + s T_{i-1,j} \quad (3)$$

Систему рівнянь (3) можна аналітично вирішити на ПК, враховуючи відомі величини: кроки по радіусу – h , та часу – l :

$$x = i \cdot h; \quad y = j \cdot l, \quad \text{де } i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 0, 1, \dots \quad (4)$$

Дана система рівнянь складена за явною схемою, похибка результатів заміни диференціального рівняння (1) рівнянням (3), буде достатньою для стійкості розрахунків при $0 < s \leq 0,5$.

Висновок. Застосування явної схеми методу сіток дозволяє визначити розподіл температур в плівці розчину.

Перелік посилань:

1. Дахненко А.В. Моделювання процесу сушки зернистих компонентів в псевдозрідженому шарі // Дахненко А.В., Воронін Л.Г., Гевліч К.О., Степанюк А.Р. XI Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство.» 13-18 травня 2008 р. м. Київ, Україна с. 139.

2. Вычислительная математика в примерах и задачах. Н. В. Копченова, И. А. Марон. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1972.

ЗАСТОСУВАННЯ ПОДВІЙНИХ І ПОВЕРХНЕВИХ ІНТЕГРАЛІВ ДО ЗАДАЧ ГІДРОМЕХАНІКИ.

студенти Я.Р. Пугач, к. фіз-мат. н., доц. Листопадова В. В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Застосування інтеграла до вирішення задач гідромеханіки, та виведення формули нерозривності рідини.

Ключові слова: інтеграл, гідромеханіка.

Ми усі знаєм що математика – цариця наук. Без використання математики неможливе вирішення жодної задачі у всіх відомих науках.

Я ж в свою чергу розгляну застосування інтеграла до задач гідромеханіки та основні рівняння гідромеханіки. Одразу перейдемо до розгляду конкретної задачі, а саме:

Рідина, що рухається, заповнює певний об'єм. Припускаючи відсутність джерел та стоків у цьому об'ємі, вивести рівняння нерозривності.

Розглянемо нестационарну течію рідини. Виділимо в рухомому середовищі об'єм V . Нехай густина рідини ρ залежить від координат точки $(x; y; z; t)$. Визначимо масу M рідини, що заповнює об'єм V в момент часу t .

$$M = \iiint_V \rho(x; y; z; t) dV$$

Очевидно, що за проміжок часу Δt маса зміниться на ΔM . Виводячи частинний приріст $\Delta \rho$ функції ρ за змінною t , зміну маси в об'ємі V запишемо у вигляді

$$\Delta M = \iiint_V [\rho(x; y; z; t) - \rho(x; y; z; t)] dV = - \iiint_V \Delta_t \rho dV$$

У припущенні неперервності функції ρ від t з точністю до нескінченно малих вищого порядку малості маємо

$\Delta_t = \frac{\partial \rho}{\partial t} dV$. Тому переходячи від приросту до диференціала, отримаємо вираз

$$dM = -dt \iiint_V \frac{\partial \rho}{\partial t} dV \quad (1)$$

Нехай у момент часу t виділений об'єм рідини V обмежений замкнутою поверхнею σ , а швидкість частинок рідини $V=V(z,y,z;t)$. Тоді потік торного поля V через поверхню σ в одиницю часу можна виразити інтегралом

$$\oiint_{\sigma} V \cdot nd\sigma$$

Вектор $nd\sigma$ за своєю абсолютною величиною дорівнює площі елемента поверхні й напрямлений по нормалі до неї. Ми будемо орієнтувати $nd\sigma$ уздовж зовнішньої нормалі. Тоді скалярний добуток $\rho V \times nd\sigma$ додатний, якщо рідина витікає з об'єму, та від'ємний, якщо втікає.

Вектор $j=\rho V$ - густина потоку рідини, напрямком цього вектора співпадає з напрямом руху рідини, в той час як його абсолютна величина визначає кількість рідини, що протікає в одиницю часу через одиницю площі, орієнтовної перпендикулярно до швидкості V .

