



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

**Інститут технічної теплофізики НАН України
Інститут Газу НАН України
Грузинський технічний університет**

**Збірник тез доповідей XXI міжнародної
науково-практичної конференції студентів,
аспірантів і молодих вчених**

**”РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОБЛАДНАННЯ”**

06-08 грудня
Київ 2021

УДК 66
ББК 35.11я43
Р 43

Збірник тез доповідей ХХІ міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (06-08 грудня 2021 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. – 186 с.

**Збірник тез доповідей ХХІ міжнародної
науково-практичної конференції студентів,
аспірантів і молодих вчених**

**"РЕСУРСОЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ
ТА ОБЛАДНАННЯ"**

Рекомендовано до друку
Вченою радою Інституту
технічної теплофізики
НАН України
Протокол № 12
від 30 листопада 2021 р.

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

Тези опубліковано за авторською редакцією.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Снежкін Ю. Ф.** академік, д.т.н., директор Інституту технічної теплофізики НАН України, голова програмного комітету конференції
- Корнієнко Я. М.** д.т.н., професор, зав. кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського, заступник голови програмного комітету конференції
- Киричок П.О.** д.т.н, проф., директор Видавничо-поліграфічного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
- Льєнко Б. К.** к.т.н., Вчений секретар Інституту Газу НАН України
- Сергієнко Р.В.** к.т.н., Вчений секретар Інституту Інституту технічної теплофізики НАН України
- Корінчук Д. М.** д.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України
- Коник А.В.** к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України
- Собченко В.В.** к.т.н., с.н.с., провідний науковий співробітник Інституту Газу НАН України
- Какубава Реваз (Івері) В.** д.т.н., професор Грузинського технічного університету
- Надейко О.В.** Начальник головного управління перспективного розвитку Білоруського державного концерну по нафті і хімії

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

- Корнієнко Я. М.** д.т.н., професор, зав. кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського», голов організаційного комітету конференції
- Степанюк А. Р.** к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського, заступник голови програмного комітету конференції
- Марчевський В. М.** к.т.н., професор кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського
- Андрєєв І. А.** к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ»
- Швед М. П.** к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського
- Зубрій О. Г.** к.т.н., доцент кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв Інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського

СЕКЦІЯ 1

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

UNIT VS-300KPI FOR DRYING CASEIN AND SIMILAR THERMOLABILE PRODUCTS

Ph.D., professor Marchevskiy V., master student Glibovets S.,
master student Shashkov V.

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

***Abstract.** As an analogue, the design of a unit for drying casein in a vortex layer, developed at the Kiev Polytechnic Institute, is considered and is mass-produced according to the technical conditions of the USSR. The design flaws to be eliminated in the modernized design are indicated. The main indicators of the VS-300KPI unit required for modernization and economic calculations are presented.*

Key words: UNIT, MODERNIZATION, DRYING, VORTEX LAYER, CASEIN.

АГРЕГАТ ВС-300КПИ ДЛЯ СУШІННЯ КАЗЕЇНУ І ПОДІБНИХ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ ПРОДУКТІВ

к.т.н., професор Марчевський В.М., магістрантка Глибовець С.В.,
магістрант Шашков В.О.

**Національний Технічний Університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

***Анотація.** В якості аналога розглянуто конструкцію агрегату для сушіння казеїну у вихровому шарі, розробленого в Київському політехнічному інституті та випускається серійно за технічними умовами СРСР. Вказані недоліки конструкції, які потрібно усунути у модернізованій конструкції. Наведено основні показники агрегату ВС-300КПИ, необхідні для модернізації та економічних розрахунків.*

Ключові слова: АГРЕГАТ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, СУШІННЯ, ВИХРОВИЙ ШАР, КАЗЕЇН.

The VS-300KPI unit for continuous drying of casein and other thermolabile products in a vortex fluidized bed was developed at the Kiev Polytechnic Institute on the assignment and with the participation of the Ministry of Meat and Dairy Industry of the Ukrainian SSR.

A feature of the unit is a high specific productivity, high technical and economic indicators, compactness, complete mechanization and automation of the processes of dehydration and drying of casein [1, 2].

The unit includes a fluidized bed apparatus 1 with a pneumatic loader attached to its body and a built-in dust collector, a granulator press 2, a storage hopper 3, a block of heaters 4, a bath 5 for heating raw casein, a control panel 6, a blowing fan 7, suction fan 8, grain pump 9, circulation pump 10, pneumatic conveying line 11, air ducts 12.

Drying is carried out in a fluidized bed, the hydrodynamic structure of which is created with the help of a sinkless prismatic gas distribution device, which provides favorable conditions for drying high-moisture thermolabile products. The supply of heated raw casein from the tank 5 to the press-granulator 2 is carried out by the grain pump 9. The press-granulator has an original design of the press cylinder, which allows to reduce the loss of casein during pressing and to facilitate the removal of pressed water through the surface of the cylinder.

Pressed raw casein in the form of granules with the help of a pneumatic loader is fed into the fluidized bed apparatus, where it contacts with a hot heat carrier, intensively mixed and dried. The dried product is continuously removed from the apparatus through the overflow threshold and is fed through a pneumatic conveying line to a storage hopper equipped with a bagging device.

The dust collector built into the body of the apparatus ensures the maximum compactness of the apparatus with a good degree of purification of the waste heat carrier from small particles of casein.

Automatic regulation of the technological parameters of the drying process within the specified limits is carried out by changing the supply of raw casein to the drying zone of the fluidized bed apparatus.

The VS-300KPI unit is easy to manufacture and install. It does not require special foundations. All its nodes are freely located on an area of 36 m² (6x6 m). The high reliability of the unit is due to the complete absence of mechanisms and movable joints in the fluidized bed apparatus, as well as a transmission link for transporting raw casein from the press to the drying apparatus.

The units are introduced and operated at dairy factories.

In the process of industrial operation of the VS-300KPI units, the need for the modernization of individual elements of their design was revealed. Work to improve the design of the unit will be carried out in the diploma project.

The annual economic effect from the introduction of one unit with an annual production of 400 tons of casein is 30 thousand dollars.

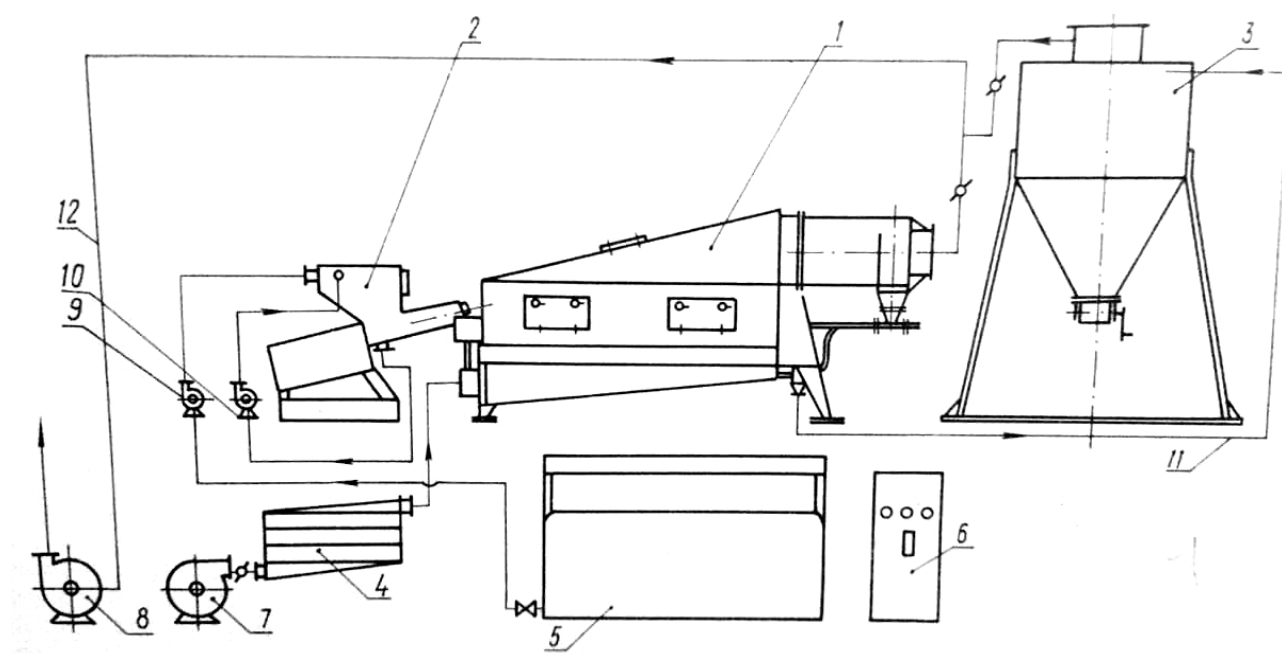


Figure 1 – Unit diagram

Technical specifications

Unit performance, kg/h:	
dry product	200-300
evaporated moisture	300-330
Air temperature, °C	
at the entrance to the apparatus	130±10
at the exit from the apparatus	45-50
Specific consumption per 1 kg of evaporated moisture:	
air, kg	37
steam, kg	1,77
electricity, kWh*h	0,1
Installed power of the unit electric drives , kWh	45
Overall dimensions of the vortex fluidized bed apparatus, mm	4600x1240x2950
Mass of the vortex fluidized bed apparatus, kg	1180

References:

1. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоянии. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – Л.: Химия, 1979. – 272 с., ил. – (серия «Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии»).

2. Расчеты аппаратов кипящего слоя: Справочник/Под ред. И.П. Мухленова, Б.С. Сажина, В.Ф. Фролова. – Л.: Химия, 1986. – 352 с.

Physical model of zeolite drying process

PhD student Kushniruk V.M., assistant professor Novokhat O. A.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Анотація: Запропоновано фізичну модель процесу сушіння цеоліту. Описано радіаційно – конвективне сушіння цеоліту. Показано, як впливають теплові потоки на частинку цеоліту та як видаляється волога з цеоліту.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦЕОЛІТ, КАПЛЯРНО-ПОРИСТИЙ МАТЕРІАЛ, ІНФРАЧЕРВОНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ, РАДІАЦІЙНО – КОНВЕКТИВНЕ СУШІННЯ.

Abstract: A physical model of the zeolite drying process is proposed. Radiation - convective drying of zeolite is described. It is shown how heat fluxes affect the zeolite particle and how moisture is removed from the zeolite.

KEYWORDS: ZEOLITE, CAPILLARY-POROUS MATERIAL, INFRARED RADIATION, RADIATION-CONVECTIVE DRYING.

Drying of wet zeolite in which the heat required to evaporate the liquid and heat the zeolite, is transferred mainly by radiant energy. This type of drying is usually called radiation drying or drying by infrared radiation (IR).

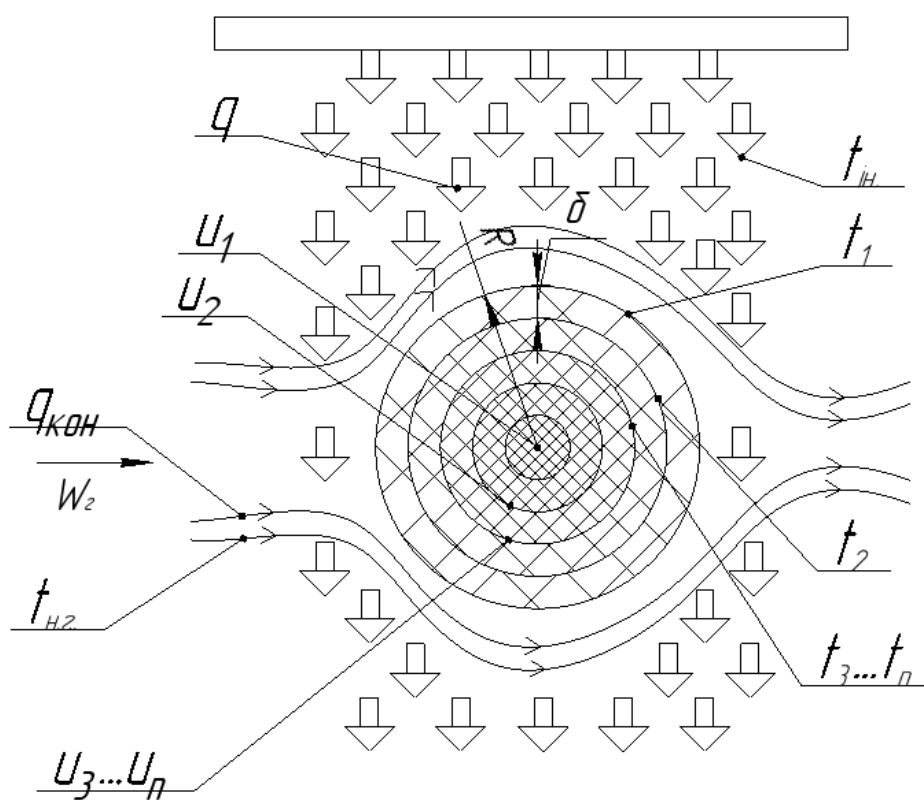
Drying by thermal radiation is accompanied by drying with heated gas, so in most cases there is radiation - convective drying [1].

To effectively implement the radiation - convective drying process in drying equipment and select energy-saving process modes, it is necessary to experimentally and theoretically investigate the phenomena that occur during moisture removal from zeolite, study the kinetics of moisture removal and develop a model of mathematical description of the process.

To create a physical model of the process of radiation - convective drying is necessary in order to be able to describe and mathematically analyze the effect of physical phenomena on zeolite particles.

The object of study is zeolite - a capillary-porous body. The kinetics of dehydration significantly depends on the thickness of the material. The study plans to study the kinetics of dehydration of a zeolite particle in the form of a sphere, taking into account the shape coefficient, because zeolite crystals have the shape of a tetrahedron.

The physical model of the zeolite drying process is presented in Figure 1.



q – heat supplied by an infrared emitter; q_{KOH} – heat from hot air;
 $u_1, u_2, u_{3...n}$ – moisture content in different layers of the particle;
 W_2 – speed of hot air; t_{IH} – temperature from the infrared emitter;
 $t_1, t_2, t_{3...n}$ – temperature in different layers of the particle;
 $t_{\text{H},2}$ – temperature of heated air; R – radius of the zeolite particle;
 δ – thickness of the layer.

Figure 1 - Physical model of zeolite drying process

Pre-selected radiation-convective drying method. There is a source of infrared radiation from which the heat flux (q) enters the surface of the sphere according to the Stefan-Boltzmann law, and the sphere absorbs infrared radiation according to Bouguer's law. There is also a heat source from hot air (convective component) ($q_{кон}$). Forced convection occurs and heat is transferred to the surface of the sphere according to Newton Richman's law (heat transfer law) [2].

The zeolite particle is conventionally divided into infinitesimal layers starting from the outer surface to the center. Thus, the moisture content (u) and the drying time will increase from the outer surface to the center, and the temperature (t) will decrease. Inside the sphere there is a thermogradient (temperature difference). Heat passes through the thermogradient into the middle of the sphere due to the thermal conductivity according to Fourier's law.

Zeolite, as a capillary-porous body, contains free moisture, moisture in capillaries and adsorption-bound moisture. In the first drying period, free moisture evaporates, and the process speed is limited by the intensity of the heat flow. In the second drying period, the rate is initially limited by the diffusion of moisture into the evaporation zone (removal of moisture in the capillaries), and at the end of drying is limited by the destruction of adsorption bonds of moisture with zeolite and its evaporation.

Therefore, when using the radiation-convective drying method, it is possible to predict an increase in the drying rate. The temperature of the product during drying is within the limits that ensure the preservation of its valuable properties.

References:

1. Lykov AV Theory of drying / AV Lykov - M., Energy, 1968. - 472 p.
2. Sazhin B.S. Scientific bases of drying technique / Sazhin B.S. - M.: Science, 1997. - 448 p.

MODERNIZATION OF THE SEA SALT PRODUCTION PLANT WITH THE DEVELOPMENT OF A DRUM DRYER AND A CYCLONE

Graduate student Boychuk Yaroslav, lecturer assistant Podiman Hrihorii, senior
teacher Sachok Roman

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract. *A description of the technological scheme of sea salt production is given. It is proposed to modernize groups of devices to increase the efficiency of drying and separation of sea salt.*

Keywords: DRUM DRYER, CYCLONE, SEA SALT, DRYING PROCESS.

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБНИЦТВА МОРСЬКОЇ СОЛІ З РОЗРОБКОЮ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ ТА ЦИКЛОНУ

магістрант Бойчук Я. І., асист. Подиман Г. С., ст. викладач Сачок Р.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація. *Наведено опис технологічної схеми виробництва морської солі. Запропоновано модернізувати групи апаратів для підвищення ефективності сушіння й розділення морської солі.*

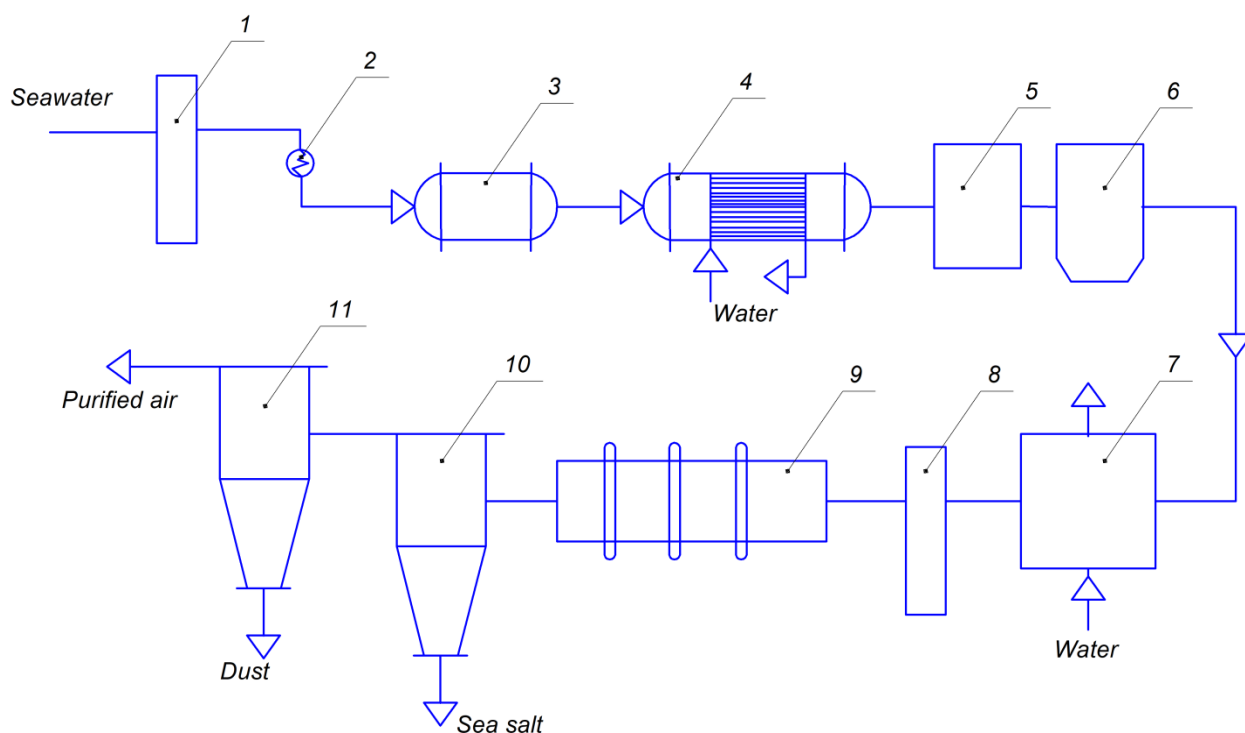
Ключові слова: БАРАБАННА СУШАРКА, ЦИКЛОН, МОРСЬКА СІЛЬ, ПРОЦЕС СУШІННЯ.

Salt is one of the most important foods for humans and animals. Due to its action, gastric juice is released, which is necessary for digestion. Salt minerals act as important electrolytes in the body. They help maintain muscle function, water balance and transmit nerve impulses. [1].

Salt is used not only in the food industry, but also as a fertilizer in agriculture, and is also used in cosmetology. Therefore, it can be divided by discarding salt with various additives and color, and leaving only two types: kitchen and sea. Kitchen, or rock, salt is formed from crystals formed by the drying

of ancient seas many years ago, and sea salt is extracted, respectively, from sea water. Both in the first and in the second case the process of liquid evaporation takes place [2]. The technological scheme of the sea salt processing plant is shown in Figure 1.

Seawater after filtration in filter 1 is fed to heater 2 from which the heated mixture is obtained, which in turn enters evaporator 3. After the evaporator, the mixture is cooled in the heat exchanger 4 and enters mold 5, which further crystallizes salt on the surface of existing crystals. After crystallization, the salt is fed into a centrifuge 6, which due to the centrifugal force is released from the water. After centrifugation, the salt is washed with water in apparatus 7, filtered in filter 8, and dried in a drum dryer 9. Next, the dried salt enters cyclone 10, where the sieving and drying of the material. Before being released into the atmosphere, the exhaust gases are cleaned in Cyclone 11 [3].



- 1 – filter; 2 – heater; 3 – evaporator; 4 – heat exchanger; 5 – crystallizer;
6– centrifuge; 7 – the device for washing by water; 8 – filter; 9 – drum dryer;
10 – cyclone for salt purification; 11 – cyclone for air purification

Figure 1 – Technological scheme of the marine processing plant

The work aims to modernize the dryer and the cyclone to improve the sea salt production process.

References:

1. Pozin M.E. Technology of mineral salts (fertilizers, pesticides, industrial salts, oxides and acids), Part 1, 4th ed., Ed. L., Izd-vo "Chemistry", 1974, 752 pages.
2. Maksym Tkachuk and Andriy Stepanyuk. Modernization of the drum dryer of the sea salt production plant // Nauka online: International electronic scientific journal – 2019. – №9. – <https://nauka-online.com/ua/publications/tehnicheskie-nauki/2019/9/modernizatsiya-barabannoyi-susharki-ustanovki-virobnitstva-morskoyi-soli/>
3. Ginzburg A.S. Calculation and design of drying installations of the food industry / A.S. Ginzburg. M.: Agropromizdat, 1985. 335 s.

UDC 678.057.3

PREPARATION OF FILM FROM POLYMERIC MATERIALS BY EXTRUSION METHOD

Graduate student Hushcha Maksym, lecturer assistant Podiman Hrihorii
National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract. *The urgency of the problem of making a film from polymeric materials is considered and the basic scheme of the structure of the extrusion installation of polymeric materials is described.*

Keywords: POLYMER, EXTRUSION, FILM, POLYMER FILM.

ОТРИМАННЯ ПЛІВКИ З ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ МЕТОДОМ
ЕКСТРУЗІЇ

магістрант Гуца М. О., асистент Подиман Г. С.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація. *Розглянуто актуальність проблеми виготовлення плівки з полімерних матеріалів та описана принципова схема будови установки екструзії полімерних матеріалів.*

Ключові слова: ПОЛІМЕР, ЕКСТРУЗІЯ, ПЛІВКА, ПОЛІМЕРНА ПЛІВКА.

Polymer films are solid polymer layers with a thickness of 0.1–0.2 mm [1]. Thicker layers of polymeric materials are called sheets [2].

Polymer films are obtained from natural, artificial, and synthetic polymers. The largest group consists of synthetic polymer films. Among the films of this group, polyolefin, polyvinyl chloride, polyimide, polyamide, and polystyrene films are the most widespread.

In most cases, films are made of synthetic polymers. on a complex of physical and mechanical and chemical properties, surpass films from natural and artificial polymers therefore their industrial production and consumption continuously grow.

Along with good technological properties, thermoplastic polymers have in some cases have a unique combination of performance properties: lightness,

resistance to aggressive environments, excellent dielectric, optical, frictional properties. That is why films made of polymeric materials are widely used in many industries.

Most often, films are used as packaging materials for food products, consumer goods, liquid, and bulk chemical and petrochemical products, for household purposes.