Отже, зміна маси рідини, що витікає з виділеного об'єму через поверхню σ за час dt , дорівнює

$$dM = dt \oiint_{\sigma} \rho V \cdot nd\sigma$$

Користуючись формулою Остроградського-Гаусса, перетворимо інтеграл по поверхні на інтеграл по поміщеному всередині неї об'єму:

$$dM = dt \iiint_V \operatorname{div}(\rho V) dV \quad (2)$$

Прирівняємо вирази (1) та (2):

$$-dt \iiint_V \frac{\partial \rho}{\partial t} dV = dt \iiint_V \operatorname{div}(\rho V) dV \rightarrow \iiint_V \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho V) dV = 0$$

В наслідок довільності вибору об'єму V впливає:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho V) = 0 \quad (3)$$

Це рівняння називається рівнянням нерозривності. Його зміст полягає в тому, що в процесі руху рідини вона не породжується і не зникає. Рівняння нерозривності виражає закон збереження мас.

Розглядаючи певну частинку рідини, слід враховувати залежність її координат від часу. Цю залежність характеризує швидкість V :

$$\frac{dx}{dt} = V_x, \quad \frac{dy}{dt} = V_y, \quad \frac{dz}{dt} = V_z$$

Обчислимо повну похідну функції $\rho = \rho[t; x(t); y(t); z(t)]$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho}{\partial x} \frac{\partial x}{\partial t} + \frac{\partial \rho}{\partial y} \frac{\partial y}{\partial t} + \frac{\partial \rho}{\partial z} \frac{\partial z}{\partial t} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + V \cdot \text{grad } \rho$$

Вираз $\text{div}(\rho V)$ можна розписати як:

$$\rho \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + V_x \frac{\partial \rho}{\partial x} + V_y \frac{\partial \rho}{\partial y} + V_z \frac{\partial \rho}{\partial z} = \rho \text{div } V + V \cdot \text{grad } \rho$$

З урахуванням двох останніх нерівностей, рівняння нерозривності (3) набуває вигляду:

$$\text{div } V = - \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dt}$$

Отримана умова має просте пояснення: об'єм рідини, що втікає, дорівнює об'єму, що витікає. З цього випливає, що сумарний потік через замкнуту поверхню буде рівний нулю.

Перелік посилань

1. Герасимчук В.С., Васильченко Г.С., Кравцов В.І. (2009). Вища математика повний курс в прикладах і задачах: Кратні, криволінійні та поверхневі інтеграли. Елементи поля. Ряди. Прикладні задачі. Київ: Книги України ЛТД.

2. Бугов Я.С., Никольский С.М. (1989). Дифференциальные уравнения. Кратные интегралы. Ряды. Функции комплексного переменного. Москва: Наука.

3. Дубовик В.П., Юрик І.І. Вища математика (2006). Київ: А. С. К.

ЗАСТОСУВАННЯ РЯДІВ ФУР'Є ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ НЕСИНУСОЇДАЛЬНОГО СТРУМУ В КОНТУРІ

студент Гурин Є.С.,

к. фіз-мат. н. доц. Листопадова В. В.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

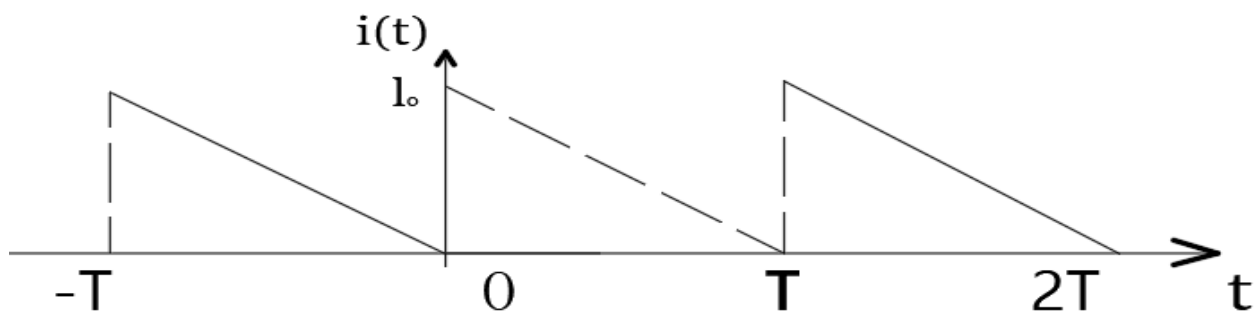
У даній роботі розглянута методика розрахунку електричних кіл несинусоїдального струму. Вона полягає в тому, що задана несинусоїдальне електрична напруга або струм джерела аналітично подають у вигляді гармонічного ряду Фур'є, після чого виконують розрахунок кола по кожній гармоніці або діючих значеннях струмів(або напруг) на окремих ділянках.