Polyethylene, polypropylene, cellulose and its ether, polymer, and copolymer of vinyl chloride, polystyrene, polyamide, polyester, natural rubber hydrochloride, etc. are used for the production of packaging films. Some specific properties have multilayer packaging materials such as film-film, film - paper or film-foil, as well as foam films.

Also, widely used electrical insulating films are used for the manufacture of winding and assembly wires and cables in the manufacture of capacitors for groove insulation of electrical machines. The cable industry uses films in combination with special grades of paper, fiberglass, or synthetic fibers.

Greenhouses, frames, and coatings for greenhouses, portable weatherproof coatings that protect plants from frost are made of weather-resistant transparent polymer films.

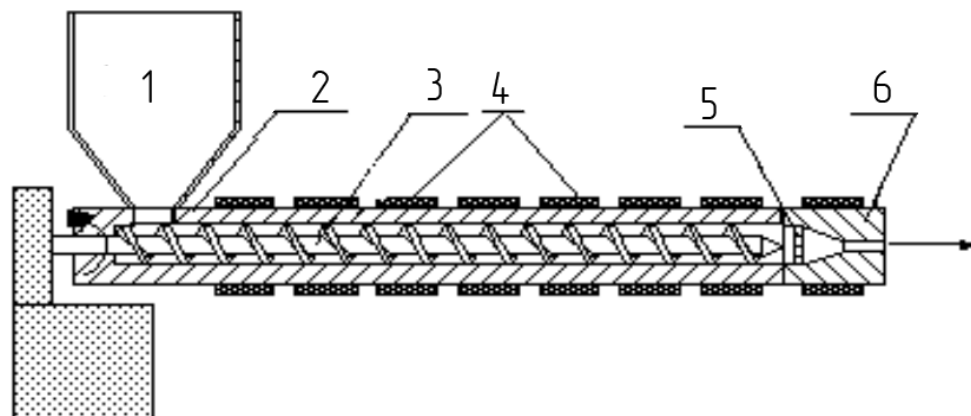
Waterproofing films are used in construction in the construction of artificial reservoirs, canals, and other purposes.

Among the numerous methods of obtaining polymers from thermoplastics, extrusion is the most productive.

Extrusion is a continuous technological process consisting in pushing material with high viscosity in the liquid state through a forming tool - a matrix, to obtain a product with a cross-section of the desired shape.

In the industrial processing of polymers by extrusion, various moldings are made: pipes, sheets, films, cable sheaths, elements of optical systems of luminaires - diffusers, etc.

The main technological equipment for processing polymers of the product by extrusion are single-screw, multi-screw, piston, and disk extruders. The scheme of the horizontal extruder is shown in Figure 1.



1 - loading hopper; 2 - matrix; 3 - auger; 4 - heaters; 5 - filter; 6 - head

Figure 1 - Schematic diagram of a single- screw horizontal extruder [3]

The extruder consists of the case with heating elements; working body (auger, disk, piston), located in the housing; the node of loading of the processed material; power drive; systems for setting and maintaining the temperature regime; control-measuring and regulating devices.

References:

1. Sadova A.N. Technology for the production of polymer films from melts and methods for studying their properties: a textbook. Kazan: KNITU, 2013. 224 p.

2. Dvoinos Y.H., Podyman H.S., Rudnytskyi B.A. (2020). Calculation of the effective temperature difference during thermostabilization of calender shafts for formation sheets from thermoplastics / Modern engineering and innovative technologies, Issue 14 / Part 1, pp 23-27, 2020; DOI: 10.30890 / 2567-5273.2020-14-01-050. ISSN 2567-5273

3. Ilyina V.V., Osmolovskaya N.A., Zinenko T.N. Polymers. Fundamentals of polymer processing. Environmental protection in polymer technology: teaching method. way. / за заг. ed. S.S. Mnatsakanova. St. Petersburg, 2011.

UDC 66.021.4, 678.027.2, 676.056.71, 66.011

COOLING OF POLYMER PIPES DURING MANUFACTURE BY EXTRUSION METHOD

graduate student Koliadenko Vladyslav, lecturer assistant Podiman Hrihorii

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract. *The technological process of manufacturing and cooling polymer pipes by the extrusion method is given.*

Keywords: PIPE, POLYMER, COOLING BATH.

ОХОЛОДЖЕННЯ ПОЛІМЕРНИХ ТРУБ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ МЕТОДОМ ЕКСТРУЗІЇ

Магістрант Коляденко Владислав, асистент Подиман Григорій

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

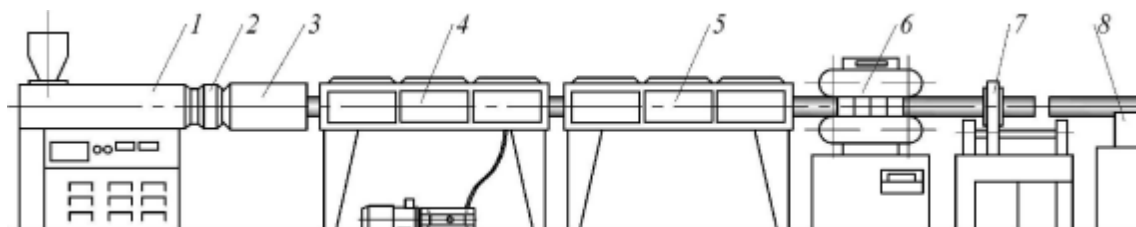
Анотація. *Наведені технологічний процес виготовлення та охолодження полімерних труб методом екструзії.*

Ключові слова: ТРУБА, ПОЛІМЕР, ОХОЛОДЖУВАЛЬНА ВАННА.

Pipes are one of the most common products obtained from thermoplastic polymers by extrusion. Since the beginning of the third millennium, the production of polymer pipes has been growing both in Ukraine and abroad. At the same time, the process of their production remains quite a resource- and energy-intensive. In the production of polymer pipes, the limiting stage of extrusion is usually the cooling of the billet after its formation due to the low thermal conductivity of the polymers.

One of the promising ways to intensify and reduce the cost of production of polymer pipes is the use of a two-way cooling system. Double-sided cooling can also improve the quality of the shape of the pipe and its inner surface.

The technological process of manufacturing polymer pipes by extrusion is shown in Figure 1.



1 - extruder; 2 - pipe head; 3 - calibration device; 4 - vacuum bath; 5 - bath irrigation; 6 - traction device; 7 - cutting device; 8 - receiving device.

Figure 1. Schematic hardware-technological scheme of manufacturing smooth polymer pipes

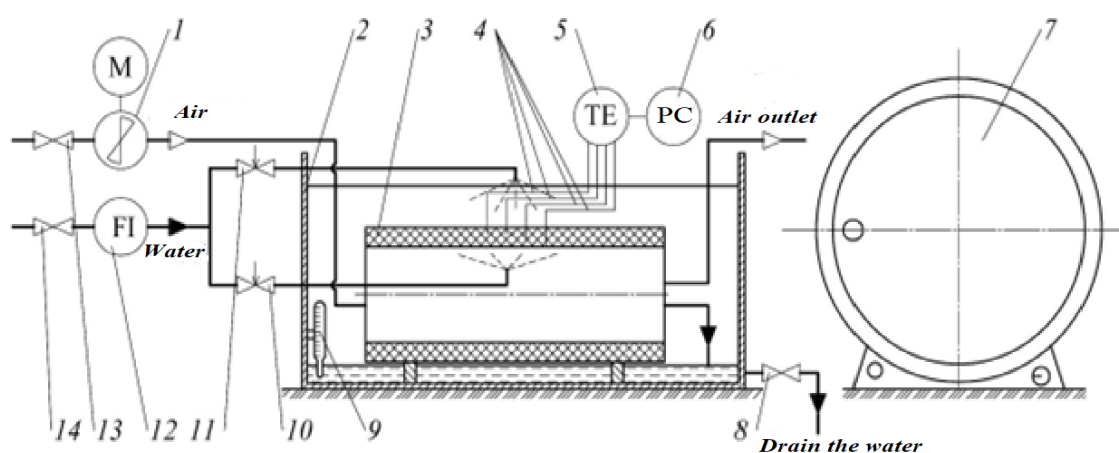
The granular polymer is fed into the loading hopper of extruder 1. In the extruder is melting and homogenization of the polymer, and creates the pressure required to push the polymer through the pipe head 2, in which the pipe blank is formed. In calibration device 3 is the calibration of the billet and its partial cooling. Further molding and final cooling are carried out in vacuum 4 and irrigation bath 5 or several such baths depending on the diameter and wall thickness of the pipe. The traction device 6 provides movement of the pipe through all devices after the extruder. The motor of this device is synchronized with the electric motor of the extruder. Pipes with a diameter of more than 50 mm are cut into segments of 6, 9, 12 m with a cutting device 7 (pipes with a diameter of less than 50 mm are wound into bays). Next, the pipes enter the receiving device 8.

The design of the installation for cooling polymer pipes is shown in Figure 2.

The installation implements both one-way external and two-way cooling schemes. The pipe is heated in a cabinet 7.

External cooling of the pipe is realized under conditions of free convection by immersing the pipe in a layer of running water or irrigating the pipe with water in the bath 2. Internal cooling is carried out with air or air-water mixture formed by

spraying water in the pipe cavity 2. Regulation of water flow in the internal cooling system carried out by valve 10, in the external cooling system - by valve 11. The volume flow of water is controlled by a rotameter 12. Air for internal cooling is supplied by a fan 1. Measurement of cooling water temperature is carried out with a mercury thermometer 9. Temperature change in the pipe wall is measured which is converted into a thermoelectric converter 5, which is connected to a computer 6. Temperature measurements are recorded every second. Processing and display of temperature changes are carried out using a program in the graphical programming environment LabVIEW 8.5 [3].



- 1 - fan; 2 - bath; 3 - pipe; 4 - thermocouples; 5 - thermoelectric converter;
6 - computer; 7 - thermal cabinet; 8, 13, 14 - cranes; 9 - thermometer;
10, 11 - valves; 12 - rotameter.

Figure 2. Installation for cooling polymer pipes [3]

References:

1. Mikaeli V. Extrusion heads for plastics and rubber: Designs and technical calculations / Per. from English; Ed. V.P. Volodin. - SPb .: Profession, 2007
2. Merah, N., Saghir, F., Khan, Z., & Bazoune, A. (2006). Effect of temperature on tensile properties of HDPE pipe material. *Plastics, Rubber and Composites*, 35(5), 226–230. doi:10.1179/174328906x103178
3. Production of products from polymer materials/ V. K. Kryzhanovsky, M. L. Kerber, V. V. Burlov, A. D. Panimatchenko. -SPb: Profession, 2008 .- 464 p.

UDC 532.135

DRYING POLYMERIC MATERIALS FOR RECYCLING AT VIBRATION

Graduate student Kurnosov Sviatoslav, lecturer assistant Podiman Hrihorii

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract. *The urgency of the problem of drying polymeric materials for recycling in production is considered.*

Keywords: POLYMER, DRYING, SECONDARY POLYMER, CRUSHED POLYMER.

СУШІННЯ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РЕЦИКЛІНГУ

ПРИ ВИРОБНИЦТВІ

Асистент Подиман Г.С., магістрант Курносов С.І.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: *Розглянуто актуальність проблеми сушіння полімерних матеріалів для рециклінгу при виробництві*

Ключові слова: ПОЛІМЕР, СУШКА, ВТОРИННИЙ ПОЛІМЕР, ПОДРІБНЕНИЙ ПОЛІМЕР

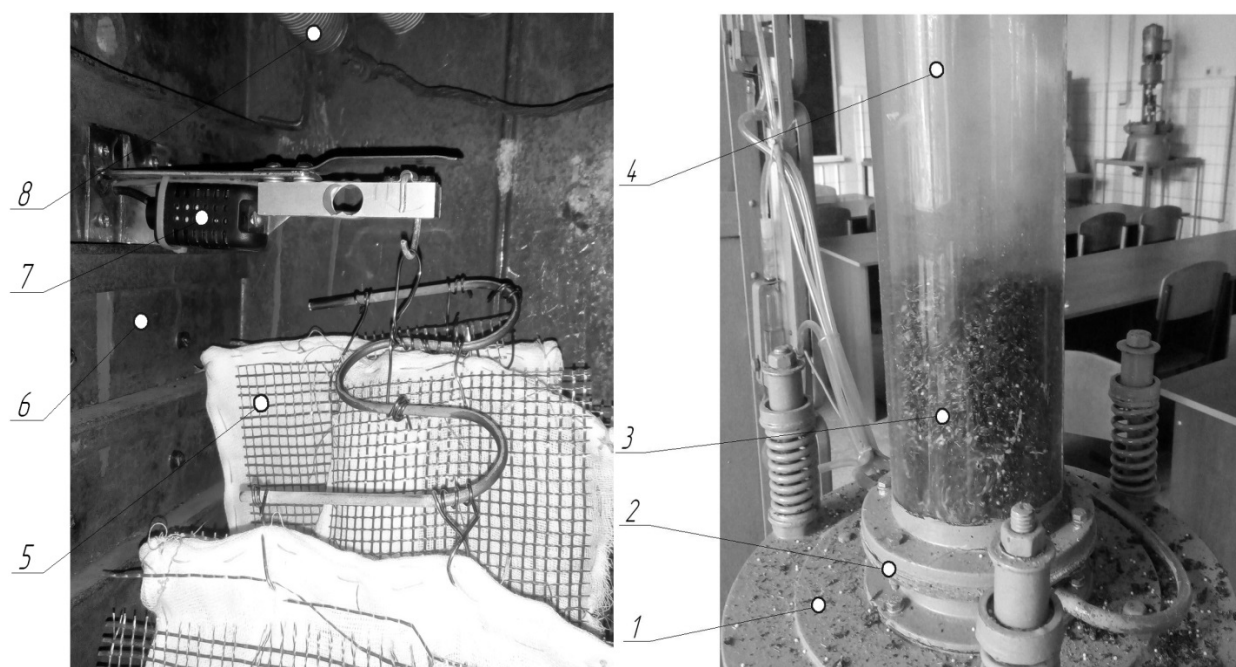
The need for products made of polymeric materials is growing every year and with it one of the biggest problems of mankind - the emergence of polymer waste [1]. For example, the decomposition of plastics in the natural environment takes up to 500 years. Therefore, the problem associated with the disposal or recycling of polymer waste is relevant.

That is why there are specialized companies that process these wastes for reuse of such polymers, which, in addition to preserving nature from waste, also saves primary raw materials.

In addition, during the production of products sometimes there is a shortage, due to which it cannot be used for its intended purpose. Therefore for such production, as a rule, at the same enterprises, there are specialized places for processing and the subsequent drying of secondary polymer.

The secondary polymer according to the method of production is divided into crushed and granulated after recycling [2]. Crushed has a significant advantage - it does not melt, and, accordingly, retains its mechanical properties without the influence of thermal destruction. However, it also has disadvantages, the main of which is the absorption of moisture. That is why it needs drying. Also during transportation, storage, or simply when preparing the material for use, most polymers need drying [3].

The filtering layer apparatus is most widely used for drying the secondary polymer. This is due to the long drying period and the small value of the water diffusion coefficient in the material (Figure 1).



1 - The housing of the installation "fluidization"; 2 - lattice; 3 - material; 4 - cylinder; 5 - crushed secondary polyethylene in gauze containers; 6 - the case of the drying installation; 7 - weight sensor; 8 - TENS

Figure 1 - Installation for drying the secondary polymer [2]

As an example, for the production of polyethylene pipes, the need for drying is justified by the following technological factors [3]: the inner surface of pipes and shells should be smooth; the melt in the molding tool should not form "scale" (film crosslinked by moisture polyethylene).

Conclusion: The problem of reducing polymer waste requires the study of processes related to the recycling of polymers for their further use in the production of polymer products.

References:

1. Borisyyuk J.S. (2018) Technologies for processing polymer waste. pp. 1-2. [Electronic resource]
[https://nau.edu.ua/site/variables/news/2018/5/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%202018/19-%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F,%20%D1%96%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F%20\(%D0%86%D0%95%D0%91\).pdf](https://nau.edu.ua/site/variables/news/2018/5/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8%202018/19-%D0%A5%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F,%20%D1%96%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%8F%20(%D0%86%D0%95%D0%91).pdf)
2. 2. Satserdotov A.O., Podiman H.S., Nosov O.P., Dvoynos Ya.H. (2018). Drying technologies for recycled shredded polyethylene / Energy technologies and resource conservation. – 2018. - № 4. – pp 69-72. ISSN 2413-7723
3. Suberlyak O.V., Bashtannik P.I. Technology of processing of polymeric and composite materials. - Lviv .: Raster -7, 2015. - 456 p.

CALCULATION OF A MOBILE VIBROEXTRUSION PLANT

Polishchuk Denys, Andreiev Igor

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

***Abstract.** The procedure of calculating the equipment of mobile vibroextrusion unit for forming fiber concrete products has been proposed. The main factor influencing the calculation of the technological mode of the plant's components is determined by the performance of the forming vibroextruder.*

***Key words:** equipment calculation, vibroextrusion, fiber-reinforced concrete mix.*

РОЗРАХУНОК ПЕРЕСУВНОЇ ВІБРОЕКСТРУЗІЙНОЇ УСТАНОВКИ

студент Денис Поліщук, к.т.н., доц. Ігор Андреев

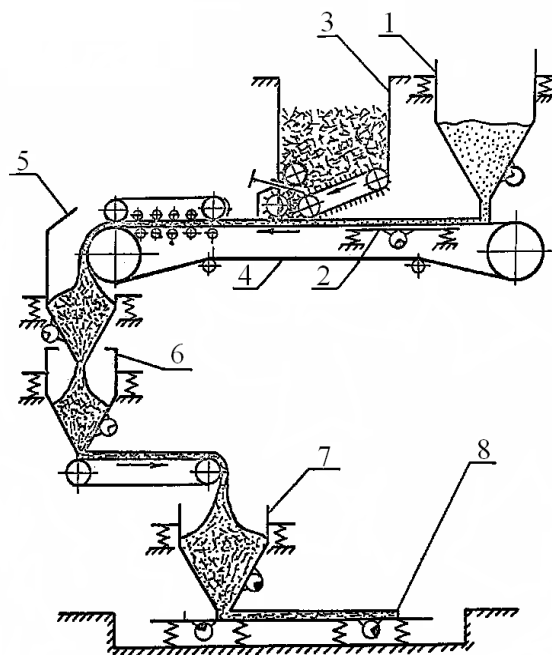
Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

***Анотація.** Запропоновано порядок проведення розрахунку обладнання пересувної віброекструзійної установки формування фібробетонних виробів. Основним фактором, який впливає на розрахунок технологічного режиму складових установки, визначено продуктивність формуючого віброекструдера.*

***Ключові слова:** розрахунок обладнання, віброекструзія, фібробетонна суміш.*

The mobile vibroextrusion unit is designed for testing the technology of forming fiber concrete products in industrial conditions and producing pilot batches of products for the needs of construction (Fig. 1).



1 - cement mortar feeder; 2 - vibrating table; 3 - fiber feeder; 4 - conveyor; 5, 6 - mixing vibrating extruders; 7 - shaping vibrating extruder; 8 - mold

Figure 1 - Vibroextrusion plant

To ensure a continuous vibroextrusion process, it is necessary to maintain the same productivity of the equipment for the fiber concrete mixture in all sections of the installation. The determining factor in this case will be the flow rate in the forming vibro extruder, which in each case is determined depending on the size and shape of the products [1].

The process of mixing of fiber concrete mixture on the basic unit (Fig. 1) is carried out in vibro extruders 5, 6, 7 in converging flat channels. The average value of shear strain is calculated by the formula:

$$\bar{\gamma}_c = - \frac{2(L_2 - L_1)^2 (1 - \cos 2\varphi_0)}{L_1 L_2 \ln \frac{L_2}{L_1} (\sin 2\varphi_0 - 2\varphi_0 \cos 2\varphi_0)},$$

where L_1 - distance from the origin of coordinates to the outlet cut of the hopper, m; L_2 - distance from the origin of coordinates to the entrance of the pyramidal channel; L_2-L_1 - height of the mixture column in the hopper, m; φ_0 - angle of the inclined wall of the channel to the vertical, advice. ($\varphi_0 < 45^\circ$).

The computational scheme of the process is shown in Figure 2.

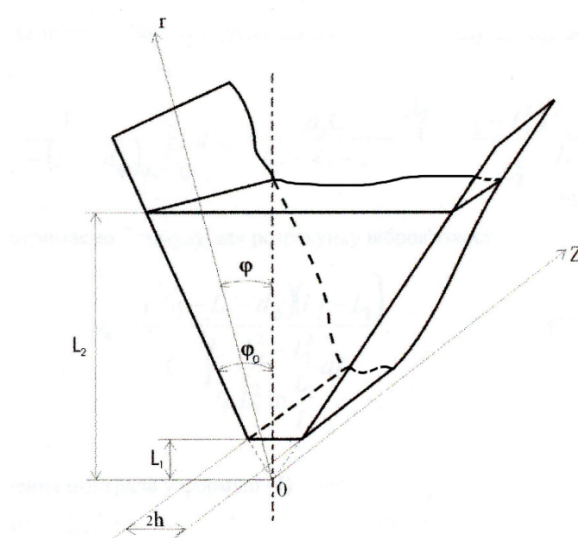


Figure 2 - Calculation scheme of fiber concrete flow in the channel of the vibrating extruder hopper

The number of vibrating extruders for mixing is selected from the condition that for the basalt-fiber concrete compositions used, mixing is considered satisfactory if the total shear strain $\sum \bar{\gamma}_c \geq 26$.

Calculation of molding technological mode (speed of conveyor belt 4, time of inclusion of dispenser-feeder of cement mortar 1, vibrating table 2, conveyor 4, vibrator of vibrating table where mold 8, dispenser-feeder of fibers 3, vibrating extruders 5, 6 productivity of forming vibrating extruder 7 are located.

Adjustment of disperse armature feeding is carried out by displacement of needle drum relative to inclined conveyor of feeder feeder for fibers 3, and parametric calculation of the improved cement mortar feeder [2] is performed by the method suggested by the authors [3].

References:

1. Андреев И. А. Процесс вибоекструзии фибробетону: монография. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 194 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/17692>.
2. Пристрій для одержання шару цементно-піщаного розчину: пат. 146706 U Україна: МПК В28 В 1/08 (2006.01) В28 В 13/00 (2021.01). № u202007058; заявл. 03.11.2020; опубл. 10.03.2021, Бюл. № 10.
3. Andreiev Igor, Pinchuk Andriy, Polishchuk Denys. Calculation of the forming channel of the cement mortar feeder. Modern engineering and innovative technologies, Karlsruhe, 2021. Issue 17, Part 1, P. 32–35. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-17-01-038.

FORMATION OF A SOLID LAYER DURING CRYSTALLIZATION OF THIN LIQUID FILMS OF AQUEOUS SOLUTIONS OF AMMONIUM SULPHATE WITH IMPURITIES ON THE SURFACE OF GRANULES

Ph.D. student Hotskyi Y. H., associate professor, Ph.D Stepaniuk A. R.

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

ABSTRACT.

The external and internal microstructures of the granule were studied by optical microscopy. It is established that the granule has a porous structure, pore size 50 - 100 μm , microlayers consist of a crystalline framework of the basic substance (ammonium sulfate) with a size of 10 to 100 μm .

The main provisions of the physical model of the process of solid layer formation on a heated solid particle are formulated.

KEY WORDS: *physical model, ammonium sulfate, impurities, mass crystallization*

УТВОРЕННЯ ТВЕРДОГО ШАРУ ПРИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ТОНКИХ РІДКИХ ПЛІВКОВ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ З ДОМІШКАМИ НА ПОВЕРХНІ ГРАНУЛ

Аспірант Гоцький Я.Г., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

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

АНОТАЦІЯ.

Досліджено зовнішню та внутрішню мікроструктуру гранули методом оптичної мікроскопії. Встановлено, що гранула має пористу структуру,

розміром пор 50 – 100 мкм, мікрошари складаються з кристалічного каркасу основної речовини (сульфат амонію) розміром від 10 до 100 мкм.

Сформульовано основні положення фізичної моделі процесу утворення твердого шару на нагрітій твердій частинці.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *фізична модель, сульфат амонію, домішки, масова кристалізація*

The creation of granules with a layered structure is achieved by a layered granulation mechanism, which can be implemented in fluidized bed granulators. The process of forming a solid microlayer on the surface of the granule affects the morphological properties of the obtained granules, so the creation of a physical model of the process of formation of a solid layer on the surface of a solid particle is an important task.

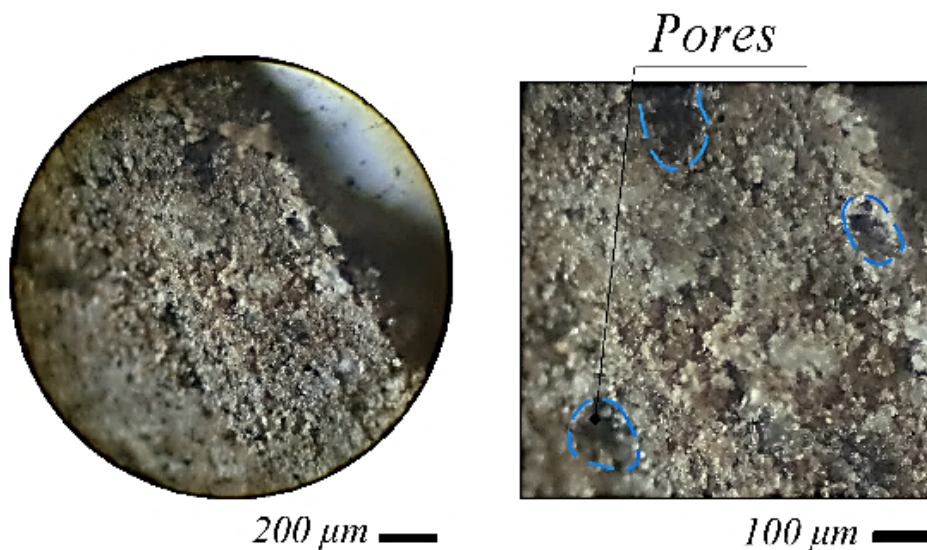
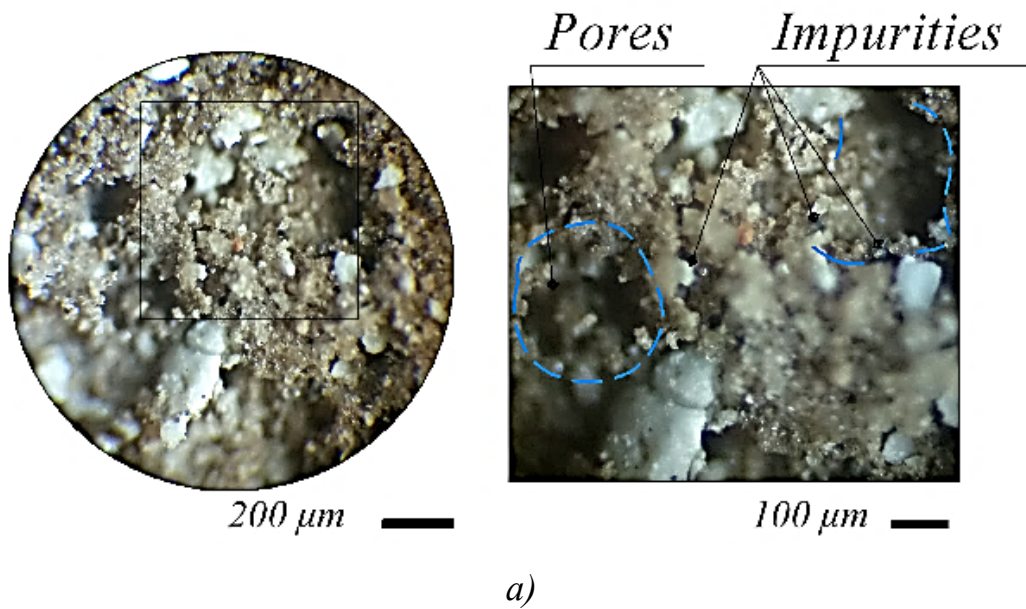
The process of formation of a solid layer on the surface of the granule by the method of isothermal mass crystallization occurs during the simultaneous evaporation of the solvent, resulting in a concentration of solute continuously increasing. Therefore, in a solution with a concentration close to saturation of the solute, the nuclei of crystals and their growth in the liquid film begin to form. This process is quite complex, due to the fact that in the process there are two phase transitions, namely external (solvent evaporation) and internal (crystallization), resulting in a certain balance in the film at each time. It also significantly complicates the presence of impurities in significant concentrations.

To set the basic provisions of the physical model of the process, it is necessary to determine the basic parameters of the surface on which the process takes place directly. Photos of the external and internal microstructure of the obtained granules of ammonium sulfate with impurities of humates are shown in Fig. 1.

The crystalline layer is an array of microcrystals of the basic substance (ammonium sulfate), ranging in size from 10 to 100 μm , combined into a framework in which impurities are placed. The inner side of the granule has the porous structure, the size of pores are 50-80 μm (Fig. 1-b).

The physical model of the process of forming a solid layer due to mass crystallization on the surface of the granule is shown in Figure 2.

Heat is supplied to the thin film from the surface of the heated granule due to thermal conductivity and from the gaseous coolant due to convection. The equation of heat balance has the next form: $Q_l = Q_s + Q_g + Q_{ev}$, where $Q_s = 4\pi R\lambda_l(T_s - T_f)$; $Q_g = 2\pi R\lambda_g(T_g - T_f) \cdot Nu_g$; $Q_{ev} = J_w \cdot L$. The heat of crystallization and dissolution in the heat balance can be neglected. Evaporation rate: $J_w = -dm_w / d\tau = 2\pi RD_{vg}(\rho_{sat} - \rho_{v\infty})Sh_g$.



b)

Figure 1 – Photos of the outer and inner structure of the granule

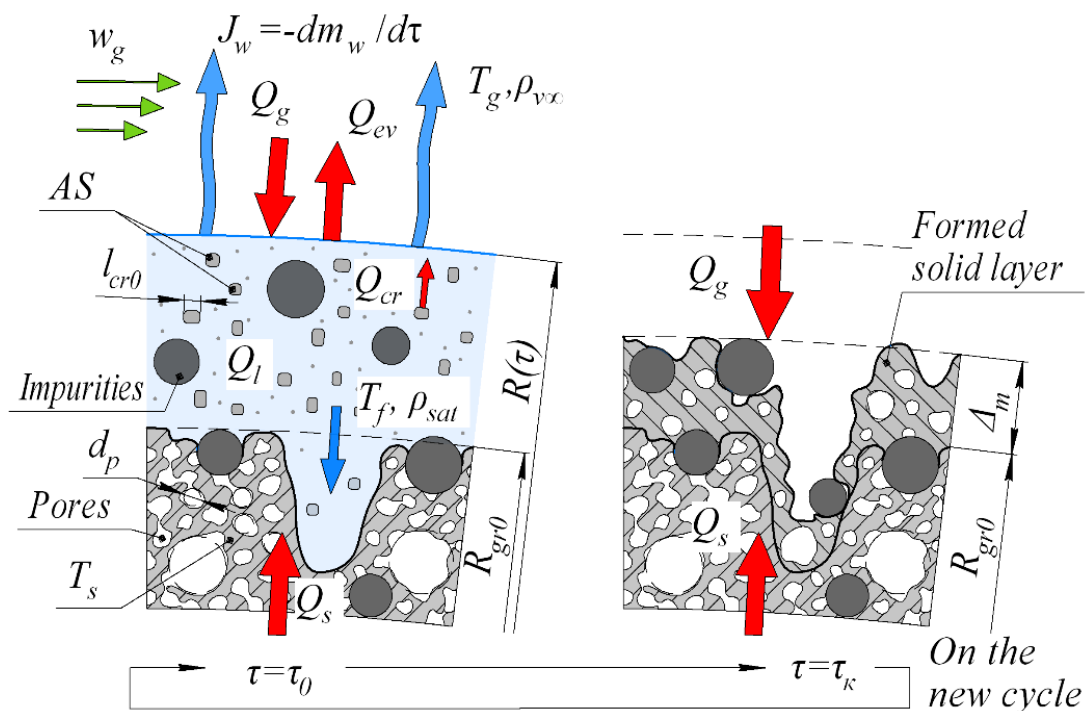


Figure 2 – Physical model of the process of forming a solid layer during dehydration of the film on the surface of the granule

Conclusions. A physical model of the process of solid layer formation due to mass crystallization on the surface is formulated. In the future, based on the physical model, it is necessary to formulate a mathematical model of the process.

**MODERNIZATION OF THE CLEANING COLUMN OF THE OIL
CLEANING INSTALLATION**

undergraduate Dmitruk A.V., Ph.D., assoc. Stepanyuk A.R.

National Technical University of Ukraine

"Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT. It is proposed to modernize the stripping distillation column by replacing the shape of the cap from cylindrical to conical in the modernized caps, which will increase the contact area of the vapor with the liquid on the plate. In turn, will increase efficiency. A simulation experiment was performed, which confirmed an increase in efficiency by 8%.

KEY WORDS: RECTIFICATION COLUMN, CAP, MODRNIZATION, SIMULATION, SIMULATION EXPERIMENT

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ОЧИСНОЇ КОЛОНИ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ
МАСТИЛА**

магістрант Дмитрук А.В., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

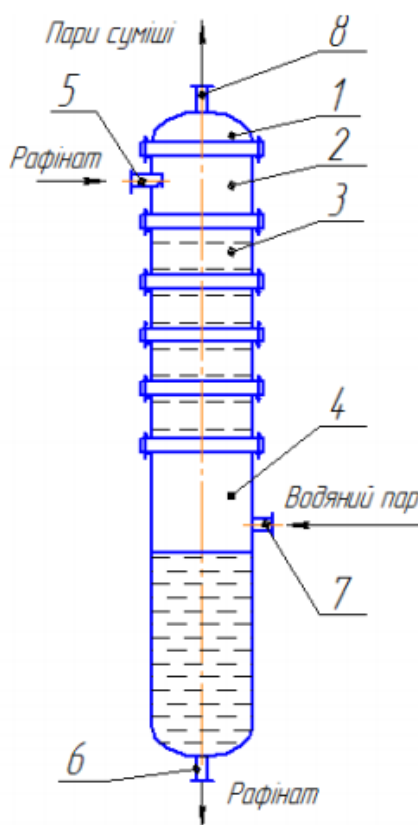
Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

АНОТАЦІЯ. Запропоновано модернізацію відпарної ректифікаційної колони шляхом замінити у модернізованих ковпачків форму ковпачка з циліндричної на конічну, що призведе до забезпечення збільшення площі контакту парів з рідиною, що знаходить на тарілці, що. В свою чергу, призведе до збільшення ККД. Виконано симуляційний експеримент, який підтвердив збільшення ефективності на 8%.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, КОВПАЧОК, МОДРНІЗАЦІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, СИМУЛЯЦІЙНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

The purpose of this work is to modernize the oil production plant [1, 2] by modernizing the stripping column. To increase the efficiency of heat transfer in the cap column, it is proposed to replace the shapes of the caps. The stripping column is shown in Figure 1. The initial mixture (phenol, cresol and lubricant) is loaded through the fitting 5. Through the fitting 7 water vapor is supplied, which rises. The substance enters the plate through the holes in the caps, where it comes into contact with water vapor. It is proposed to replace the shape of the cap from cylindrical to conical in the modernized caps, which will increase the contact area of the vapor with the liquid on the plate, which, in turn, will increase the efficiency of the column.



1 - elliptical cover; 2 - cylindrical shell; 3 - tsarga with plates;
4 - cube; 5 - the union for an entrance of a refinery; 6 - the union for an exit of a refinery; 7 - fitting for water supply; 8 - fitting for the release of vapors of the azeotropic mixture

Figure 1 - Scheme of the stripping column

Figure 2 (a) shows cylindrical caps [3], Figure 2 (b) shows modernized conical caps.

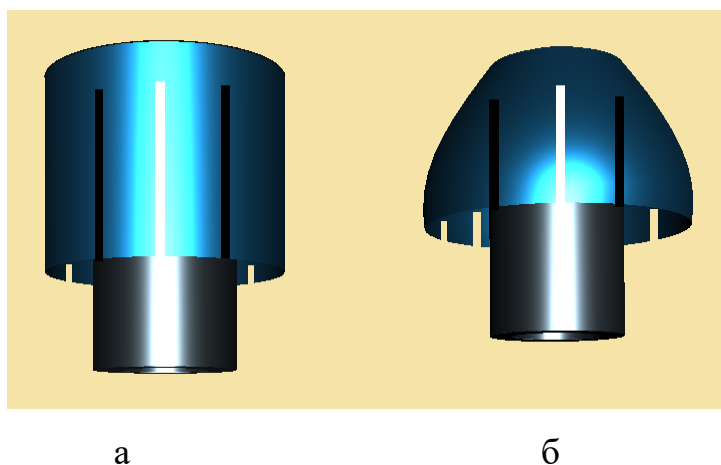


Figure 2 - Caps of cylindrical (a) and conical shape (b).

The simulation was performed using the programming language Three.js, and a stimulation experiment was also performed.

Figure 3 shows the results of simulation simulation of the output of vapors from the cylindrical cap, on the left in the figure shows a side view, and on the right a top view.

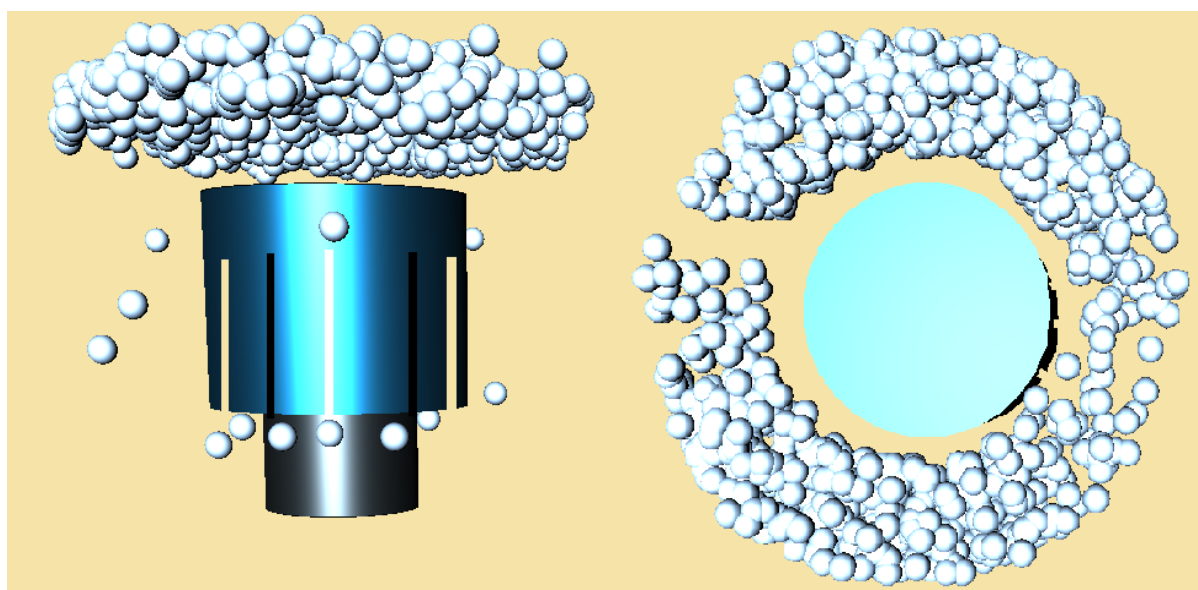


Figure 3 - Simulation of vapor output from the cylindrical cap.

Figure 4 shows the results of simulation simulation of the output of vapors from the upgraded conical cap, on the left in the figure shows a side view, and on the right a top view.

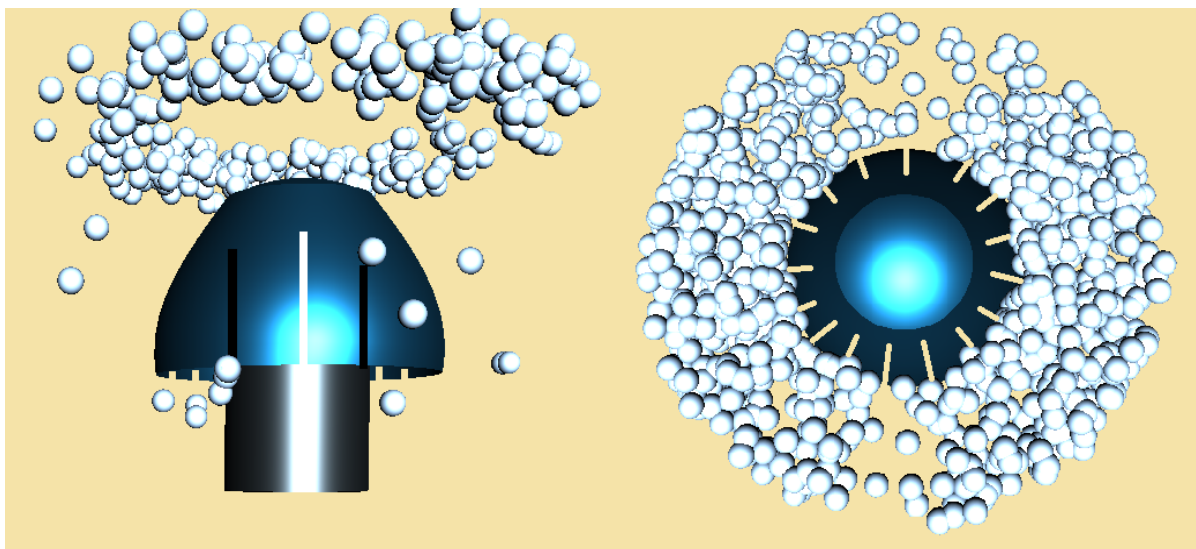


Figure 4 - Simulation of vapor outputs from the conical cap.

According to the simulation results, it was found that the replacement of caps of the traditional cylindrical shape with modernized conical ones, it was found that the cross-sectional area of the liquid layer through which the steam moves is 8% larger.

References:

1. Dmytruk AV / Modernization of the selective oil purification unit with the development of a stripping column and a steam generator // Dmytruk AV, Stepanyuk AR. Collection of abstracts of the XIX International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists "Resource and Energy Saving Technologies and Equipment" (November 25-26, 2020, Kyiv) / Compiled by Ya.M. Kornienko. - K .: "KPI. Igor Sikorsky », 2020. - 305 p

2. Dmytruk AV / MODERNIZATION OF THE STEAMING COLUMN // Dmytruk AV, Stepanyuk AR XX International scientific-practical conference of

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
students, graduate students and young scientists "Resource-saving technologies and equipment" (April 28-29, 2021, Kyiv) / Compiled by Ya.M. Kornienko. - К. : "КПІ. Igor Sikorsky », 2021. - 248 p.

3. Album of technological schemes of oil and gas refining processes - Ed. WOULF. Bondarenko. - М. : Chemistry, 1983. - 128 с.

**DEPOSITION PROCESS IN THE MODERNIZATION
OF THE CYCLONE BUNKER**

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

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract. A simulation experiment of the process of removal of particles from upgraded cyclone hopper. The results of the simulation experiment are given.

KEYWORDS: DEPOSITION, PARTICLES, MODERNIZATION, SIMULATION, EXPERIMENT, BUNKER, CYCLONE

**ПРОЦЕС ОСАДЖЕННЯ ЧАСТИНОК В МОДЕРНІЗОВАНІЙ
КОНСТРУКЦІЇ БУНКЕРУ ЦИКЛОНУ**

студентка Хоменко М. В., к.т.н., доц. Степанюк А. Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний університет України

імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: *Виконано симуляційний експеримент процесу виносу частинок з модернізованого бункера циклону. Наведено результати симуляційного експерименту.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОСАДЖЕННЯ, ЧАСТИНКИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, СИМУЛЯЦІЯ, ЕКСПЕРИМЕНТ, БУНКЕР, ЦИКЛОН

The most common method of flue gas cleaning is cyclone equipment, as it has a number of advantages such as: versatility, ease of manufacture, repair and

operation, relatively inexpensive equipment. But the main disadvantage is the relatively low degree of purification. Therefore, it is important to find ways to increase the degree of cleaning of cyclone equipment without losing the versatility of its use [1].

The purpose of the modernization is to reduce the number of particles removed from the cyclone bunker to increase its efficiency.

The modernization of the bunker consists in the vertical installation of two grids perpendicular to each other and so that they touch the walls and bottom [2].

The bunker consists of a bunker body 4, a fitting 2 and two grids 3 (Figure 1 a). The structure works as follows: the particles descending on the walls of the cyclone 1 pass between the wall of the fitting 2 and the mesh 3 and settle in the bunker 4. The air flow moving to the bunker hits the mesh 3 and loses speed, which slows it down and reduces the amount of removal particles to them from the bunker 4. Thus is discharged through the exhaust pipe of the cyclone 5 more purified stream.

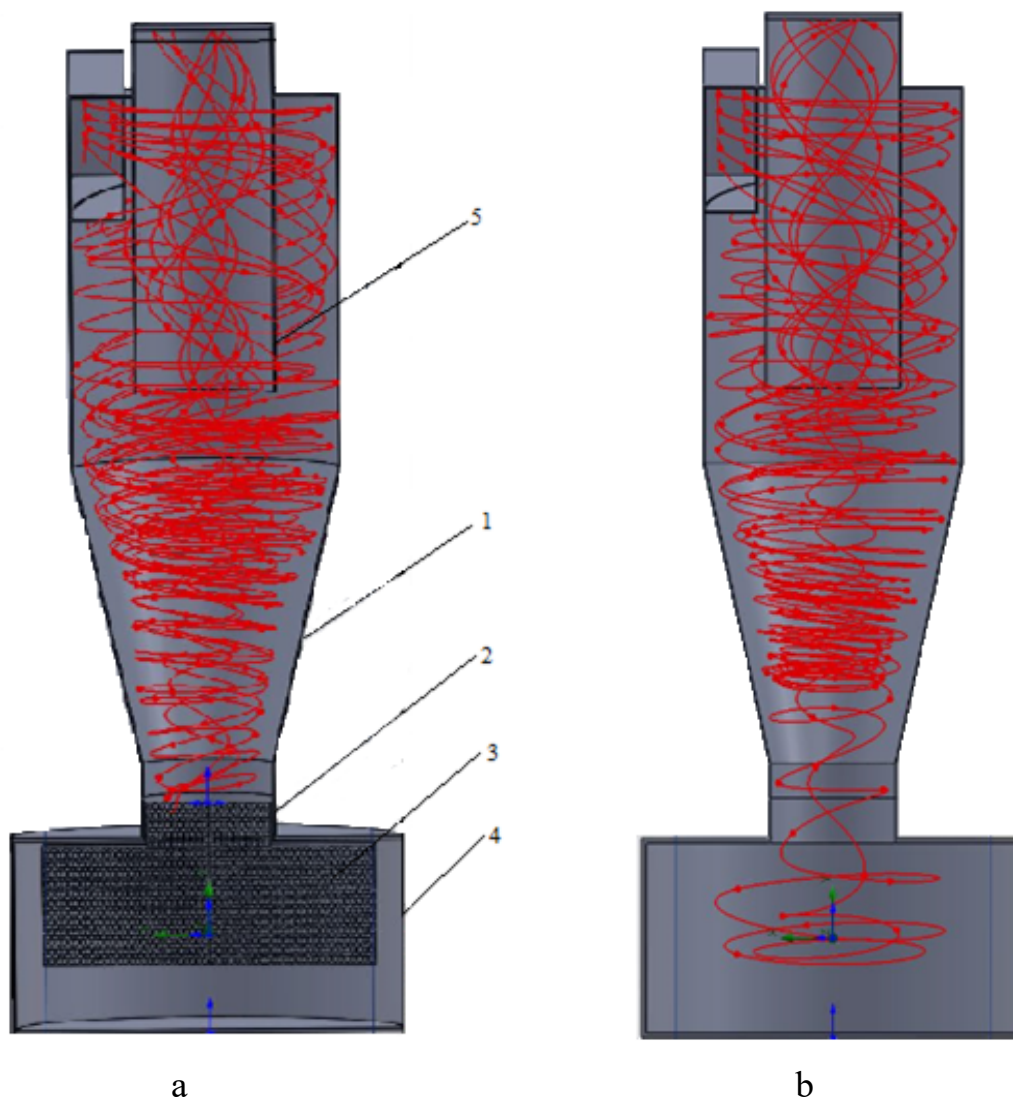
For visual comparison, the simulation of processes performed in the program SOLIDWORKS 2019, with the use of modernization (Figure 1 a) and without modernization (Figure 1 b).