Відомо, що в контурі який складається з ємності й індуктивності, ємність сприяє збільшенню вищих гармонік у кривій струму, істотно спотворюючи в порівнянні із кривою напруги живлення.

Індуктивність, навпаки, придушує більші гармоніки в складі струму, згладжуючи криву струму і наближаючи її форму до вигляду першої гармоніки подаваної напруги джерела.

Фактична постановка задачі призводить до розкладання в ряд Фур'є функції: $i(t) = I_0(1 - \frac{t}{T})$ в інтервалі $[0;T]$, де $i(t)$ задовольняє умови Дріхле.

Оскільки функція задана в інтервалі, не симетричному відносно початку координат, то говорити про її парність або непарність немає сенсу. Графік функції її періодичне продовження (т.зв. «пилкоподібна функція») має вигляд, зображений на рисунку.



Обчислимо коефіцієнти Фур'є:

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_0^T l_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) dt = l_0$$

Інтегруючи частинами і вводячи $\omega = \frac{2\pi}{T}$, знаходимо:

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T l_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \cos k\omega t \cdot dt = \frac{2l_0}{kT\omega} \int_0^T \left(1 - \frac{t}{T}\right) d(\sin k\omega t) = \frac{l_0}{k\pi} \left\{ \left(1 - \frac{t}{T}\right) \sin k\omega t \Big|_0^T + \frac{1}{T} \int_0^T \sin k\omega t \cdot dt \right\} = 0$$

$$\begin{aligned} b_k &= \frac{2}{T} \int_0^T i(t) \sin k \cdot \omega t \cdot dt = \frac{2}{T} \int_0^T l_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) \sin k \cdot \omega t \cdot dt = -\frac{2l_0}{kT\omega} \int_0^T \left(1 - \frac{t}{T}\right) d(\cos k \cdot \omega t) = \\ &= -\frac{l_0}{k\pi} \left\{ \left(1 - \frac{t}{T}\right) \cos k\omega t \Big|_0^T + \frac{1}{T} \int_0^T \cos k \cdot \omega t \cdot dt \right\} = \frac{l_0}{k\pi}. \end{aligned}$$

Ряд Фур'є для функції $i(t)$ має вигляд

$$i(t) = l_0 \left(1 - \frac{t}{T}\right) = \frac{l_0}{2} + \frac{l_0}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin k \cdot \omega t}{t} \quad (0, t, T). \quad (*)$$

В інтервалі $[0;T]$ функція $i(t)$ неперервна, на підставі чого у всіх внутрішніх точках сума цього інтервалу (*) дорівнює $i(t)$. У межових точках $t=0$ і $t=T$ сума ряду дорівнює $\frac{1}{2} \{i(0)+i(T)\} = \frac{l_0}{2}$, що й має місце (оскільки $\sin 0=0$ і $\sin k\omega t = \sin 2\pi k = 0$)

Поза інтервалом $[0;T]$ ряд (*) періодичне продовження функції $i(t)$ на всю вісь t .
У всіх

точках $t \neq mT$ ($m=0, \pm 1, \pm 2 \dots$) періодичне продовження неперервне. У точках $t = mT$ (точки розриву 1-го роду сума ряду дорівнює напівсумі лівої й правої границь періодичного продовження в цих точках, тобто $\frac{l_0}{2}$.

Висновок. Дана методика дозволяє з точністю порахувати електричні кола несинусоїдального струму.

Перелік посилань:

1. Герасимчук В.С., Васильченко Г.С., Кравцов В.І. (2009). Вища математика повний курс в прикладах і задачах: Кратні, криволінійні та поверхневі інтеграли. Елементи поля. Ряди. Прикладні задачі.
2. 2. Вычислительная математика в примерах и задачах. Н. В. Копченова, И. А. Марон. Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1972.