From the presented figures (Figure 1 a, b) it is seen that when the modernization is installed, the turbulence of the flows in the bunker disappears, and therefore, the removal of particles from the bunker decreases to a minimum value.

Advantages of this modernization:

- reducing the number of particles removed from the bunker;
- ease of manufacture;
- relatively low cost of modernization;
- possibility of installation in bunkers of already working cyclone equipment.

Therefore, the use of upgrades for the cyclone bunker will improve the performance of the cyclone, as the degree of purification increases and the hydraulic resistance decreases.



1 - cyclone body; 2 - fitting; 3 - two grids; 4 – bunker body; 5 - exhaust pipe

Figure 1 - Simulation of the process of particle deposition

a - using the modernization of the cyclone bunker

b - without modernization

References:

1. Збірник тез доповідей XX міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
"Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (28-29 квітня 2021 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. – 240 с.

2. Патент №148168 (UA), B65D 88/00, B65D 88/26. Бункер циклона / Хоменко М. В. (UA), Степанюк А. Р. (UA). Заявка № 2021 00588 від 12.02.2021; Опубл. 15.07.2021, Бюл. № 28.

УДК 661.961

APPLICATION AND PRODUCTION OF HYDROGEN

Student Ovdii D.Yu., Associate Professor, Ph.D. Novokhat O.A.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

***Abstract.** Describes the scope of hydrogen. The advantages and disadvantages of using hydrogen are indicated. A description of the technological process of hydrogen production is given. The devices for receiving hydrogen are specified.*

***Key words:** hydrogen, fuel, hydrogen production, technological scheme.*

ЗАСТОСУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО ВОДНЮ

Студент Овдій Д. Ю., доцент, к.т.н. Новохат О. А.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

***Анотація.** Описано сферу застосування водню. Вказано переваги та недоліки застосування водню. Надано опис технологічного процесу отримання водню. Вказано апарати для отримання водню.*

***Ключові слова:** водень, паливо, виробництво водню, технологічна схема.*

Hydrogen is an extremely energy-intensive resource. It burns at the same temperature as natural gas. At the same time, combustion of a substance per unit mass emits almost 3.5 times more heat than combustion of hydrocarbon oils or coal. Hydrogen fuel is much more efficient than diesel or aviation fuel. This resource can be transported both by pipelines (at the same speed as hydrocarbons) and by means of containers for compressed or liquefied gas - at ultra-low temperatures.

For Ukraine, hydrogen is a promising fuel that, subject to strict safety requirements, can replace hydrocarbon energy sources and reduce the country's energy dependence. The main task in this way is to ensure a sufficiently high efficiency of production, transportation and storage of hydrogen, the development of competitive power plants for its use, including for daily and seasonal balancing of the electric power system of Ukraine. Given the available scientific potential, these problems can be solved in Ukraine in the near future.

The potential effect of this technology is difficult to overestimate. The use of hydrogen as an alternative energy carrier and resource will not only reduce the dependence of economies on fossil fuels (coal, gas, oil), but also significantly reduce greenhouse gas emissions caused by the old "hydrocarbon" economy.

Promising areas of hydrogen use are industry, road transport, aviation and shipbuilding. Hydrogen is widely used in the chemical and petrochemical industries. Most of the hydrogen in the world goes to ammonia production. In second place in terms of its consumption is the petrochemical industry (hydrotreating oil from sulfur, hydro cracking, catalytic reforming, petrochemical synthesis, production of synthetic fuels), in third place - the production of methanol. Some amounts of hydrogen are consumed in the food industry, mainly for the hydrogenation of fats, in pharmaceuticals, in the production and processing of metals, in electronics.

There are different ways to produce hydrogen. Hydrogen production technologies:

1. The Kvarner process.
2. Biological production.
3. Electrolysis with biocatalysts.
4. Electrolysis of water.
5. Electrolysis at high pressure.
6. Electrolysis at high temperatures.
7. Photoelectrochemical splitting of water.
8. Concentration of thermal solar energy.

9. Photoelectrocatalytic production.

The technological scheme of hydrogen production from convertible gas is shown in Figure 1.

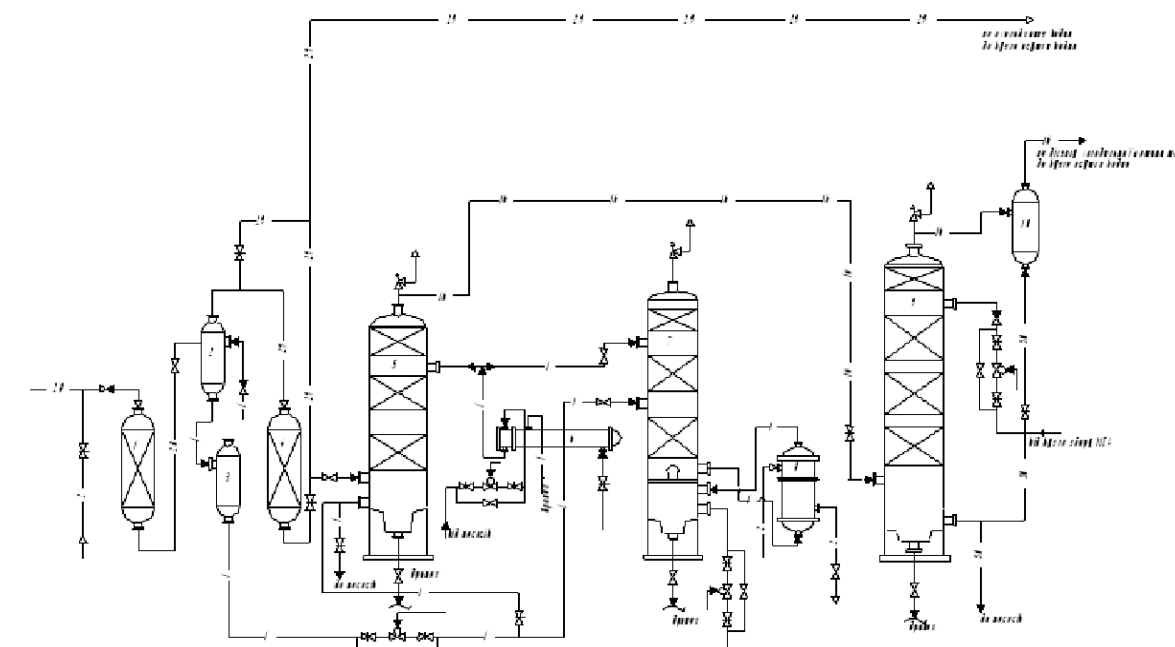
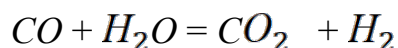


Figure 1 - The process of hydrogen production

The production of hydrogen from convertible gas is converted by converting gas into carbon dioxide by conversion with water vapor by reaction:



Conversion of carbon monoxide is adopted according to a two-stage scheme:

- the first stage - on a medium-temperature catalyst;
- the second stage - on a low-temperature catalyst.

The technology of hydrogen production from convertible gas is promising and needs detailed consideration for its modernization

References:

1. Звіт МЕА "Майбутнє водню". 2019 рік.

<https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>.

2. Справочник химика Том 5: Сырье и продукты промышленности неорганических веществ. Процессы и аппараты. Коррозия. Гальванотехника. Химические источники тока. Л.: Химия, 1968. – 974с.

УДК 691.3

PARAMETRIC CALCULATION OF THE SOLUTION FEEDER-FEEDER

Pinchuk Andrii, Andreiev Igor

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

***Abstract.** The algorithm of parametric calculation of the feeder-feeder of cement-aggregate solution of vibro-extrusion unit of fibro-concrete products formation has been provided. The design of the improved solution feeder and design formulas were proposed by the authors in previous works.*

***Key words:** dispenser-feeder, vibroextrusion, cement-sand mortar.*

**ПАРАМЕТРИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДОЗАТОРА-ЖИВИЛЬНИКА
РОЗЧИНУ**

аспірант Пінчук Андрій, к.т.н., доц. Андреев Ігор

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

***Анотація.** Запропоновано алгоритм параметричного розрахунку дозатора-живильника цементно-піщаного розчину віброекструзійної установки формування фібробетонних виробів. Конструкція удосконаленого дозатора-живильника розчину і розрахункові формули були запропоновані авторами у попередніх роботах.*

***Ключові слова:** дозатор-живильник, віброекструзія, цементно-піщаний розчин.*

Feeder-feeder mortar feeder is an integral part of vibro-extrusion unit forming the fibro-concrete products. In order to accelerate the process of formation a thin layer of cement-aggregate mortar at installation and to increase the

productivity of the device as a whole, the authors proposed a new design of feeder-feeder solution [1], contains the correct quadrangular pyramidal channels (Fig. 1).

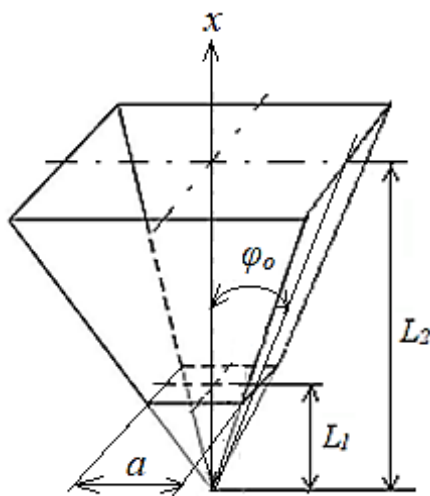


Fig. 1 – Design scheme of the pyramidal channel

To determine the productivity of vibro-extrusion flow the solution in such channels, a "method of influence" was used [2], which showed proximity to experimental values [3]. Taking into account the decrease of volumetric consumption in the channel of rectangular cross-section compared to the flow between flat inconsistent plates, a formula was proposed [4]:

$$q = \frac{0,4\rho g L_1^3 L_2^2 (2 \varphi_0 \cos 2 \varphi_0 - \sin 2 \varphi_0) \operatorname{tg} \varphi_0}{\mu \cos 2 \varphi_0 \cos^2 \varphi_0 (L_1 + L_2)}, \quad (1)$$

where ρ – density of solution, kg/m^3 ; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ – acceleration of gravity; L_1 – distance from the beginning of coordinates to hopper, m; L_2 – distance from the beginning of coordinates to entrance of the pyramid channel, m; $L_2 - L_1$ – height of the mixture column in hopper, m; μ – velocity of solution, Pa·s; φ_0 – angle of inclination the channel to vertical, rad. ($\varphi_0 < 45^\circ$).

To calculate the geometry of forming channels the feeder dosing, it is necessary to determine the density and viscosity of liquid. The angle of inclination channel to vertical $\varphi_0 = 30^\circ$, the distance from the origin of coordinates to output gate of hopper $L_1 = 0,5a \operatorname{ctg} \varphi_0$, where a – the side of output square of the forming

channel, m. From practical experience, it is recommended to accept the size of the side a , at least 0,03 m.

The equation (1) became the output formulas for calculation value of L_2 [5]:

$$L_2 = \frac{q\mu \cos 2 \varphi_0 \cos^2 \varphi_0 L_1 + \sqrt{D}}{0,8\rho g L_1^3 (2 \varphi_0 \cos 2 \varphi_0 - \sin 2 \varphi_0) \operatorname{tg} \varphi_0},$$

(2)

where n – the number of forming channels in feeder- feeder, the value of D is calculated by the formula:

$$D = (q\mu \cos 2 \varphi_0 \cos^2 \varphi_0 L_1)^2 + \\ + 1,6\rho g L_1^3 (2 \varphi_0 \cos 2 \varphi_0 - \sin 2 \varphi_0) \operatorname{tg} \varphi_0 \cdot q\mu \cos 2 \varphi_0 \cos^2 \varphi_0 L_1.$$

The complete algorithm of calculating the size of forming channels of the feeder-feeder should contain:

1) Calculation the consumption of forming vibroextruder installation according to relevant formulas depending on the size of products manufactured and the characteristics of fibro-concrete mixture according to method [6].

2) Calculation the consumption of feeder-feeder the solution (based on the productivity of the forming vibroextruder and the composition of fibro-concrete mixture).

3) Determination the density and viscosity of fluid.

4) Selection the angle of inclination feeder-feeder of solution to vertical φ_0 .

5) Selection the size of side output square section forming channel a into account that it should be at least than 0,03 m.

6) Calculation of distance from the beginning coordinates to output slice of hopper according by the formula $L_1 = 0,5a \operatorname{ctg} \varphi_0$.

7) Selection the number of forming channels n .

8) Calculation of distance from the beginning of coordinates to input pyramid channel L_2 by formula (2).

References:

1. Пристрій для одержання шару цементно-піщаного розчину: пат. 146706 U Україна: МПК В28 В 1/08 (2006.01) В28 В 13/00 (2021.01). № u202007058; заявл. 03.11.2020; опубл. 10.03.2021, Бюл. № 10.
2. Андреев І. А. Отримання спрощеної формули для опису ламінарної течії ньютонівської рідини в прямокутному каналі за допомогою «методу впливу». Наукові вісті НТУУ «КПІ». Київ, 2010. №1. С. 88-92.
3. Андреев І. А., Валуйскова С. С. Фібробетон. Удосконалення процесу отримання тонкого шару цементно-піщаного розчину під час віброекструзії. Хімічна промисловість України. Київ, 2012. №4 (111). С. 27-29.
4. Андреев І. А., Пінчук А. Є., Крамар О. В. Віброекструзійний плин бетонних сумішей у правильному чотирикутному пірамідальному каналі. Вісник національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", серія „Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження". Київ, 2021. № 3 (20). С. 9–15. DOI: 10.20535/2617-9741.3.2021.241018
5. Andreiev Igor, Pinchuk Andriy, Polishchuk Denys. Calculation of the forming channel of the cement mortar feeder. Modern engineering and innovative technologies, Karlsruhe, 2021. Issue 17, Part 1, P. 32–35. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-17-01-038.
6. Андреев І. А. Процес віброекструзії фібробетону: монографія. Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 194 с. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/17692>.

**THE MODERNIZATION OF WASTE WATER TREATMENT
PLANT FOR METALLURGICAL INDUSTRY EFFLUENTS**

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

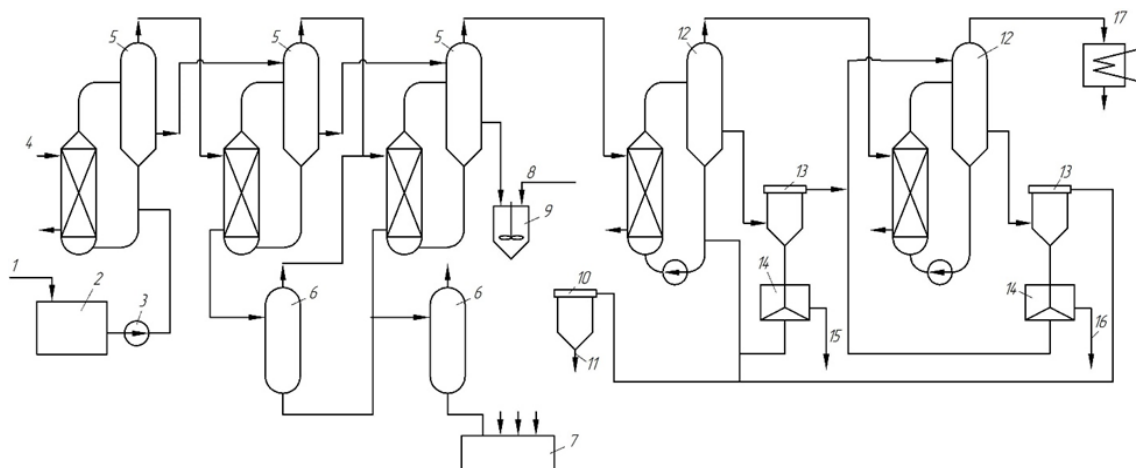
**National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

The metallurgical industry is the branch which is mainly responsible for extraction and purification of metals. This industry is subjected to continuously innovations with aim to reach sustainable production with minimal influence on environmental. Together with production of metal products the metallurgical plants generate the waste products in solid, liquid and gas forms. The water is often used on different stages of metallurgical processes, such as extraction, flotation, nodulizing, carbonization, furnace gases purification, steel production, steel roll, etching process and electrodeposited coating. The amount of waste water generated on metallurgical branch make significant contribution to the general volume of industrial waste waters. For example, in China the volume of disposal wastewaters from metallurgical plant in 2011 reach to 0.63 milliards m³. In rare-earth metallurgy for production of each tone of rare-earth metal oxide or other pacificated species the 60-100 tone of waste water is generated [1].

The presence of heavy metals in waste waters increased with industrial development and humane activity, fir example in production of accumulator box, pesticides, in mining industry, in textile industry, eliquation of metals, petrochemistry, pulp and paper industry and electrolyze. The waste waters polluted by heavy metals is got to the environmental impending to the human heals and ecosystem. The heavy metals do not taken to the biological destruction and may be cancerogenic, therefore, the presence of this metal in water in larger quantities may lead to the critical problems with heals of living bodies [2].

The thermal distillation and evaporation are the most investigated and understood methods of desalination of high mineralization waters. It allows to build the multiple-effect evaporators almost for any productivity [3].

One of such processes is the technology of wastewater treatment shown on figure 1



1 – bleed waters; 2 – tank of feed water; 3 – pump; 4 – primary vapor; 5 – evaporators with natural circulation; 6 – selfevaporator; 7 - tant of secondary vapor condensate; 8 – sulphuric acid; 9 – reactor; 10 - clarifier; 11 – pulpl; 12 – evaporators with forced circulation; 13 – thickeners; 14 –centrifuges; 15 – sodium sulphate; 16 – sodium chloride; 17 – condenser.

Figure 1 – Scheme of the plat of the thermal desalination of bleed waters from metallurgical plant

In proposed scheme the evaporators is used for the following operations:

- Concentration of bleed water up to salinity, close to the equilibrium for sodium sulphate taking into account the treatment by acid.
- Two stage evaporation the circulating clarified concentrated solution with crystallization and separation of the sodium sulphate in first stage and sodium chloride on the second one.

The principle of operation of this scheme is that the bleed waters 1 are pumped to evaporator 5, where they are heated and evaporated by using of primary steam 4 which proceeded to the heating chamber of evaporator. The secondary steam which formed in first housing of evaporator is used for heating and evaporation of

water in second housing, in which the solution is boiling under lower temperature due to decreased pressure. The secondary vapor from second housing is correspondingly used in third housing.

One of the problems of evaporation set-ups is carry-over of evaporating solution drops, which passed to the vapor space. This phenomenon is happened when the drops of boiling solution are set by secondary vapor and carried-over from apparatus.

For prevent of carry-out of drops with vapor from evaporation set-up and improving the separation vapor phase from liquid yje separator is established in the top part of evaporator.

The example of this element version is represented in patent № US 2019/0292083 A1 [4] (figure 2 A)). There the liquid-vapor separator of cyclonic type is described. In it the condensed liquid tangentially spluttered and passes along inner round surface in a form of spiral slow. This is archived by using of inlet nozzle which is connected to the round surface of chamber tangentially, and also by installing in top part of vapor space the barrier for prevent of lifting of humid vapor.

The disadvantage of this construction is the stagnant zones which formed from inner part of said barrier. The condensed in this zone liquid cannot leave the barrier and during the further accumulation the stable operation of separator can be disturbed.

For preventing of mentioned disadvantages and increasing of effectivity of phase separation it is proposed to install the additional barrier from at least two conical details of different size (figure 2 B)). Therefore, the dwelling time of vapor in the separation zone is increased, the distribution of vapor become better and the probability of the stagnant zones is decreased.

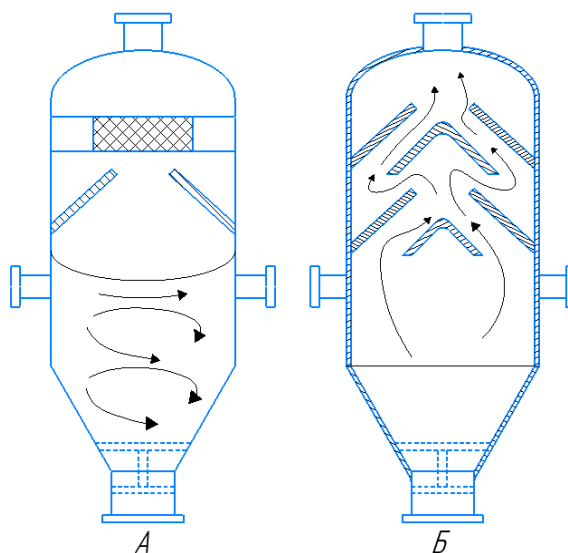


Figure 2 – The schemes of separators

A) considered design; B) proposed design

References:

1. Wu, Peng & Jiang, Lan & He, Zhen & Song, Yang. (2017). Treatment of metallurgical industry wastewater for organic removal in China: status, challenges, and perspectives. *Environ. Sci.: Water Res. Technol.* 3. 10.1039/C7EW00097A.
2. Qasem, N.A.A., Mohammed, R.H. & Lawal, D.U. Removal of heavy metal ions from wastewater: a comprehensive and critical review. *npj Clean Water* 4, 36 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41545-021-00127-0>
3. Запольський А.К. - Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник - К.: Вища школа, 2005. - 671 с.: іл. ISBN 966-642-234-4
4. Патент № US 2019/0292083 A1 Сполучені Штати Америки, МПК B01D 1/06, B01D 1/28, C02F 5/06, C02F 5/02, C02F 1/08, C02F 1/06 заявлено 25.06.2018, опубл.12.09.2019

Physical and mathematical model of thermoplastic melting in disk extruder

graduate student Kovba A, Ph.D., associate professor Shved M

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv

Polytechnic Institute "

ABSTRACT: The implementation of the principles of sustainable development is connected with the creation of new equipment and technological solutions. In modern conditions, due to the emergence of new polymers, as well as the increasing use of composite materials with alloying additives that significantly change the rheological characteristics of raw materials and, accordingly, processing modes, there is a need to create universal, flexible in the management of cascading schemes of polymer extrusion, in which the whole process of extrusion is divided into separate cascades with the possibility of autonomous management of them. The most common cause of poor-quality product is insufficient melt homogenization, which can be caused by the action of external factors and the failure to take into account the properties of raw materials. Therefore, an in-depth study of hydrodynamic and thermal processes in disk extruders with dosed nutrition is important.

KEYWORDS: extruder, melting zone, melting zone, physical model, dispersion model.

The melting process in extrusion equipment is key. Both the productivity of the equipment and the quality of the melt prepared for the formation depend on it. In studies of the process of melting a polymer in the channel of a worm extruder, various physical and mathematical models are used, which differ in the interpretation of the process and taking into account various factors influencing the process.

In the mid-1980s, Tadmore conducted experimental work and theoretical analysis with the development of a classical mathematical model of melting. In this

so-called "cork" model, the melting process is considered in the Cartesian coordinate system. The condition for the movement of the material in the melting zone is more friction between the stopper and the cylinder than friction between the stopper and the worm.

This model is based on the assumption that the movement of the material in the melting zone is stationary, the speed and temperature fields in each section of the channel are constant, and the polymer has a clearly defined melting point.. Heat to the solid stopper is transmitted from the inner surface of the cylinder through a thin melt film moving above the stopper. Additional heat is generated in film due to viscous friction [1].

Melting speed in a thin layer on the surface of the section "melt – cork" in any cross section is determined by the power of the heat flow supplied to the melting surface [2].

However, some studies have found that solid particles under certain conditions do not actually collide, but are dispersed in molten material. Examples include dosed extruders, double-skin extruders, or those that provide for the return of part of the melt to the melt zone. The dispersion model of melting is shown in Fig. 2. 1. As can be seen from the figure, the solid granules of the polymer are wrapped in melt. Their total surface is many times higher than the melting surface according to the Tadmore model, and the heat is transferred to a much larger distance, which does not exceed half the diameter of the granules.

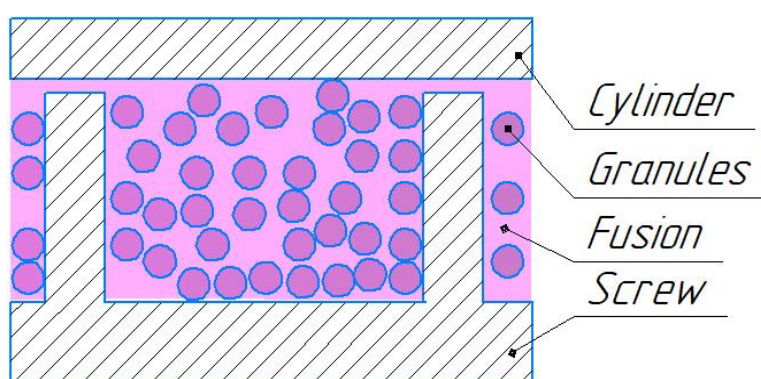


Fig. 1. Dispersion model of polymer melting

Preliminary studies have shown that the length of the melting zone when using the dispersion model is significantly reduced and is 3-5D against 10-15D according to the Tadmor model.

In order to intensify the process and reduce the total length of the melting zone, it is proposed to implement a model of dispersion melting in the disk extruder. The authors believe that the dispersion model of melting in the disk extruder can be achieved without changing the design of the main organ, and with the help of "dosed" power, that is, with a limited supply of material to the loading zone. Dispersion model of melting in disk extruder with limited feed is presented in figure 2.

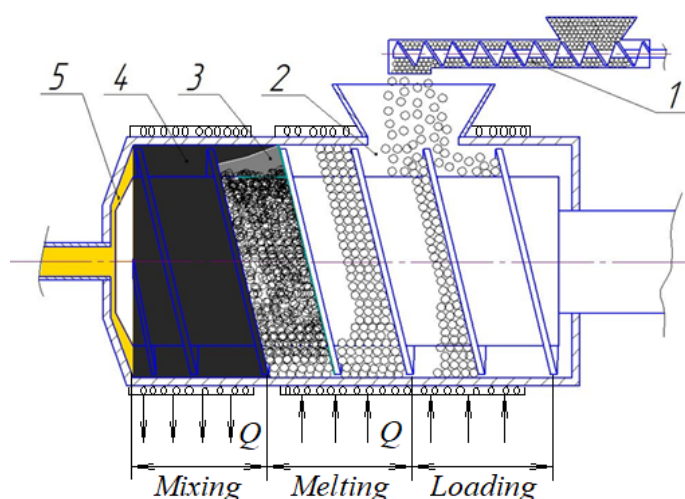


Fig. 2. Dispersion model of melting with limited supply of disc extruder: 1 - weight dispenser, 2 - loading and plastic zone, 3 - dispersion polymer stopper, 4 - semi-melt polymer, 5 - homogeneous melt polymer.

References:

1. Tadmor Z., Melting in Plasticating Extruders – Theory and Experiments / Z. Tadmor, I. Duvdevani, I. Klein//*Polym. Eng. Sci.*– 1967.- T.80(7).- p. 198-199
2. Lucenko I. “ Investigation of the process of melting polymer in worm extrusion ” / Lucenko I., Shved M., Shved D., Voronin L. / “ East - European Journal of Advanced Technologies ”.- Kharkiv, 2013, 2/7(62);

UDC 661.844.322.5

**THE MODERNIZATION OF THE BARIUM CHLORIDE
PRODUCTION PLANT**

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

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Анотація: В даній роботі розказано про користь і використання хлориду барію і загальний метод виготовлення речовини. Описано та наведено технологічну схему. Розібрано роль зворотного осмосу в даній схемі і пояснено доцільність її вдосконалення.

Ключові слова: Хлорид барій, зворотній осмос, отрута, технологічна схема, випарний апарат.

Abstract: This paper discusses the benefits and uses of barium chloride and the general method of manufacturing the substance. The technological scheme is described and given. The role of reverse osmosis in this scheme is analyzed and the expediency of its improvement is explained.

Key words: Barium chloride, reverse osmosis, poison, technological scheme, evaporator.

Barium chloride is a solid chemical compound having the formula $BaCl_2$ (if in powdered, or anhydrous, form) or $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ (if in crystalline form)[2]. This material has high solubility in water which increases with temperature increasing. During heating to the temperatures above $113^\circ C$ barium chloride loses the crystalline water and becomes the white powder. Anhydrous barium chloride has density of 3.86 kg/sm^3 and melting temperature $962^\circ C$ [1-3]

The barium chloride find wide range of applications in industry and agriculture.

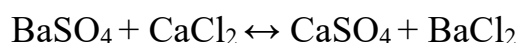
In agriculture the barium chloride is used as poison for crop pest control especially in case of truck and orchard crops

The water solution of barium chloride with concentration of 3-5% is an entero poison for many pests, for example white beet pests (*Asproparthenis punctiventris*), cotton plant, vegetable plant crops, vine shoot, berry and orchard crops, clover, Lucerne and others field grasses.

In industry, the anhydrous form of barium chloride (BaCl_2) is used primarily as an ingredient in heat-treating salts and metal fluxes--molten baths used to harden metal parts, usually small specialty steel parts such as tools and dies. Crystalline barium chloride ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) is used primarily as an intermediate in the production of molecular catalyst sieves, which in turn are used in oil refinery complexes to separate out industrially useful paraxylene molecules from other mixed xylenes. [2].

There are many methods for obtaining of barium chloridem but in industry the hydrochloric acid and calcium chloride methods are most widely used. The sodium chloride, ammonium chloride, magnesium chloride chore and others methods do not have wide range of application despite some of theme may be effective.

The technological scheme is shown of figure 1. The main reaction in process is:

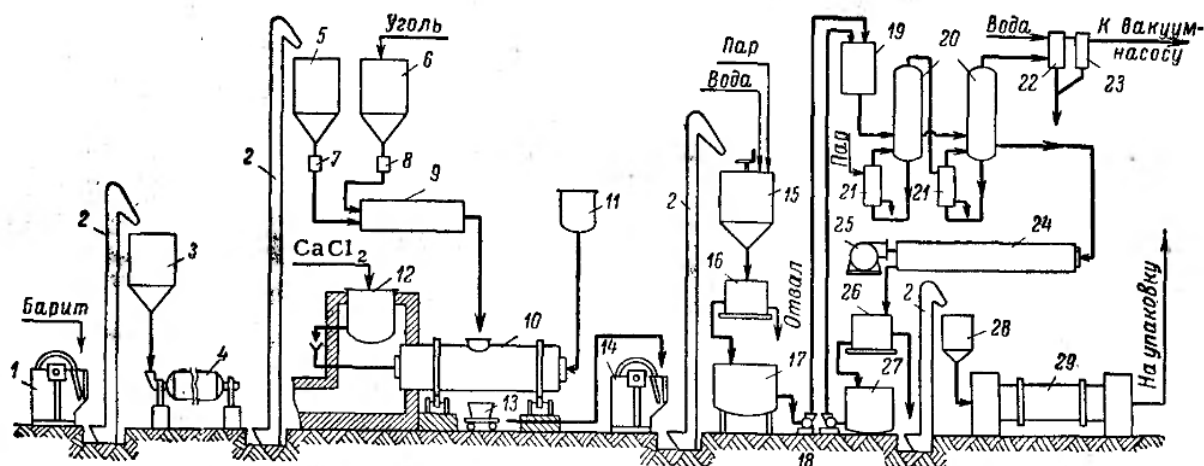


The interaction among BaSO_4 , CaCl_2 and Carbone is the basis of calcium chloride method also known as Duflot method. This is complicated process, which include many reactions which has different rates of reaction.

The calcination of reacting mixture is carried out in periodically acting short rotating drum furnaces, which are placed horizontally. The mazout is the fuel, which is pumped to the furnace thorough atomizer burner.

1.5-2 tones of barite is loaded to the furnace after melting to the 0.5-5 mm. The Carbone is added in in 13-15% from weight of barite. After that the hatchway is closed, the furnace become rotate, ant the gases leave the heated reservoir thorough the tube, installed in furnace throat. Then the concentrated solution of calcium chloride with concentration 800-900 mg/l CaCl_2 is added. The heating of

the reservoir with calcium chloride is carried out with aim to avoid of cyclisation. The amount of calcium chloride which is added into furnace, is 48-49% from weight of barite. The required solution of calcium chloride is obtained by the vacuum evaporation of the distiller liquid from soda production, which consist of 100 mg/l of CaCl_2



1 – jaw breaker for barite; 2 – elevator; 3 – hopper for shredded barite; 4 – tube mill for shredded barite; 5 – hopper for milled barite; 6 – hopper for chark; 7 – automated scales for barite; 8 – automated scales for chark; 9 – mixer; 10 – rotating furnace; 11 – reservoir for gases; 12 – boiler for calcium chloride solution; 13 – dilly with calcinatory; 14 – jaw breaker for fusion cake; 15 – leacher for fusion cake; 16 – centrifuge for pulp separation; 17 – reservoir- depositing tank for barium chloride solution; 18 – centrifugal pumps; 19 – reservoir for barium chloride solution; 20 – vacuum evaporator; 21 – heating chamber; 22 – barometric condenser; 23 – liquid trap; 24 – crystallizer for barium chloride; 25 – ventilator for cooling air flow into crystallizer; 26 – centrifuge for separation of barium chloride crystals; 27 – tank for mother lye; 28 – hopper for barium chloride; 29 – dryer

Figure 1 – The technological scheme for barium chloride production by calcium chloride method

During 1.5-2 hours after loading the temperature in furnace is maintained at the level of 770-780°C. In such condition the wet is evaporated and furnace feed became the melted mass. Then the temperature is increased to 900-950°C and melted mass become foam. By 1-1.5 hours the reaction is ended. To the end of process the temperature is increased up to 1000-1100°C; the shrinkage is happened and the mass become uniform. The temperature of gases is varied in a range from 200°C to 800°C (in average 300-400°C). The duration of one melting operation is 4-5 hours. It depends on amount of loaded furnace feed, raw material quality, and degree of fineness. The overmelting in furnace except of decreasing of BaCl₂ content leads for its solidification, which complicate the further leaching of fusion cake.

When fusion cake is prepared, the rotation of furnace is finished, it turned in position when hatchway is oriented down, and the fusion cake is drained in the plate cast-iron reservoir placed under the furnace, or in the mobile calcinatory placed on the dills. There fusion cake is cooled down during 1.5-3 hours. The fusion cake consists 55-60% of BaCl₂, 4-12% of CaCl₂, about 7% of CaS, about 3% of BaSO₄, about 0.5% of BaS, and 20-25% of others additive agents including non-reacted coke, BaSO₄, FeS, SiO₂ etc.

The yield of barium chloride in fusion cake include about 90% of theoretical possibility in regard with loaded barite. The cooled fusion cake is broken on fragments, then it is broken to the fineness of 30 mm and sent to the leaching.

The leaching of the fusion cake is carried out by hot water (60-80°C)/ After leaching the solution separated from pulp in the centrifuges. The pulp is rinsed by water and stacked into the spoil bank. The solution which consists 300-350 g/l of BaCl₂ is defecated from mud and passed for evaporation and crystallization of barium chloride.

The one of main disadvantages of calcium chloride method is high energy requirements, especially for evaporation process. This problem mat be reduced by using of reverse osmosis before evaporators. Due to this solution it is possible to

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
decrease of vapor demands in evaporators. At the same time the energy requirements for reverse osmosis is much lower.

References:

1. Позин М.Е. Технология минеральных солей (удобрение, пестицидов, промышленных солей, окислов и кислот), ч.1, изд. 4-е, испр. Л.: Химия, 1974. 992 с.

2. Barium Chloride from China Investigation No. 731-TA-149 (Third Review)

3. Рабинович В.А., Хавин З.Я. "Краткий химический справочник" Л.: Химия, 1977 стр. 392

УДК 637.132.4

LINE FOR PRODUCTION OF CASEIN IN FLOW

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

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

***Abstract.** A critical analysis of the design of a line for continuous casein production in flow was carried out. Analysis of technical and economic indicators for two line modifications shows that many of them are higher than similar foreign ones. The productivity of the R3-OKL3 line is lower than that of the VS-300KPI unit. The line needs to be modernized.*

Key words: CASEIN, SERUM, LINE, WASHING, COAGULATION, PRODUCTION.

ЛІНІЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КАЗЕЇНУ В ПОТОЦІ

к.т.н., професор Марчевський В.М., магістрант Шашков В.О.

Національний Технічний Університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

***Анотація.** Проведено критичний аналіз конструкцій лінії для неперервного виробництва казеїну в потоці. аналіз техніко-економічних показників, виповнений для двох модифікацій ліній, показує, що багато з них вище аналогічних зарубіжних. Продуктивність ліній РЗ-ОКЛЗ менше продуктивності агрегату ВС-300КПИ. Лінію необхідно модернізувати.*

Ключові слова: КАЗЕЇН, СИРОВАТКА, ЛІНІЯ, ПРОМИВАННЯ, КОАГУЛЯЦІЯ, ВИРОБНИЦТВО.

The line for the production of casein in flow was created on the basis of drying equipment (units VS-150KPI-M1, VS-300KPI-M and presses PSh-300M, PSh-600M), which has proven itself in production.

The line, depending on the amount of raw materials and the type of dryer, provides a capacity of 100 to 200 kg/h for dried casein and guarantees stable casein quality, environmentally friendly waste (whey) and high profitability.

In comparison with the well-known Ya9-OKL [1], the R3-OKL.3 line allows to increase the yield and improves the quality of casein, provides a 20-25% decrease in energy consumption and a significant increase (by 200%) in reliability.

The line is equipped with a coagulator of a fundamentally new design, which reduces the cost of acid whey, increases the yield and quality of casein. The small dimensions of the line allow it to be placed on a production area of 36-40 m². The line is served by 2 operators.

The line includes:

1. Line P3-OKL.3 for continuous coagulation of skim milk and washing of the obtained coagulate.
2. Screw press PSh-300M or PSh-600M.
3. Drying unit VS-150KPI-M1 or VS-300KPI-M, depending on the required performance of the line.

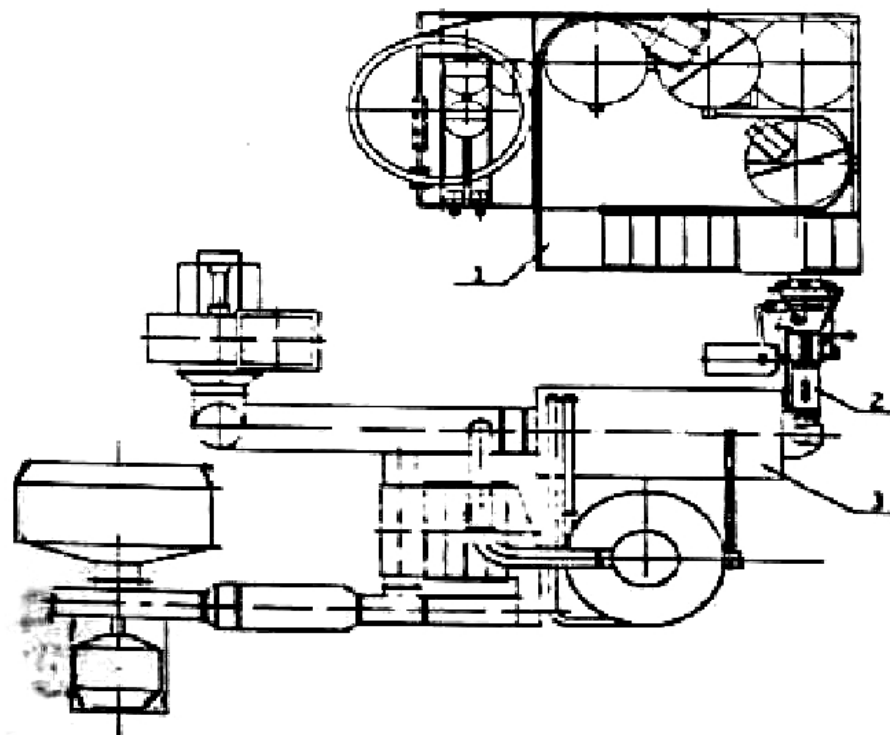
According to its performance, it corresponds to the best foreign samples, but at a cost 15-20 times cheaper, it does not require special foundations, is easy to install, maintain and operate.

You can get acquainted with the operation of the line at the Obukhovsky and Tetievsky plants of the Kiev region, where it has been in operation since 1995.

Line cost: 50.000-55.000\$.

Technical characteristics of the line R3-OKL.3

	with dryer VS-150KPI-M1	with dryer VS-300KPI-
M		
1. Performance, kg/h:		
for skim milk	4000-5000	8000
for casein	100-125	200
2. Consumption:		
steam (P=3 kg/cm ²), kg/h	450	900
electricity, kWh*h	26	48
whey (210-230°T), m ³ /h	0,8-1,0	1,6-2
rinsing water, m ³ /h	2,2	3
3. Casein humidity, %(w):		
after the press	58±2	60±2
after the drying unit	10-12	10-12
4. Dimensions of the line, mm:		
length	5950	6370
width	4755	4755
height	4062	4062



- 1 - line of coagulation and washing P3-OKL.3; 2 - press PSh-600M;
3 - unit for drying VS-300KPI-M

Figure 1 – Scheme of a line for continuous casein production in flow

References:

1. Производство казеина: основы теории и практики: Научно-практическое издание. Монография. – Минск: РУП «Институт мясо-молочной промышленности». Дымар О.В., Чаевский С.И., Минск, 2007. 70с.

ФОРМУЮЧІ ГОЛОВКИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЕКСТРУДЕРА

Дерксен В., магістрант; Бишко М., аспірант; Семінський О., керівник.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ

Проаналізовано проблему забруднення пластиком довкілля. Відзначено тенденції до зростання обсягів пластикового сміття, що загрожує стабільному існуванню екосистем. Зазначено підходи до зменшення негативних факторів внаслідок споживання пластику. Розглянуто призначення та основні конструкції екструзійних головок.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПЛАСТИК, ЗАБРУДНЕННЯ, ДОВКІЛЛЯ, ПЕРЕРОБКА, ЕКСТРУЗІЯ.

SUMMARY

The problem of plastic pollution of the environment is analyzed. Trends in the growth of plastic waste, which threatens the stable existence of ecosystems, have been identified. Approaches for reduction of negative factors due to plastic consumption are indicated. Purpose and basic constructions of extrusion heads are described.

KEYWORDS: PLASTIC, POLLUTION, ENVIRONMENT, RECYCLING, EXTRUSION.

З року в рік, у світі зростає попит на виробництво пластика, що зумовлено дешевизною його виробництва та високими експлуатаційними якостями, особливо як матеріалу для виготовлення товарів споживання та сукупних продуктів (наприклад, пакування). Збільшення чисельності населення закономірно збільшує необхідні об'єми пластика. Це створює проблему в у вигляді накопичення пластикового сміття.

У звіті CNBC [1], розглянуто тенденцію до зростання забруднення планети до 2040 року через збільшення об'ємів використання одноразового пластику, у зв'язку з чим ряд країн ввів обмеження на виробництво продукції з пластиків. Дієві шляхи для запобігання «пластикового тиску» на навколишнє середовище полягають у продовженні збільшення відсотку переробки пластику або зміни виробництва пластикових виробів на користь біорозкладних аналогів без зміни виробничого обладнання.

Важливість описаної проблеми зумовлює актуальність розробок спрямованих на її вирішення. Авторами проводяться роботи зі створення лабораторної установки для проведення досліджень за цією тематикою.

Установка побудована на базі екструдера оригінальної конструкції, важливим елементом якого є формуючий інструмент (екструзійна головка). Розглянемо деякі з них на основі інформації, наведеної у [2].

Більшість конструкцій екструзійних головок (рис. 1) включає решітку 4, що встановлюється на вході до формувального інструменту 1, який кріпиться до циліндра 2 екструдера. Решітка створює додатковий гідравлічний опір потоку, що покращує однорідність розплаву полімеру. До решітки кріпиться пакет сит 3 з певними розмірами комірок. Він виконує функцію фільтру, що запобігає потраплянню сторонніх включень в екструзійну головку. Крім того, за допомогою змінних решіток з отворами різних діаметрів можна змінювати діапазон продуктивності екструдера, коли можливості регулювання швидкості обертання шнека обмежені.

Фільтрувальні решітки, які зазвичай використовуються в екструдерах, мають порівняно невелику площу фільтруючої поверхні, рівну площі внутрішнього перерізу циліндра. Для збільшення площі фільтрування використовуються пристрої спеціальних конструкцій.

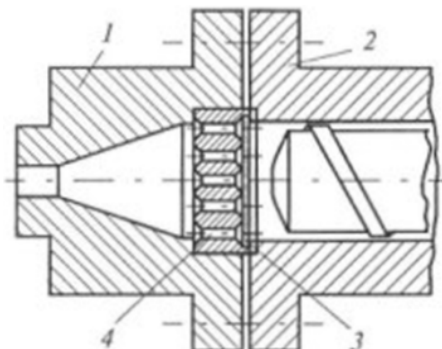


Рис. 1. Складові частини екструзійних головок:

- 1 – формувальний інструмент; 2 – циліндр екструдера;
3 – пакет сит; 4 – решітка.

Від якості решітки залежить надійність роботи всього екструзійного агрегату, а спосіб її очищення впливає на тривалість безперервної роботи і час простою.

Стабільність роботи решітки у наведеному найпростішому варіанті досягається лише за умови високої чистоти перероблюваного матеріалу. Невиконання цієї умови призводить до необхідності частого очищення фільтрувальних елементів екструзійних головок, що збільшує непродуктивні витрати виробничого часу і втрати матеріалу. Вихід з такої ситуації полягає у використанні більш конструкційно складних пристроїв, що забезпечують безупинну заміну фільтрувальних елементів або їх очищення.

Для отримання листових виробів використовуються плоскощілинні екструзійні головки. У конструкціях таких головок особлива увага приділяється рівномірності швидкості виходу розплаву полімеру по ширині щілини.

За способом підведення розплаву до щілинного каналу головки для екструзії листа можна розділити на два типи: головки, в яких розплав полімеру з екструдера надходить безпосередньо у вхідну зону щілинного каналу, і головки з розподільним каналом.

До головок першого типу відноситься конструкція, наведена на рис. 2. Її особливість полягає у тому, що вхідна зона 1 розширюється у напрямі руху

полімеру і переходить у вирівнювальну порожнину 2, яка закінчується формувальною щілиною 3.

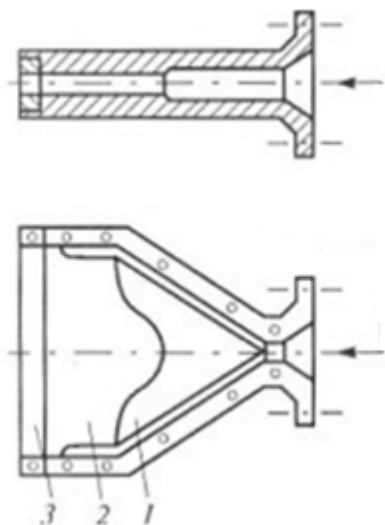


Рис. 2 Схема плоскощільної головки типу «риб'ячий хвіст»:

- 1 – розширювальна вхідна зона;
- 2 – вирівнювальна порожнина;
- 3 – формувальна щілина.

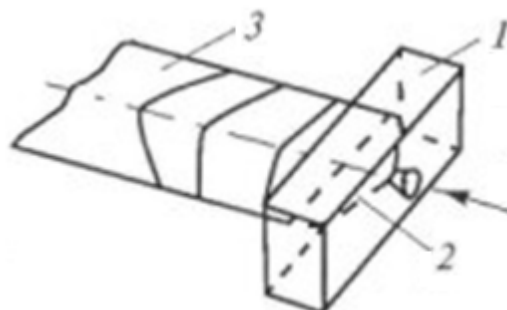


Рис. 3 Схема колекторної головки:

- 1 – головка; 2 – колектор; 3 – лист.