СЕКЦІЯ 4

«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»

УДК 531/534

ЗАСТОСУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ УДАРІ ДЛЯ КУВАННЯ МЕТАЛУ

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

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

При куванні металу корисною вважається та частина кінетичної енергії молота, яка витрачається на роботу пластичного деформування металу. Будемо вважати, що робота пластичного деформування дорівнює втраті кінетичної енергії T_n молота, а повна кінетична енергія молота:

$T_0 = m_1 v_1^2 / 2$. Якщо швидкість наковальні $v_2 = 0$, то

$$T_n = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{1 - K^2}{2} v_1^2.$$

ККД процесу кування дорівнює

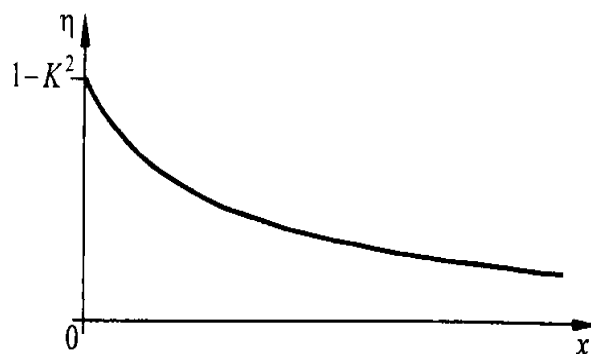
$$\eta = \frac{T_n}{T_0} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} (1 - K^2).$$

Нехай $m_1/m_2 = x$, тоді :

$$= \frac{1}{1+x} (1 - K^2),$$

де m_1, m_2 – відповідно маси молота та наковальні з поковкою.

На рисунку побудований графік останньої залежності, з якого видно, що $\eta_{max} = 1 - K^2$ при $x = 0$ (тобто при x близькому до нуля). Відповідно, щоб збільшити ефективність кування, необхідно зменшити масу молота.



УДК 531/534

ВИЗНАЧЕННЯ ІМПУЛЬСУ УДАРНОЇ РЕАКЦІЇ ОПОРИ ПРИ ОБЕРТІННІ ДИСКА

студент Тригубець Б.О., к.т.н., доцент Штефан Н.І

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікоського»

Дослідимо питання про визначення імпульсу ударної реакції опори, якщо удар є абсолютно непружним та кутову швидкість диска після цього удару для випадку обертання однорідного диска радіуса R і маси m з кутовою швидкістю ω_0 .

Вважатимемо, що по ободу диска зі швидкістю \vec{v} ударяє матеріальна точка маси m_1 .

Згідно теореми, про зміну головного момента кількості руху системи відносно осі OZ маємо:

$$K_z - K_{z0} = \sum_{k=1}^n M_z(\vec{S}_k^e)$$

Зовнішній ударний імпульс \vec{S}_0^e перетинає вісь і тому його момент відносно осі дорівнює нулю. Тому $K_z = K_{z0}$ – головні моменти кількості руху системи відносно осі OZ після і до удару. Знайдемо їх:

$$K_{z0} = K_{zg0} + K_{zm0} = I_z \omega_0 + M_z(m_1 \vec{v}), \text{ або } K_{z0} = J_z \omega_0 + m_1 v R / 2.$$

(K_{zg0} і K_{zm0} – кількості руху диска і точки в початковий момент часу)

Так як удар абсолютно непружний, то вектор швидкості після удару u_1 напрямлений по дотичній до ободу диска. Тоді,

$$I_z \omega_z + m_1 u_1 R = \omega_z (I_z + m_1 R^2), \text{ або } \omega_z = \frac{m R \omega_0 + m_1 v}{R(m + 2m_1)}.$$

Згідно теореми про зміну кількості руху системи $S_{ox} = \Delta Q_x$,

$$S_{oy} = \Delta Q_y, Q_0 = m_1 v, Q = m_1 u, \Delta Q = m_1 (u - v).$$

Отже, отримуємо:

$$S_{ox} = -m_1 \omega_z R \cos 30^\circ = -\frac{\sqrt{3} m_1 (m R \omega_0 + m_1 v)}{2(m + 2m_1)},$$
$$S_{oy} = m_1 (v - \omega_z R \cos 60^\circ) = \frac{m_1 (2mv + 3m_1 v - m R \omega_0)}{2(m + 2m_1)}.$$