У щільних голівках другого типу (рис. 3) розплав підводиться до щілини по циліндричному або овальному розподільному каналу (колектору), розташованому паралельно фронту щілини. Колектор приєднується до екструдера одним кінцем або серединою.

У конструкціях плоскощільних головок необхідно забезпечувати обтічну форму і високу чистоту обробки робочих поверхонь, не допускати різких переходів від однієї поверхні до іншої і утворення застійних зон, наявність яких може призвести до перегрівання і деструкції полімеру.

Бібліографія:

1. <https://www.cnbc.com/2020/07/23/enormous-amount-of-plastic-will-fill-oceans-and-land-by-2040-report.html>.
2. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров. – М.: КолосС, 2005. – 568 с.

ВАРІАНТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВИХ ПЛЯШОК ДЛЯ НАПОЇВ

Дерксен В., магістрант; Косенко В., аспірант; Семінський О., керівник.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ

Описано проблему забруднення пластиком навколишнього середовища. Зазначено підходи до зменшення негативних факторів споживання пластику. Запропоновано ідею, що сприяє вторинній переробці пластикових відходів з їх подальшим використанням як сировини для виготовлення нових виробів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕКОЛОГІЯ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, ПЛАСТИК, ВТОРИННА ПЕРЕРОБКА.

SUMMARY

The problem of plastic pollution of the environment is described. Approaches to reducing the negative factors of plastic consumption are indicated. The idea that promotes the recycling of plastic waste with their further use as raw materials for the manufacture of new products is proposed.

KEYWORDS: ECOLOGY, ENVIRONMENT, PLASTIC, RECYCLING.

У сьогоденних реаліях пластикові відходи стають однією з найбільш нагальних проблем людства. Кожен житель України за 2020 р. у середньому викинув 302,7 кілограми сміття, з яких не менше 120 кг не були перероблені [1]. Значна частка цих відходів припадає на пластики.

У структурі всіх полімерних відходів, що утворюються, відходи ПЕТ складають більше 30 %, але на даний час з них переробляється тільки порядку 12 %.

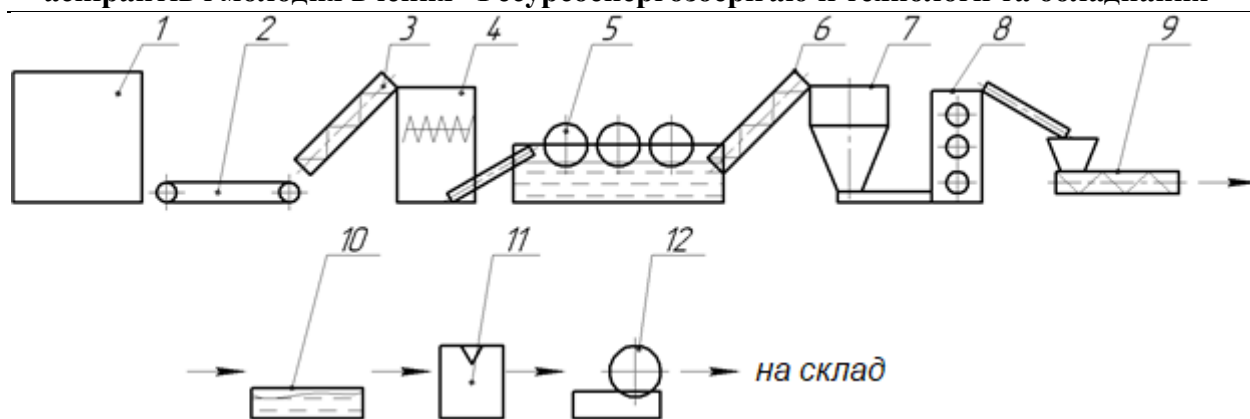
Існуючі варіанти утилізації ПЕТ відходів полягають у захороненні цього цінного полімеру, який отримують з невідновлюваного ресурсу, що робить величезні території непридатними для використання. Також використовується спалювання з метою вироблення енергії, але такий метод екологічно небезпечний та економічно недоцільний. Враховуючи недоліки цих методів вторинна переробка використаних виробів з ПЕТ екологічно та економічно доцільна.

Наразі вторинна переробка ПЕТ передбачає виробництво полімерних гранул, які у подальшому використовуються для виготовлення товарної продукції (найчастіше у композиціях з первинним полімером). Розвиток технологій відкриває перспективу скорочення циклу перетворення пластикових відходів у кінцеві вироби. Це можливе завдяки застосуванню адитивних технологій, особливо 3D-друку, для якого у якості вихідної сировини використовуються полімерні стренги.

На основі відомостей з [2] і [3] можна представити технологічну схему переробки пластикових пляшок для напоїв для виготовлення стренг у вигляді, наведеному на рис. 1.

Вторинна сировина у вигляді прес-пакетів завантажується у живильник 1. У міру просування матеріалу в живильнику три обертові шнеки поділяють спресовані пляшки і подають їх на стрічковий конвеєр 2, за допомогою якого матеріал подається на подрібнення.

Система подрібнення складається з похилого конвеєра 3, шредера з повітрорудкою 4 і первинної системи відсмоктування з пилозбірником. Пляшки подрібнюються на частинки з розмірами по довжині (ширині) близько 2,5 см, повітряний класифікатор видаляє етикетки, після чого матеріал транспортується на промивання у флотаційну ємність 5.



1 – живильник; 2 – стрічковий конвеєр; 3 – похилий конвеєр; 4 – система подрібнення; 5 – система промивання; 6 – вивантажувальний конвеєр; 7 – система сепарації; 8 – система відмивання і сушіння; 9 – екструдер; 10 – охолоджувальна ванна; 11 – сушарка; 12 – намотувальний пристрій.

Рисунок 1. Технологічна схема процесу переробки пластикових відходів

Флотаційна ємність призначена для видалення поліпропіленових кришечок та інших включень із матеріалів густиною менше 1000 кг/м^3 . При завантаженні матеріалу в ємність плавучі частинки переміщуються в один бік за допомогою крилатки. ПЕТ занурюється на дно та вивантажується з ємності з іншого боку за допомогою конвеєра 6.

Система сепарації 7 призначена для видалення сторонніх частинок, що утворюються при попередньому подрібненні пляшок. Сторонні частинки відділяються від ПЕТ, який подається до системи відмивання і сушіння 8.

Система відмивання і сушіння виконана у вигляді послідовності обертових барабанів, перший з яких призначений для відмивання, другий – для промивання, третій – для видалення води, а четвертий і п'ятий – для сушіння.

Миючий пристрій облаштований соплами розпилювача для видалення харчових залишків та інших забруднень. У міру просування матеріалу через барабан забруднення відмиваються та видаляються разом з водою. Система водопостачання працює за замкнутим циклом: використана вода нагрівається і очищається за допомогою седиментації та фільтрування.

У другому барабані матеріал промивається свіжою водою.

У третьому барабані з матеріалу видаляється вода і надходить до ємкості відмивання.

Четвертий і п'ятий барабани – це ротаційні сушарки, у яких в якості сушильного агента використовується нагріте повітря. Повітря нагрівається електронагрівачами і циркулює у системі.

З системи відмивання і сушіння матеріал перевантажується в ущільнювальну вирву екструдера 9. Вертикально встановлений у вирві шнек ущільнює подрібнений матеріал, щоб забезпечити продуктивність екструдера, і транспортує його в завантажувальну зону екструдера.

Для термостабілізації, модифікації вторинного ПЕТ або введення барвників у складі установки може бути передбачена система дозування добавок.

Перемішування, плавлення і гомогенізація полімерної сировини і добавок здійснюються в екструдері. Продуктивність екструдера залежить від складу вихідних компонентів та їх насипної густини. Тиском, що створюється шнеком екструдера, розплав полімеру витискається через отвори фільтри з утворенням стренг.

На виході з екструдера стренги охолоджуються водою у охолоджувальній ванні 10, і, після досушування у сушарці 11, намотуються на пристрої 12 і складуються.

За порівняно малих обсягів переробки можливе проведення сортування вручну, що значно спрощує виробництво. Це дозволяє створювати компактні установки для побудови локальних підприємств або навіть використовувати їх безпосередньо у пунктах збирання вторинних відходів.

Бібліографія:

1. Відходи [Електронний ресурс] Державна служба статистики України – 2021. – Режим доступу до ресурсу:
http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/ns.htm.

2. Челноков А. Основы экологии / А. Челноков, Л. Ющенко, И. Жмыхов. – Минск: «Вышэйшая школа», 2012. – 480 с.
3. Клинков А. Утилизация и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов. / А. Клинков, П. Беяев, В. Скуратов. – Тамбов: ТГТУ, 2010. – 105 с.

INFLUENCE OF HEAT CARRIER TEMPERATURE ON THE DURATION OF THE DRYING PROCESS OF COLLOID CAPILLARY-POROUS MATERIALS FOR FUNCTIONAL PURPOSE

PhD, Senior Researcher Slobodianiuk K.

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Abstract. Research and analysis of the obtained data on the influence of heat carrier temperatures were performed 100°C, 80°C, 70 °C, and 60°C for the duration of the drying process of colloidal capillary-porous materials for functional purposes. It is established that with decreasing coolant temperature, the drying time increases accordingly, but the high-temperature regime cannot ensure the quality of the obtained processing product. The expediency of further studies of the influence and duration of the coolant temperature on the change of qualitative characteristics of the dried material is substantiated.

Keywords: DRYING, TEMPERATURE, COLLOID CAPILLARY-POROUS MATERIAL, QUALITY.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕПЛОНОСІЯ НА ТРИВАЛІСТЬ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ КОЛОЇДНИХ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

к.т.н., стар.наук.співр. Слободянюк К.С.

Інститут технічної теплофізики НАН України

Анотація. Виконано дослідження та аналіз отриманих даних впливу температур теплоносія 100°C, 80°C, 70 °C, та 60°C на тривалість процесу сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів функціонального призначення. Встановлено, що із зменшенням температури теплоносія відповідно збільшується тривалість сушіння, але високотемпературний режим не може забезпечити якість отриманого продукту переробки. Обґрунтовано доцільність подальших досліджень впливу та тривалості температури теплоносія на зміну якісних характеристик висушеного матеріалу.

Ключові слова: СУШІННЯ, ТЕМПЕРАТУРА, КОЛОЇДНИЙ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИЙ МАТЕРІАЛ, ЯКІСТЬ.

Temperature exposure is the most common heat technology operation in the processing of vegetable raw materials, and the drying process is one of the most relevant methods of preparation, processing, canning, and semi-finished functional food plant raw materials [1].

In the Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine performed research on the processes of convective drying of functional colloidal capillary-porous material on an experimental convective stand. The stand is technically equipped with automatic collection and processing of information by the application program "Sushka", developed by the staff of the Institute [2].

The results of research in the form of a drying curve $W = f(\tau)$ are presented in Figure 1 [1].

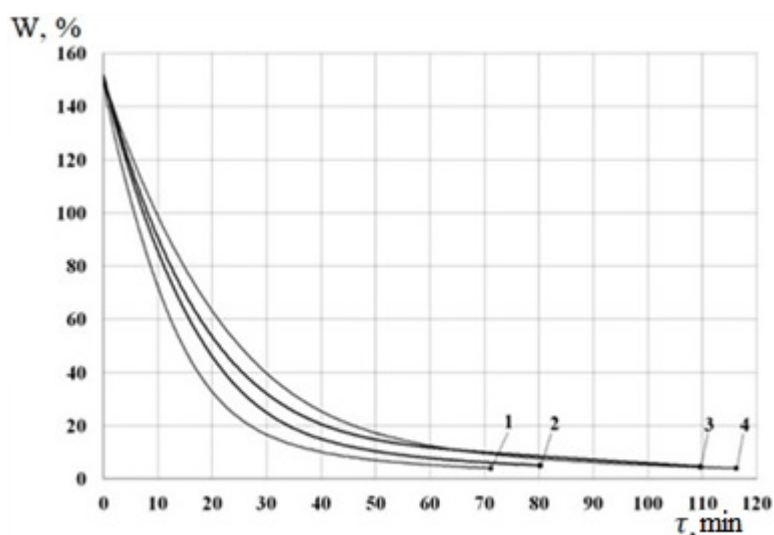


Fig. 1 Influence of heat carrier temperature on the drying kinetics of colloid capillary-porous materials for functional purpose.

Mode parameters of the heat carrier: $\delta = 15$ mm, $W_k^c = 4$ %; $V = 2,5$ m/sec, $d = 10$ g/kg dry air. 1 – 100°C, 2 – 80°C, 3 – 70 °C, 4 – 60°C.

In fig. 1 presents the results of research of influence of heat carrier temperature on the drying kinetics of colloid capillary-porous materials for functional purpose. As can be seen from the figure, the shortest drying time of the material at the temperature of the heat carrier 100 °C. As the heat carrier temperature decreases, the drying time increases accordingly. The longest duration

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
at the temperature of the heat carrier 60 °C. However, the high temperature regime cannot ensure the quality of the obtained processing product (drying) [1].

Conclusions. In the case when the object of drying is a colloidal capillary-porous material for functional purposes, there is a need to study the effect and duration of the heat carrier temperature on the change in the quality characteristics of the dried material.

References:

1. Petrova Zh.O., Sniezhkin Yu.F., Slobodianiuk K.S. Energy-saving heat technologies for obtaining soy based plant powders. – Kyiv: PH "Akademperiodyka", 2021. – 96 p.
2. Petrova Zh.O. Sniezhkin Yu.F. Enerhoefektyvni teplotekhnolohii pererobky funktsionalnoi syrovyny. – Kyiv : Naukova dumka, 2018. – 187 s. (in ukrainian)

INVESTIGATION OF KINETICS OF DRYING OF BIOGRANULES ON THE BASIS OF PEAT, SLUDGE AND BIOMASS

graduate student Novikova Yu., graduate student Petrov A.

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Abstract. The paper presents studies of the kinetics of the drying process of two- and three-component biogranules based on peat, sludge and biomass on a convective drying stand.

Key words: peat, sludge, biomass, drying.

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ БІОГРАНУЛ НА ОСНОВІ ТОРФУ, МУЛОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ ТА БІОМАСИ

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

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

Анотація. У роботі наведені дослідження кінетики процесу сушіння дво- та трьохкомпонентних біогранул на основі торфу, мулових відкладень та біомаси на конвективному сушильному стенді.

Ключові слова: торф, мулові відкладення, біомаса, сушіння.

To create biogranules, peat from the Chernihivtorf deposit, sludge deposits from Fastiv sewage treatment plants and biomass in different proportions were used. Preparation of raw materials and creation of compositions with subsequent granulation from obsolete sludge, peat and biomass are given in previous publications [1].

Studies of the kinetics of the drying process, after granulation on a hydraulic press, were performed on an experimental convective stand with an automatic system for collecting and processing information, which allows heat treatment of

biogranules at a drying agent temperature of 30 - 150 °C and a speed of 0.5 - 5 m/s [2].

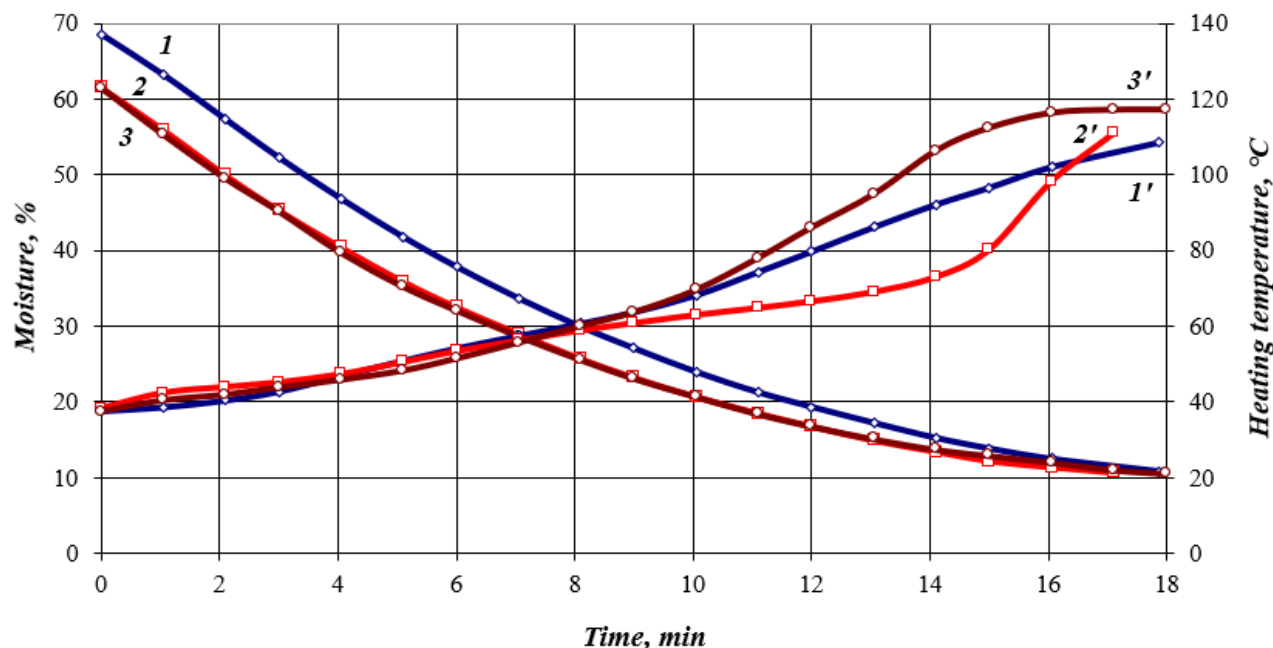


Fig. 1. Change in moisture content (1,2,3) and temperature inside the layer (1', 2', 3') of two- and three-component biogranules over time.

Mode parameters $t = 120^{\circ}\text{C}$, $V = 2 \text{ m/s}$, $d = 6 \text{ mm}$:

- 1, 1' – two-component biogranules based on obsolete sludge and peat;
- 2, 2' – three-component biogranules based on obsolete sludge, peat and buckwheat husks;
- 3, 3' – three-component biogranules based on obsolete sludge, peat and sawdust

Figure 1 shows the drying kinetics curves of two- and three-component granules and their temperature curves. As can be seen from Figure 1, the drying kinetics of the biogranules of the three-component compositions are similar and the curves overlap (curve 2, 3). Curves of drying kinetics obtained from two- and three-component compositions of biogranules show that drying takes place with a gradual decrease in humidity. The drying time of two- and three-component biogranules is in the range of 17 - 18 minutes.

Temperature curves are of different nature. Three-component biogranules based on sludge, peat and sawdust are heated intensively up to 16 min at a uniform

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
temperature (curve 3'), but biogranules with buckwheat husk are heated slowly up to 14, and then there is a sharp increase to the final value (curve 2').

Effective drying modes have been determined, in which the duration is 17-18 minutes. The obtained drying kinetics curves have the same character in two- and three-component granules, but the temperature curves have a different character.

References:

1. Petrova, Z., & Novikova, Y. (2021). Preparation of raw materials, creation of compositions and granulation from obsolete sludge, peat and biomass. *Ceramics: science and life*, 1(50), 14-18.

2. Petrova, Z., Sniezhkin, Y., Paziuk, V., Novikova, Y., Petrov, A. (2021). Investigation of the Kinetics of the Drying Process of Composite Pellets on a Convective Drying Stand. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 159-166. <https://doi.org/10.12911/22998993/137676>.

УДК 637.142

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАВІТАЦІЇ НА ПЕРЕБІГ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЛАКТОЗИ

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

Радченко Н.Л., гол. технолог Щепкін В.І.

Інститут технічної теплофізики НАН України

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

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

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

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

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

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

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

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

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

УДК 661.72

ВПЛИВ ГІДРОМОДУЛЮ НА ДИСПЕРУВАННЯ СОЛОМИ ПШЕНИЧНОЇ ПРИ ЇЇ ОБРОБЦІ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ

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

Інститут технічної теплофізики НАН України

Анотація: Розглянуто вплив гідромодулю водних дисперсій соломи пшеничної при їх диспергуванні в роторно-пульсаційному апараті на розмір часток. Визначено, що обробка в роторно-пульсаційному апараті протягом 10 циклів при гідромодулі 1:5 зменшує вміст часток з розмірами >400 мкм з 69 до 20% та збільшує вміст часток з розмірами <80 з 2 до 44%.

Abstract: The influence of the water/solid ratio of aqueous dispersions of wheat straw during their dispersion in a rotor-pulsation apparatus on the particle size is considered. It is determined that the treatment in the rotor-pulsation apparatus for 10 cycles at a water/solid ratio of 1: 5 reduces the content of particles with sizes > 400 μm from 69 to 20% and increases the content of particles with sizes <80 from 2 to 44%.

Ключові слова: біоетанол, солома пшенична, попередня підготовка, диспергування, роторно-пульсаційний апарат.

Keywords: bioethanol, wheat straw, pretreatment, dispersing, rotor-pulsation apparatus.

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

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

Попередня обробка сировини може збільшити доступну площу поверхні і розмір пір, знизити кристалічність і ступінь полімеризації целюлози [2]. Подрібнення може бути використано для зміни характерної ультраструктури лігноцелюлози і ступеня кристалічності, а отже, зробити її більш доступною для подальшого гідролізу. Чим менше розмір часток, тим більше питома поверхня, відкрита для гідролізу і тим швидше відбувається утворення редукуючих речовин. Одним з об'єктів застосування диспергованої рослинної сировини є виробництво біоетанолу [3].

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

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

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

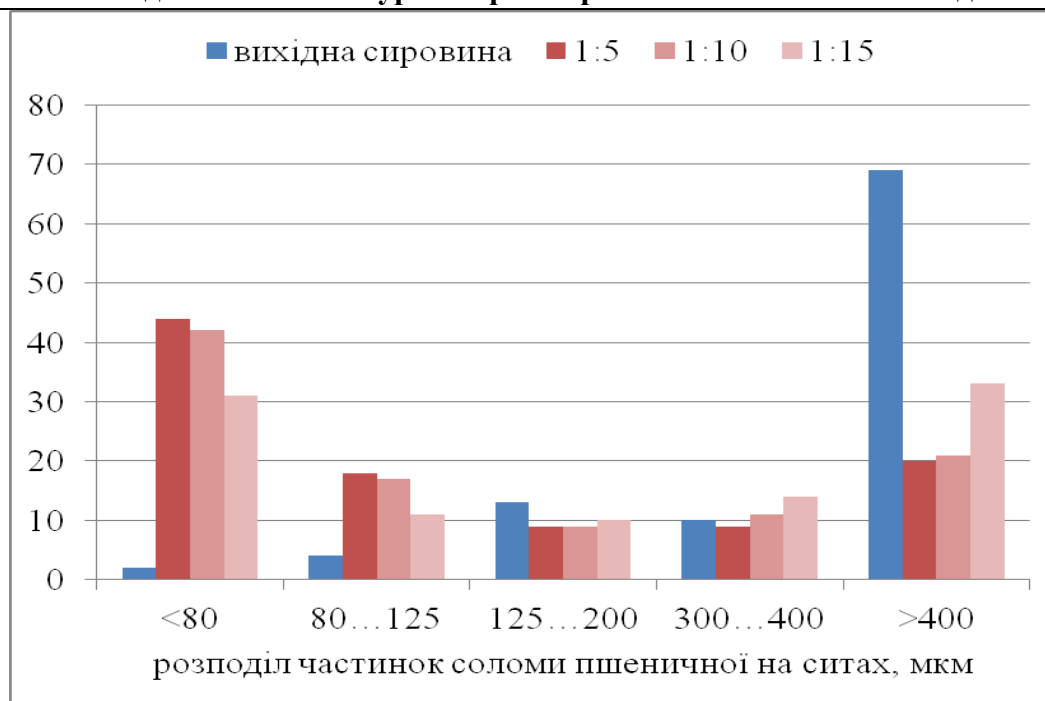


Рис. 1 Залежність гранулометричного складу (% мас.) водної дисперсії соломи пшеничної, обробленої в роторно-пульсаційному апараті протягом 10 циклів від гідромодулю

Визначено, що обробка в роторно-пульсаційному апараті протягом 10 циклів при гідромодулі 1:5 зменшує вміст часток з розмірами >400 мкм з 69 до 20% та збільшує вміст часток з розмірами <80 з 2 до 44%.

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

Висновок:

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

Перелік посилань:

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

НОВІ РІШЕННЯ ЩОДО ПІДГОТОВКИ ВОДИ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ПАРОВИХ КОТЛІВ

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

Інститут технічної теплофізики НАН України

Анотація: Наведено результати зміни фізико-хімічних показників води артезіанської в залежності від часу обробки методом дискретно-імпульсного введення енергії в роторно-пульсаційному апараті (товщина між циліндрового зазору 100 мкм) за початкової температури 20°C .

Abstract: The results of the change of physicochemical parameters of artesian water depending on the time of treatment by the method of discrete-pulse energy input in the rotor-pulsation apparatus (thickness of the inter cylinder gap was 100 μm) at the initial temperature of 20°C presented.

Ключові слова: водопідготовка, котел, водневий показник, жорсткість, роторно-пульсаційний апарат.

Keywords: water treatment, boiler, hydrogen index, rigidity, rotor-pulsation apparatus.

Забруднення і корозія внутрішніх поверхонь нагріву теплоенергетичного обладнання є важливими факторами, що впливають на економічність і надійність роботи систем тепlopостачання. Проведені час від часу кислотні чи інші відмивання і очищення внутрішніх поверхонь від відкладень досить дороги і зменшують термін служби обладнання. Загальновідомо, що жорсткість води сприяє утворенню накипу в котлах, теплообмінниках і трубах. При появі накипу витрата палива зростає одночасно зі зниженням потужності котельні. Крім того, накип може підвищувати температуру поверхонь нагріву часто більш ніж на 50%, що може привести до корозійного розтріскування і серйозних пошкоджень. [1].

При переробці харчової сировини широко використовуються теплові процеси: пастеризація, стерилізація, варіння, витоПЛення, дефростація, випарювання, сушка, випічка, обсмалювання тощо. Аналіз використання теплоти на харчових підприємствах показує, що її витрата на технологічне теплоспоживання становить 45-60%, гаряче водопостачання - 23-30%, опалення і вентиляцію - 10-25%, власні потреби - до 10%. Тому харчові підприємства відносяться до енергомістких виробництв. [2]. Розчинені у воді кисень і вуглекислий газ підвищують швидкість корозії сталі, особливо при підвищених температурах. Дослідження щодо використання методу дискретно-імпульсного введення енергії для очищення води проводились в Інституті технічної теплофізики НАН України [3,4].

Метою роботи є підвищення надійності та подовження ресурсу котлів ДКВР за рахунок інтенсифікації процесу хімводоочищення шляхом використання механізмів дискретно-імпульсного введення енергії для підготовки живильної води котлів ДКВР.

В таблиці наведено результати зміни фізико-хімічних показників води артезіанської в залежності від часу обробки методом дискретно-імпульсного введення енергії в роторно-пульсаційному апараті (товщина між циліндрового зазору 100 мкм) [3] за початкової температури 20°C .

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники води артезіанської за різних умов обробки з використанням методу дискретно-імпульсного введення енергії

Показник	Вихідна вода	Одноразова обробка (1 цикл)	Обробка 5 циклів	Обробка 5 циклів + 0,01% мас. NH ₄ OH, %	Нормативні показники живильної води для котлів
Водневий показник, рН	7,12	7,51	7,81	9,05	8,5-10,5
Загальна жорсткість, °Ж	1,8	1,74	1,72	0,36	0,04

Висновок:

Таким чином, додавання до вихідної води гідроксиду амонію у кількості 0,008-0,015 % з наступною обробкою за використання методу дискретно-імпульсного введення енергії в роторно-пульсаційному апараті забезпечує суттєве зниження жорсткості води.

Перелік посилань:

1. Марченко Е. М., Пермяков А.Б., Семенова И.В. Метод водоподготовки для предотвращения накипи и коррозии в системах теплоснабжения промышленной энергетики. *Энергосбережение и водоподготовка*. 2011. 4(66). С. 44-48.

2. Кисс В.В., Казаков А.В., Рахманов Ю.А. Расчёт паровой системы теплоснабжения пищевого предприятия: Учебно-методическое пособие. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО; ИХиБТ. 2014. 68 с.

3. Долінський А.А., Коник А.В., Радченко Н.Л. Вплив миттєвого зниження тиску на властивості води. Високочастотні гідродинамічні коливання. *Наукові праці НУХТ*. 2016. 22(3). С. 157-165.

4. Долінський А.А., Ободович О.М., Сидоренко В.В., Гусятинська Н.А. Реалії сьогодення та перспективи майбутнього підготовки питної і технологічної води. *Наукові праці НУХТ*. 2018. 24(№2). С. 247-255.

УДК 664.8.047

Сучасні методи сушіння грибів шиїтаке (*Lentinula edodes*)

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

Інститут технічної теплофізики НАН України

Анотація: У роботі наведено огляд існуючих способів сушіння грибів шиїтаке (*Lentinula edodes*) та висвітлені основні проблеми при сушінні.

Ключові слова: методи сушіння, гриби шиїтаке, тепломасообмін.

UDC 664.8.047

Modern methods of drying shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*)

Senior Research Fellow, Ph.D. Kateryna Samoilenko

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Abstract: The paper provides an overview of existing methods of drying shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*) and highlights the main problems in drying.

Key words: drying methods, shiitake mushrooms, heat and mass transfer.

З кожним роком все більше стає популярним напрямок у харчовій промисловості - переробка продуктів харчування шляхом зневоднення на порошок та використання в такому ж вигляді на виробництві якісних продуктів швидкого приготування, що має ряд переваг: немає потреби у великих складських приміщеннях, збільшується термін зберігання продукту, легкість транспортування тощо. Також деякі харчові продукти потребують миттєвої переробки, оскільки вони починають втрачати свої харчові цінності відразу після збирання. До таких відносяться гриби шиїтаке (*Lentinula edodes*), що є одними з найпопулярніших і широко споживаних грибів у всьому світі.

Гриби шиїтаке (*Lentinula edodes*) мають унікальний і збалансований самою природою набір вітамінів, амінокислот, полісахаридів, клітковини, мікро- і макроелементів, які мають позитивний вплив на імунітет, тривалість

життя; нормалізує та покращує роботу обмінних процесів організму, очищує від шлаків, токсинів, сприяє втраті зайвої ваги. Також є ефективним антиоксидантом, що активно допомагає організму боротися із негативним впливом вільних радикалів. Завдяки вмісту полісахаридів, відбувається стимуляція утворення інтерферону — білка, що не дозволяє вірусам і бактеріям розмножуватися. Хімічний склад шиїтаке, порівняно з іншими грибами, досить складний, але кожен з компонентів є надзвичайно корисним для людини.

Основними завданнями при виборі методу сушіння та розробці режимних параметрів є: підвищення якості регідратації, що веде до високого коефіцієнта відновлення об'єму, збереження зв'язку пор та цілісності клітинної мембрани. Не повноцінно висушений продукт дуже швидко покриється цвіллю, а той, який, навпаки, буде пересушений, просто розкришиться.

Існує безліч способів зневоднення грибів шиїтаке, зокрема сублімаційне, розпилювальне, конвективне, вакуумне, миттєве сушіння з контрольованим перепадом тиску, комбіноване – вакуумно-мікрохвильове та у поєднанні із інфрачервоним. До основних недоліків описаних вищезазначених методів відноситься те, що не дивлячись на різні комбінації методів сушіння потрібно враховувати досить високе споживання теплової енергії, додаткові затрати на допоміжні матеріали, такі як структуруючі добавки та ін. Тому питання розробки та застосування технології переробки грибів шиїтаке (*Lentinula edodes*) на якісний сушений продукт із низькою собівартістю, простотою та оптимізацією часу виробництва є доцільним та актуальним.

Список використаних джерел:

1. Hataichanok Kantrong & Ampawan Tansakul & Gauri S. Mittal (2012). Drying characteristics and quality of shiitake mushroom undergoing microwave-vacuum drying and microwave-vacuum combined with infrared drying.

2. Турчина Т.Я., Жукотський Е.К., Костянець Л.О., Макаренко А.А. (2019). Моделювання впливу β -циклодекстрину як структуруючої добавки на кінетику сушіння водної суспензії їстівного гриба шиїтаке. Наукові праці, Том 83, вип. 1. с. 152-156.

USE OF LIQUID HYDROCARBON MIXTURES OF TECHNOGENIC ORIGIN AS FUEL

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

I.

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Abstract. Development and research of a method of using liquid hydrocarbon mixtures of man-made origin as fuel.

Key words: inverse emulsion, hydrocarbon mixtures, combustion.

ВИКОРИСТАННЯ РІДКИХ ВУГЛЕВОДНЕВИХ СУМІШЕЙ ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ В ЯКОСТІ ПАЛИВА

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

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

Анотація. Розробка та дослідження способу використання рідких вуглеводневих сумішей техногенного походження в якості палива.

Ключові слова: зворотна емульсія, вуглеводні суміші, горіння.

There are a large number of varieties of liquid hydrocarbon mixtures of man-made origin: the burial of which is not resolved. These are oil spill charges, flooded fuel oils, oil sludge, saline water, domestic water, waste motor oils and bilge water, crude oil unsuitable for refining, as well as resins obtained by dry distillation of wood.

These liquid hydrocarbon mixtures of man-made origin are not suitable for direct combustion due to the presence of various impurities and water. But their heat of combustion and quantity allow, under certain conditions, to use them as fuel [1].

Our research has shown that it is most effective to use them as fuel in the form of water-fuel emulsions.

The most suitable for use as fuel inverse emulsion - with drops of polar liquid in a non-polar environment, ie water in hydrocarbon mixtures.

The combustion of water-fuel emulsions occurs as ordinary hydrocarbons. But the water present in the emulsion affects both the combustion kinetics and the technology of its combustion.

In most cases, the fuel is supplied by injectors, as a result of which the fuel is crushed into fine droplets. The combustion process is quasi-heterogeneous.

According to the above kinetics of combustion of water-fuel emulsion, the process of its combustion should be carried out using technologies that allow it to be carried out in high-temperature mode. The most suitable of the existing methods is thermochemical treatment [2,3], which allows to influence the reactivity of fuels. The combustion of fuels is carried out in the mode of spontaneous combustion, which is achieved by heating the fuel to the temperature of spontaneous combustion by high-temperature combustion products of the fuel itself or additional fuel: liquid or gaseous.

For the use of liquid hydrocarbon mixtures of man-made origin as fuel, we have created a set of equipment that allows them to be burned in various types of furnaces and boilers of industrial and municipal energy.

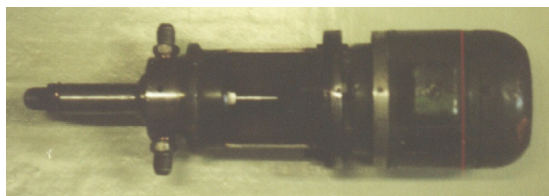


Fig.1. Water fuel emulsion generator

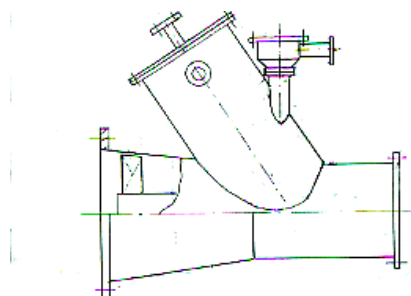


Fig.2. Burner device



Fig.3. Torch flame emulsion

The main components of the complex are the generator of the water-fuel emulsion of the reverse type (Fig. 1) and the burner device (Fig. 2) [4], built on the principles of fuel combustion by the method of thermochemical treatment.

Experiments have shown that when burning a water-fuel emulsion based on spent engine oil, the flame appeared immediately in the contact zone of the oxidant (air) and fuel (water-fuel emulsion) (Fig. 3), emitted little and was blue.

The completeness of the combustion of the water-fuel emulsion was almost complete.

Experiments have shown the possibility of using liquid man-made waste as fuel at the place of their production: ports, railways, large farms, factories, and at the same time solves the problem of environmental protection.

References:

1. Ivanov V.M.. (1962). *Toplivnyie emulsii*[Fuel emulsions]. Moskov: AN SSSR, 326.
2. Chmel V.N., Dunaevskaya N.I. Ogiy V.N., Barbyishev B.N. (1985). *Povyishenie effektivnosti szhiganiya nizkosortnyih topliv metodom termohimicheskoy obrabotki* [Improving the efficiency of combustion of low-grade fuels by the method of thermochemical treatment]. *Proceedings of universities. Energy*, 3, 96-100.
3. Chmel V.N., Novikova I.P. (2002). *Szhiganie tomliva po metodu termohimicheskoy obrabotki* [Burning languid by the method of thermochemical treatment]. *Disperse systems "XX scientific conference of the CIS countries" September 23-27, Odessa, Ukraine*, 276-277.
4. Patent for utility model № 135494 "BURNER DEVICE" dated July 10, 2019.

Шляхи вирішення проблеми висолювання будівельних матеріалів з лужноактивованої кремнеземистої сировини.

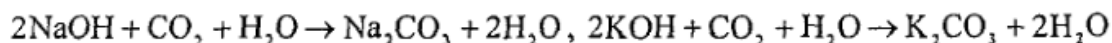
Собченко В.В., Жайворонок В.А., Собченко Г.О.

Інститут газу НАН України, м. Київ, Україна

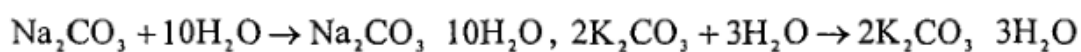
На теперішній час для забезпечення зниження енерговитрат в Україні набули досить широкого використання сучасні теплоізоляційні матеріали з лужноактивованої кремнеземистої сировини (трепелу) [1]. Їх використовують як теплоізоляційні засипки, для наповнення легких бетонів, виготовлення теплоізоляційних блоків тощо. Перевагами використання такого типу теплоізоляційних матеріалів є: наявність широко розповсюдженої та недорогій сировини; низька теплопровідність $0,03 \dots 0,065 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, яка досягається за рахунок надання пористої макроструктури; низька питома густина $80 \dots 250 \text{ кг/м}^3$; широкий фракційний склад від 0,1 до 20 мм; низьке водопоглинання, до 8 %; морозостійкість не менше 50 циклів та невисока вартість виробництва за рахунок низького діапазону термообробки матеріалу, що зазвичай не перевищує $600 \text{ }^\circ\text{C}$. Однак цим матеріалам властиві і недоліки: відносно невисока міцність; обмеження використання матеріалу із-за можливості вилугування (висолювання) на поверхні матеріалів, кислотної поліконденсації силікатних зв'язків (солі алюмінію) або надмірного зшивання силікатної структури за рахунок високої поляризаційної дії (солі кальцію, магнію). Останній недолік призводить до погіршення естетичного вигляду конструкцій, з часом, і зниження експлуатаційних характеристик будівель. Актуальним запитанням є дослідження механізмів висолювання, знаходження методів попередження та усунення наслідків.

Інститутом газу НАН України було розроблено технологічні аспекти виробництва теплоізоляційних матеріалів для будівельної індустрії із лужноактивованого кремнеземистого матеріалу (гідросилікату) натрієвим чи калієвим лугом [2]. Експлуатація цього матеріалу протягом довготривалого часу вказала на наявність недоліку висолювання на поверхні. Основною причиною появи висолів є наявність луку в будівельному матеріалі (близько 15 %). Механізми появи висолів на поверхні будівельних матеріалів показано [3].

Одним з пояснень є те, що високий вміст луку в матеріалі супроводжується збільшенням його концентрації в поверхневих шарах будівельного матеріалу, де він може карбонізуватися.



Ці процеси протікають з деяким збільшенням об'єму твердої фази. Коефіцієнти збільшення об'єму твердої фази для першої і другої реакції 1,12 і 1,04 відповідно. В умовах змінних температур і міграції вологи з середини будівельного матеріалу до приповерхневих шарів карбонату натрію чи калію будуть проходити вторинну гідратацію з утворенням гідратів карбонату натрію чи калію, яка супроводжується вже значним збільшенням об'єму твердої фази.



Коефіцієнти збільшення об'єму для першої та другої реакції складуть відповідно:

$$v_0 = \frac{\gamma_x(1+\alpha)}{\gamma_y} = \frac{2,53(1+1,7)}{1,45} = 4,72, \quad v_0 = \frac{2,43(1+0,2)}{2,04} = 1,42,$$

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

де γ_x - густина вихідної твердої фази, г/см³; γ_y - те ж для гідратних фаз карбонатів,

$\alpha = m_0 / m_x$ - хімічно зв'язана вода в виді співвідношення молекулярних мас зв'язаної води та карбонатів, що беруть участь в реакції у стехометричних співвідношеннях.

Гідрація пор в умовах насичення поверхневих шарів будівельного матеріалу безводними карбонатами натрію і калію при значному збільшенні об'єму твердої фази може призвести до руйнування структури поверхні будівельного матеріалу.

Способами усунення вказаного недоліку можуть бути [4]: по-перше, на початковій стадії експлуатації будівель максимально надати можливість вилугуванню, а потім провести очищення і змив та захистити поверхню гідрофобізацією, розрахованою на блокування залишків луку; по-друге, можливе введення в будівельний матеріал домішок, які містять непрореагований мікрокремнезем, який зв'яже наявний луг і не дасть збільшити об'єм твердої фази (не призведе до появи внутрішніх напружень), що, на нашу думку, більш доцільно. Плануються подальші дослідження процесів при висолованні, визначення методів попередження та усунення наслідків.

Перелік посилань

1. Кривенко П.В., Пушкарева К.К., Кочевих М.О.. Заповнювачі для бетону. Киев, 2001, 400 с.
2. Хвастухин Ю.И., Костокрыз К.П., Собченко В.В., Цюпяшук А.Н. Энергоэффективные технологии получения пористых неорганических заполнителей для теплоизоляционных материалов в аппаратах с псевдооживленным слоем // Материалы международной научно-технической конференции «Энергоэффективность-2014» (14-16 октября) 2014г. г.Минск, Беларусь / Ред.: В.М.Асташинский. – Минск: Институт тепло и массообмена имени А.В.Лыкова НАН Беларуси, 2014. – С. 131-132.
3. Климов В.П. Механизмы высолообразования на поверхности наружных стен зданий на основе штучных стеновых материалов, автореф. к.т.н., Уфа, 2007, 24с.
4. Альперович И.А. Способы предотвращения высолов на керамическом кирпиче. - М, ВНИИЭСМ, 1993, 71 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ В ПРОЦЕСАХ ЕКСТРАГУВАННЯ

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

¹Інститут технічної теплофізики НАН України

²Київський національний торговельно-економічний університет

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

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

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

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

Екстрагування – широко розповсюджений процес, який відрізняється довгою тривалістю та енергоємністю. Існуючі способи інтенсифікації

процесу екстракції спрямовані на скорочення часу проведення процесу, зниження енергозатрат і зменшення втрат речовин, що екстрагуються. З фізичної точки зору досліджуваний процес екстрагування з одиночних частинок є внутрішньо-дифузійним рухом екстрагованих субстанцій і конвективним перенесенням маси з поверхні твердої частинки в об'єм екстрагента.

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

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

STUDY OF THE PROCESS REMOVING WATER FROM APPLES METHODS TG AND DTA

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

Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine

***ABSTRACT.** The process of removing water from apples was studied by TG and DTA methods for more reasonable identification of possibilities of intensification of drying and deeper understanding of the processes that occur during dehydration of apples.*

KEYWORDS: DERIVATOGRAPHY, DRYING, APPLES, STEAM TREATMENT, AVERAGE SPECIFIC HEAT OF DEHYDRATION, FREE AND BOUND WATER.

ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИДАЛЕННЯ ВОДИ З ЯБЛУК МЕТОДАМИ ТГ ТА ДТА

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

Інститут технічної теплофізики НАН України

***АНОТАЦІЯ.** Для більш обґрунтованого виявлення можливостей інтенсифікації сушіння та глибшого розуміння процесів, які відбуваються під час зневоднення яблук, методами ТГ та ДТА було досліджено процес видалення води з них.*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДЕРИВАТОГРАФІЯ, СУШІННЯ, ЯБЛУКА, ОБРОБКА ПАРЮЮ, СЕРЕДНЯ ПИТОМА ТЕПЛОТА ЗНЕВОДНЕННЯ, ВІЛЬНА ТА ЗВ'ЯЗАНА ВОДА.

The purpose of the work. The process of removing water from apples was studied by TG and DTA methods for more reasonable identification of possibilities of intensification of drying and deeper understanding of the processes that occur

Fresh and steamed samples of parenchymal tissues of apples of Renet Simirenko and Jonathan varieties were used as **objects of the study**. The study was performed in a Q-1000 derivatograph in the range of 25...250 °C at a heating rate of 3.6 K/min. Apples dehydration was carried out by the method of convective drying to a residual moisture content of 6 % [1].

Results. The temperatures of the maximum rate of dehydration, the transition of parenchymal tissues to a state due to the content of exclusively bound water, and temperature intervals of thermal decomposition of organic matter were determined.

The course of the dehydration process under controlled heating depends on the state of the water. The average rate of water removal from steam treated fabrics in Renet Simirenko apples is 14 % higher than in fresh ones [1].

First for apples Reinette Simirenko shown that couple treated samples due to the destruction of cell membranes redistribution of free and bound water, some bound water moved in the free, as evidenced by the average values of the specific heat of dehydration that for fresh apples Reinette Simirenko in the temperature range of 25...181 °C is defined at the level of 2630, and for steam treated in the temperature range of 25...183 °C – 2500 kJ/kg. Steamed apples of both types of bound water are ~ 3 % less than fresh ones [1].

Conclusions. Studies confirm the feasibility of heat and moisture treatment of parenchymal tissues of raw materials before drying in order to intensify dehydration and reduce energy costs. The obtained results can be used when choosing the mode of preliminary heat and moisture treatment of apples and in thermal calculations of the dehydration process.

References:

1. Гусарова, О., Михайлик, В., & Шапар, Р. (2021). Вплив паротермічної обробки яблук на теплоту зневоднення. *Scientific Works*, 85 (1). <https://doi.org/10.15673/swonaft.v85i1.2069>

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ЗНЕВОДНЕННЯ КОЛОЇДНИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

Доктор технічних наук, провідний науковий співробітник, Пазюк В.М.,
аспірант Вишнівський В.М.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

Анотація. Низькотемпературне сушіння білокачанної капусти при температурі теплоносія 50...60 °С дає гарні результати якості продукції. Інтенсифікація цих режимів можлива за рахунок введення ступеневих режимів або використання інфрачервоного випромінювання в процесі сушіння.

Abstract. Low-temperature drying of white cabbage at a coolant temperature of 50... 60 °C gives good results in product quality. Intensification of these modes is possible due to the introduction of step modes or the use of infrared radiation during drying.

Ключові слова. Капуста, сушіння, режими, інтенсифікація.

В літературних джерелах наводиться технологія виробництва сушеної білокачанної капусти яка передбачає довготривале конвективне сушіння сировини при температурі теплоносія 65...70°C протягом 12...24 год з наступним охолодженням [1]. Для дослідження було обрано капусту білокачанну з метою інтенсифікації конвективного сушіння та розробкою комбінованих способів зневоднення.

Проведені нами дослідження були спрямовані на інтенсифікацію процесу сушіння білокачанної капусти та збереження якості матеріалу. Дослідження проводились в два етапи.

На першому етапі з метою інтенсифікації процесу, нами були виконані дослідження, які показали що підвищення температури теплоносія від 50 до 80°C зменшує тривалість сушіння в 3,23 рази та знижує якість матеріалу (набуває коричнюватого відтінку). А ступеневий режим 80/60°C є більш прийнятним тому що дозволяє дотриматися технологічних вимог якості

На другому етапі нами було досліджено вплив використання ІЧВ на загальну тривалість процесу сушіння.