ЗМІСТ
СЕКЦІЯ 1

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

MODERNIZATION OF THE STEAM RECTIFICATION COLUMN	
Khomenko M., Stepaniuk A.	4
THE MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER DESIGN FOR THE PLANT OF THE ACETONE PRODUCTION BY THE CUMENE PROCESS	
Aitubaiev I.I., Hulienko S.V., Novokhat O.A.	7
MODERNIZATION OF THE CONTACT PLATE OF THE MASS EXCHANGE DEVICE	
Polishchuk D., Andreiev I.	10
CONTACT PLATE COLUMN APPARATUS WITH PULSATING MOVEMENT OF THE LIGHT PHASE	
Kovalov R., Andreiev I.	13
THE MODERNISATION OF THE HEAT EXCHANGER DESIGN FOR THE PLANT OF THE BENZENE ALKYLATION IN THE LIQUID PHASE	
Satserdotov O. O., Hulienko S.V., Novokhat O.A.	16
THE MODERNIZATION OF HEAT EXCHANGER DESIGN FOR THE COUPLED PHENOL AND ACETONE PRODUCTION PLANT BY THE CUMENE METHOD	
Kalynovskyi A.S., Hulienko S.V., Novokhat O.A.	19
THE MODERNIZATION OF HEAT EXCHANGER DESIGN FOR BRINE PURIFICATION PLANT	
Sharypov Y. M., Hulienko S.V. Zubriy O. G.	22

PRODUCTION OF DIMETHYL KETONE WITH THE USE OF A CAP	
Bobrovitsky D.D., Sachok R.V.	25
Determining the limiting stage during paper drying	
Marchevsky V.M., Novokhat O.A., Danchyshen I.A.	28
EXPLANATION OF CHOOSING THE THE MIXING DEVICE IN PROCESS OF OBTAINING ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS	
Podventsova D.D., Kyryliuk V.O., Haidai S.S.	32
EXPLANATION OF CHOOSING THE GRANULATOR WITH A FLUIDIZED BED FOR OBTAINING ORGANIC-MINERAL FERTILIZERS	
Podventsova D.D., Kyryliuk V.O., Haidai S.S.	36
СЕКЦІЯ 2	
«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»	
RESEARCH OF MODERN MANUFACTURING TRENDS AND PAPER CONSUMPTION	
Skripnik R., Anaschenko A., Ploskonos V.G.	41
RESEARCH INFLUENCE OF THE MILLING PROCESS ON QUALITY INDICATORS OF PAPERWAY	
Lastovyak Yu., Nazarenko D., Porokhov D., Ploskonos V.G.	45
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ФЛОТАЦІЇ МАКУЛАТУРНОЇ МАСИ	
Андріянець Р.М, Мовчанюк О.М.	50
PRODUCTION OF ETHANIC ACID WITH THE APPLICATION OF THE CAP RECTIFICATION COLUMN	
Polyakova V.I., Sachok R.V.	53

СЕКЦІЯ 3
«МАТЕМАТИКА»

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОЛЯ НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛООБМІНУ	
Фурман А.В, Лозовенко О.С. Листопадова В. В.	57
РОЗРАХУНОК НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛООБМІНУ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ РІЗНИЦЬ	
Вакуліна А. Д., Гоцький Я. Г., Листопадова В. В.	60
ЗАСТОСУВАННЯ ПОДВІЙНИХ І ПОВЕРХНЕВИХ ІНТЕГРАЛІВ ДО ЗАДАЧ ГІДРОМЕХАНІКИ.	
Пугач Я.Р., Листопадова В. В.	62
ЗАСТОСУВАННЯ РЯДІВ ФУРЕ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ НЕСИНУСОЇДАЛЬНОГО СТРУМУ В КОНТУРІ	
Гурин Є.С., Листопадова В. В.	64

СЕКЦІЯ 4
«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»

ЗАСТОСУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ КІНЕТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ УДАРІ ДЛЯ КУВАННЯ МЕТАЛУ	
Вакуліна А.Д., Штефан Н.І.	69
ВИЗНАЧЕННЯ ІМПУЛЬСУ УДАРНОЇ РЕАКЦІЇ ОПОРИ ПРИ ОБЕРТІННІ ДИСКА	
Тригубець Б.О., Штефан Н.І	70