Результати досліджень впливу конвективного сушіння та інфрачервоного випромінювання на тривалість зневоднення капусти білокачанної представлені на рисунку 1.

З рис. 1 випливає, що сушіння методом ІЧВ є найтривалішим та якісні показники знижуються, матеріал підгорає. Для інтенсифікації процесу застосовуємо комбіновану дію конвективного та інфрачервоного випромінювання при температурі теплоносія 60°C та тепловому потоці 2600-3000 Вт/м².

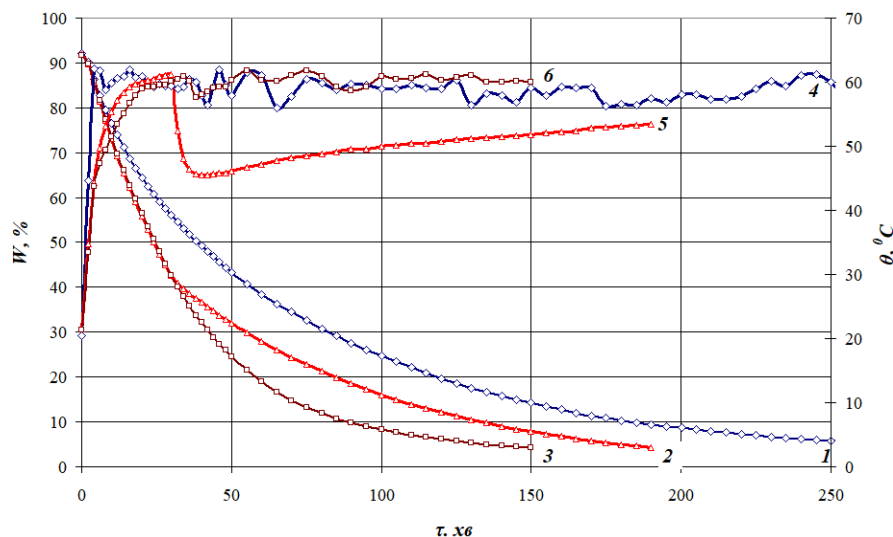


Рис.1. Вплив конвективного сушіння та інфрачервоного випромінювання на тривалість зневоднення капусти білокачанної, $V = 3$ м/с, $\delta = 15$ мм, $d = 10$ кг/г с.п.: 1,4 – інфрачервоне випромінювання; 2,5 – інфрачервоне випромінювання 30 хв + конвективне сушіння; 3,6 – інфрачервоне випромінювання + конвективне сушіння.

Висновки. За рахунок застосування комбінованого інфрачервоного випромінювання та конвективного сушіння скорочується загальна тривалість процесу, а матеріал не втрачає показників якості.

Література

1. Назаренко В.О., Юдічева О.П., Жук В.А. Формування якості товарів. Частина 1. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 386 с.
2. Петрова Ж.О., Пазюк В.М., Вишнівський В.М., Граков Д.П., Граков О.П. Сушіння капусти білокачанної на конвективному сушильному стенді. Теплофізика та теплоенергетика, 2021, т.43, №3. – с.24-28.

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ КАВІТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ГІДРОНАСОСІВ

доц., к.т.н.Рубльов А.В.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Загальноприйнятим у Європі позначенням кавітаційного запасу прийнято вважати абревіатуру NPSH (Net Positive Suction Head). Характеристика NPSH відображає нездатність насосу створювати на вході абсолютний вакуум і забезпечувати всмоктування рідини з висоти рівною або більшою ніж 10,33 метра, що відповідає значенню атмосферного тиску на рівні моря. З фізичної точки зору параметр NPSH показує абсолютний тиск на вході в насос, достатнім для запобігання кавітації процесу. Кавітація буде супроводжувати спробу насосу здійснити підйом певної кількості води з глибини, що перевищує допустиму характеристиками висоту всмоктування.

Виробник насосного обладнання серед основних характеристик насосу вказує максимальну висоту всмоктування і надає характеристичну криву NPSH як функцію залежності від швидкості потоку рідини. Максимальна висота всмоктування і кавітаційна характеристика насосу NPSH взаємопов'язані:

$$H_{\max} = A - NPSH - H_{\text{asp}} - H_r, \text{ м,}$$

де A – абсолютний тиск в метрах на вільну поверхню рідини у всмоктувальній ємності. При всмоктуванні рідини з відкритого джерела, що знаходиться в прямому контакті з атмосферою, тиск A дорівнює атмосферному тиску;

H_{asp} - втрати напору на подолання опору руху потоку рідини у всмоктуючому трубопроводі, м;

H_r - тиск пароутворення рідини в метрах водяного стовпа;

На - значення необхідного NPSH, що впливає на подачу насосу: показники NPSH збільшується зі збільшенням швидкості потоку середовища, що перекачується.

Для забезпечення нормального режиму роботи насосу досить частково перекрити засувку в магістральному трубопроводі, знизивши, таким чином, продуктивність насосу. При необхідності забезпечити продуктивність насосу в умовах недостатнього кавітаційного запасу, вирішення проблеми може бути пов'язано зі збільшенням типорозміру насосу з більш низьким значенням NPSH при заданій продуктивності насосу.

Рівняння також показує, що ефективним способом збільшення допустимої висоти всмоктування виявляються, заходи, спрямовані на зниження загальних втрат на опір потоку у всмоктуючому трубопроводі. З цієї причини рекомендується застосовувати на лінії всмоктування трубопровід з внутрішнім діаметром, що не робить опір потоку всмоктуваної рідини. Для мінімізації втрат висоти всмоктування лінійна швидкість руху рідини у всмоктуючому трубопроводі не повинна перевищувати 1-1,5 м / с.

Література

1. Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах: монографія / Т.М. Вітенько. – Тернопіль: в-во ТНТУ ім. І.Пулюя, 2009. – 224с.
2. Дячок В.В. Математична модель процесу екстрагування із рослинної сировини / В.В.Дячок // Хімічна промисловість України. – 2001. – №4. – С.52-55.
3. Витенько Т.М. Исследование механизма активирующего действия гидродинамической кавитации на воду / Т.М. Вітенько, Я.М. Гумницкий // Химия и технология воды. – Киев, 2007. – №5. – С.422–432.
4. T.Vitenko. Kinetic laws of flavonoid extraction from mulberry leaves by extractant cavitation activation / T.Vitenko, Ya. Gumnitsky //

**Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів,
аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"**

Chemistry&Chemical Technology. – Lviv: Polytechnic National University, 2011.
– V. 5, № 4, – P. 459-462.

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

**Цюпяшук А.М., Пяних К.Є., Костогриз К.П.
Інститут газу НАН України, м. Київ, Україна**

У зв'язку зі зростаючим інтересом до водневої енергетики в ЄС та Україні, однією із концепцій якої є транспортування водню виробленого ВДС по існуючим газопроводам, шляхом додавання до природного газу у кількості до 20% об'ємних, виникла необхідність перевірки можливості використання існуючих систем редукування газу та вузлів обліку газу при роботі на суміші водню з природним газом (20% H₂ / 80% CH₄) (далі - суміш), а також визначення впливу даної суміші на надійність та працездатність цих систем.

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

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

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

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

Під час порівняльного випробування на газоводневій суміші та природному газі необхідно забезпечити однакову теплоту згоряння спалюваного об'єму. Оскільки нижча теплота згоряння водню складає за робочих умов 10,05 МДж/м³, а природного газу – 34,73-34,75 МДж/м³, то із збільшенням частки водню в суміші її підсумкова теплота згоряння зменшується. Таким чином, необхідно збільшити об'єм спалюваної суміші для забезпечення того самого обсягу енергії одержаного під час спалювання газоводневої суміші. Тож, доцільно досліджувати працездатність ПРГ, з урахуванням необхідності транспортування збільшеного обсягу газоводневої суміші. За умови вмісту водню у 20% об., еквівалентом 1 м³ природного газу з теплою згоряння 34,54 МДж/м³ буде 1,165 м³ газоводневої суміші з теплою згоряння $(0,8 \cdot 34,54 + 0,2 \cdot 10,05) = 29,64$ МДж/м³.

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

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

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

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Результати проведених експериментальних досліджень на полігонах РГК проведених згідно із затвердженим «Порядком випробування здатності роботи комплексів газорегуляторного обладнання на газоводневих сумішах» підтверджують можливість роботи сучасного обладнання ПРГ/ВОГ як з природним газом так і з сумішшю водню з природним газом (20% H₂ / 80% CH₄).

JUSTIFICATION OF JET-PULSATING MODE OF FLUIDIZATION

Kornienko Y.M., Haidai S.S., Yevziutin P.Y, Sameliuk O.V.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: The conditions for introducing a liquefying agent through the cracks of the gas distribution device and the formation of gas bubbles, which ensures the absence of immobile zones of granular material on the working surface of the gas distribution device and realizes the pulsation jet-pulsation mode.

KEY WORDS: FLUIDIZATION LAYER, HYDRODYNAMICS, JET-PULSATING FLUIDIZATION, GRANULATION.

ОБГРУНТУВАННЯ СТРУМЕНЕВО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО РЕЖИМУ ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ

Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Євзютін П.Ю., Самелюк О.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: Обґрунтовано умови введення зріджувального агенту через щілини газорозподільного пристрою та формування газових бульбашок, при яких забезпечується відсутність малорухомих зон зернистого матеріалу на робочій поверхні газорозподільного пристрою та реалізується струменево-пульсаційний режим псевдозрідження.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ ШАР, ГІДРОДИНАМІКА, СТРУМЕНЕВО-ПУЛЬСАЦІЙНЕ ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ.

Methods that increase the intensity of diffusion-controlled processes include the pulsation regime of the gas coolant over the surface of a solid body during dehydration and granulation of liquid systems in a fluidized bed [1-10].

In works of [11] is analyzed in detail the conditions for the transition of the jet mode to bubbling, when the ratio of the height of the breakdown torch Y_f to the height of the fixed bed H_0 is more than 0.5, Figure 1.

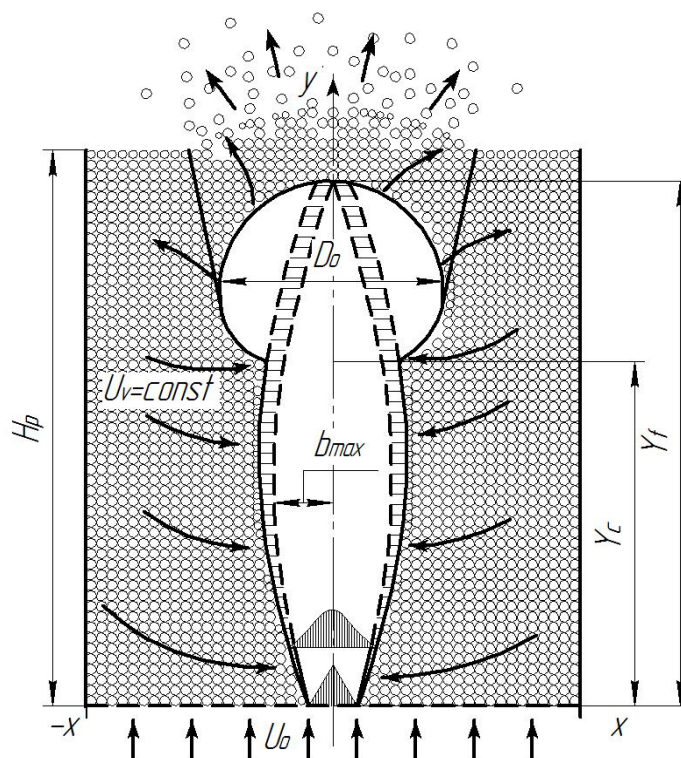


Figure 1 – Physical model of interphase interaction in gas-solid particles system in gushing fluidization mode [11]

At the same time, stagnant zones can form in the granulator with perforated gas distribution devices, Figure 2. Even if the holes are located so that the coalescence of gas bubbles is possible.

Reduction of the probability of occurrence of stagnant zones on the working surfaces of the gas distribution device is provided by the horizontal direction of the gas jet through the slits of the gas distribution device [11], Figure 3.

The gas jet moves in the horizontal direction to a distance of Y_{BT} from the slit, which begins to move to vertically directed at a distance x_{top} [11], Figure 3.

The height of the fixed layer of material in the apparatus $H_0 = \text{mm}$ is determined from the conditions of mass transfer with stable kinetics of the granulation process experimentally.

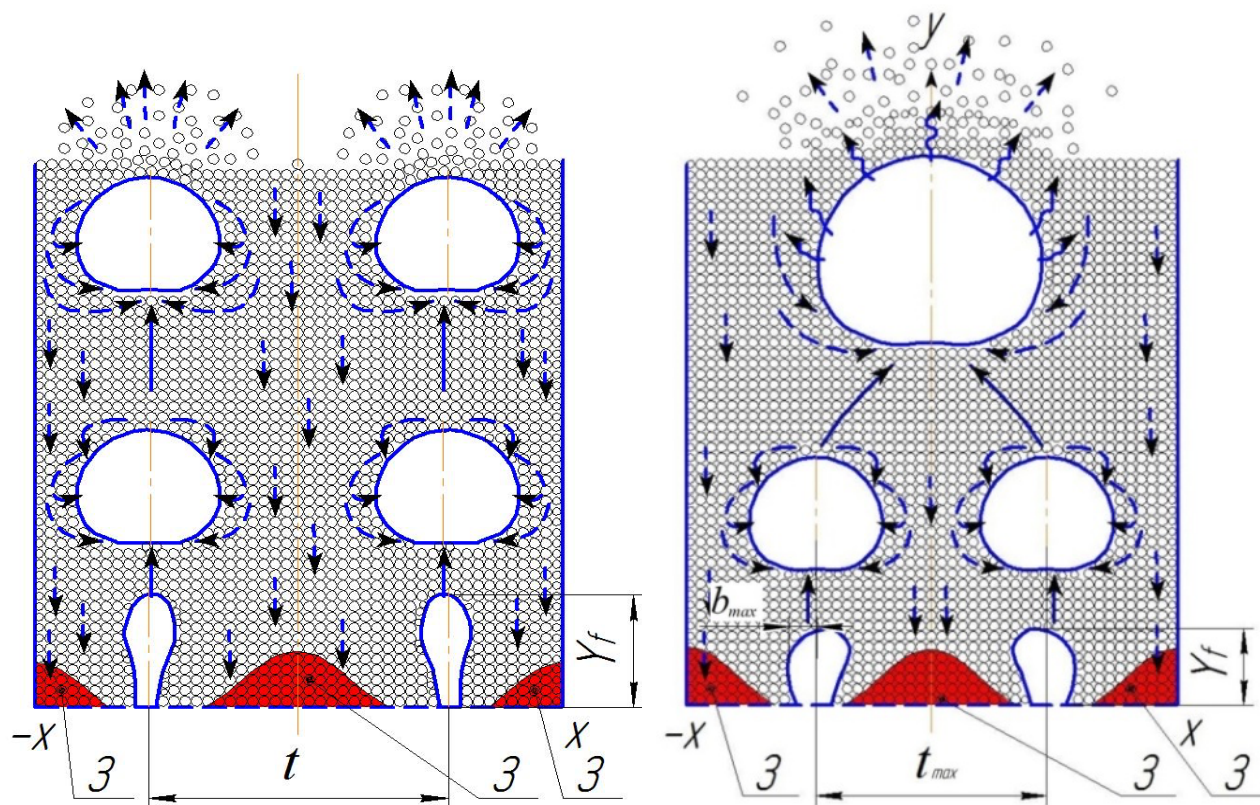


Figure 2 - Model of interaction of several gas bubbles in the bed of solids in the bubbling mode of fluidization [11]

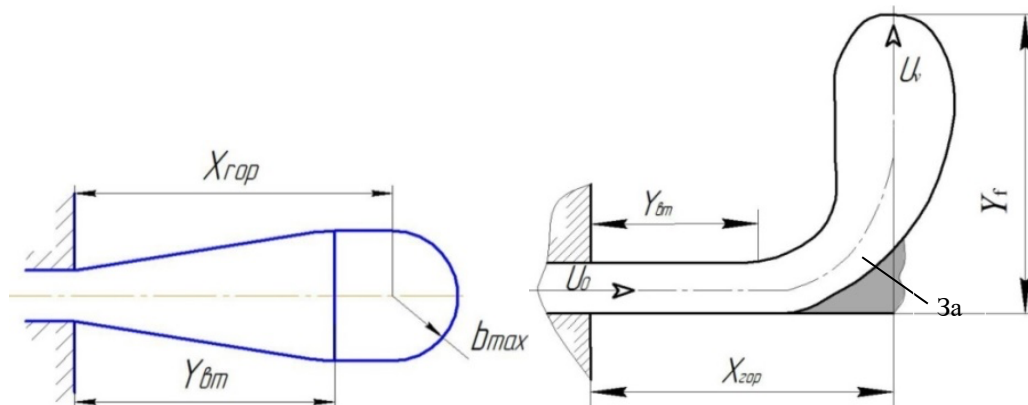


Figure 3 – Scheme of horizontal supply of a gas torch [11]

Previous studies [12-20] found that the breakdown height of the gas torch z_{ϕ} for granular product with a density of $\rho_{\tau}=1450 \text{ kg/m}^3$, equivalent diameter $d_e = 1,42...3,97 \text{ mm}$ when using slit-type gas distributing device with a coefficient of living cross section $\varphi = 4,9 \%$ is $z_{\phi}=80...100 \text{ mm}$. The breakdown range of the horizontal (primary) jet 1 is $x_{\text{top}}=80 \text{ mm}$ [12-20], Figure 4 B, which is introduced from dot p , Figure 4. At a distance x_{top} , the jet changes the horizontal direction to

the vertical and at a height Δ (point k) from the plane $I-I$ begins to transform into a gas bubble.

It is proposed to introduce an additional (secondary) gas jet 2 vertically at the point k , which creates a gas torch with a height of z_ϕ . The channel of the formed jet 2 is intensively fed by the primary gas jet 1.

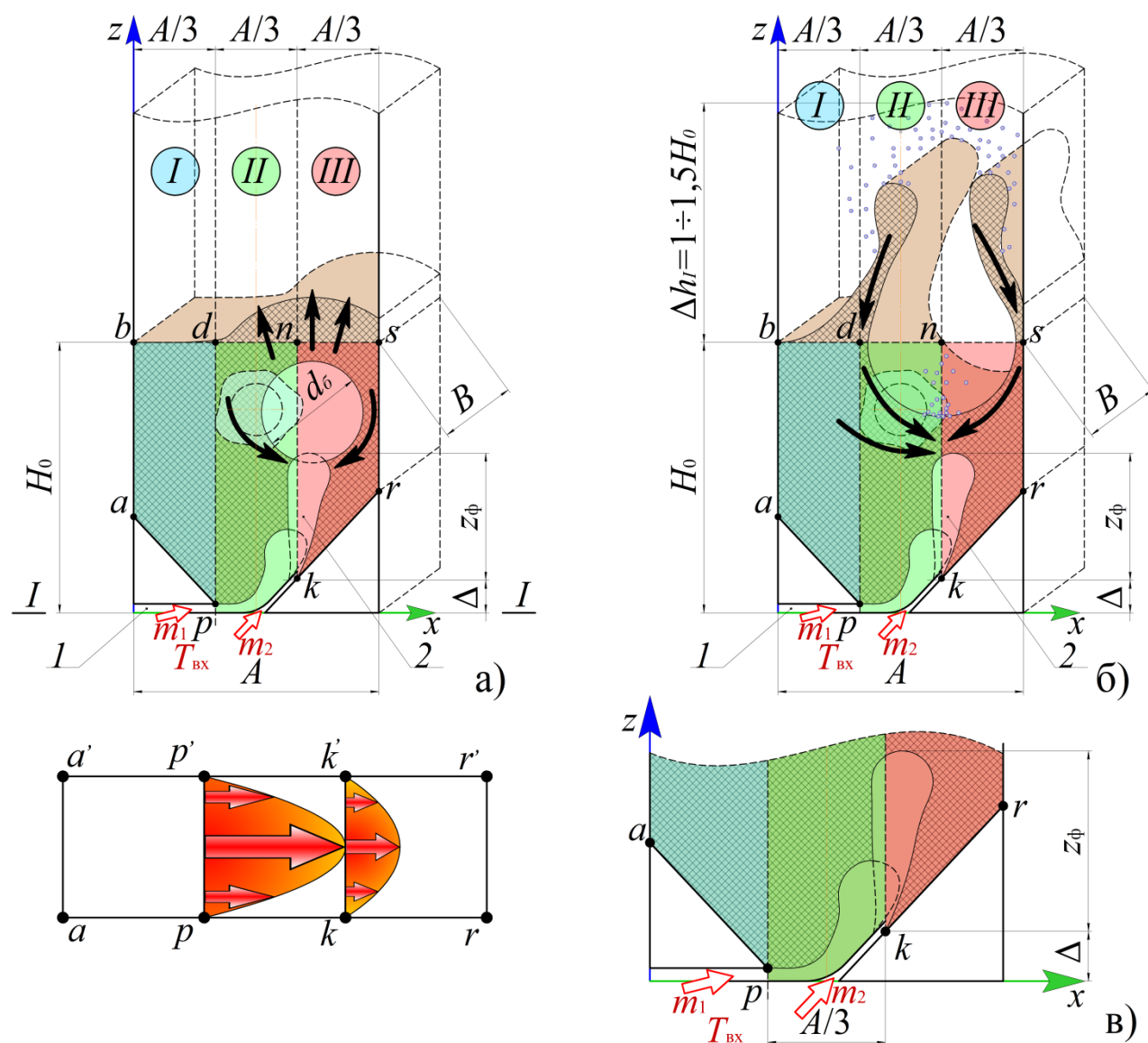


Figure 4 – Physical model of interaction of flat gas jets with granular material:
 a) phase of gas bubble formation; б) phase of inertial removal of the material;
 в) the formation of gas torches near the surface of the gas distribution device

As a result of the fact that the rate of gas supply to the combined stream exceeds the rate of filtration along the perimeter of the formed gas cavities, at a

height of $\Delta+z_\phi$ the gas bubble begins to grow if $(\Delta+z_\phi)/H_0 \ll 0,5$. If this condition is not met - the usual gushing mode is implemented.

The state of equilibrium of the forces acting on the bubble at the time of its movement to the upper limit of the layer will be written:

$$\Delta P_{\text{підйому}} = \Delta P_{\text{гідростатичний}}; \quad (1)$$

$$V_\phi \rho_T (1 - \varepsilon_0) g = F_\phi (H_0 - d_\phi - z_\phi - \Delta) \rho_T (1 - \varepsilon_0) g, \quad (2)$$

or:

$$V_\phi = F_\phi (H_0 - d_\phi - z_\phi - \Delta), \quad (3)$$

Where $V_\phi = \pi d_\phi^3 / 6$ – volume of spherical gas bubble, m^3 ; $F_\phi = \pi d_\phi^2 / 4$ – horizontal cross section of the bubble, m^2 .

For the case of flat slits through which gas jets are fed, the formed bubble has a cylindrical shape with a horizontal axis of symmetry and a width of cylinder B , that is:

$$V_\phi = \frac{\pi d_\phi^2}{4} B; \quad F_\phi = d_\phi B, \quad (4)$$

Where B – camera chamber width, m.

Then:

$$\frac{\pi d_\phi^2}{4} B = d_\phi B (H_0 - d_\phi - z_\phi - \Delta), \quad (5)$$

whence the diameter of the bubble:

$$d_\phi = \frac{H_0 - z_\phi - \Delta}{1 + \frac{\pi}{4}}. \quad (6)$$

The material in front of the frontal part of the bubble, at its exit will be inertially removed outside the initial bed of height H_0 . If the residual height of the layer in the area of the jet 2 in the plane kn is $H_{\text{зал.}} > (\Delta+z_\phi)$, Figure 4, – the formation of a secondary gas bubble is correspondingly smaller.

If the condition $H_{\text{зал.}} = (\Delta+z_\phi)$ the secondary bubble is not formed and the gushing mode is realized.

The granular material inertially removed from the conditional line $bdns$ under the action of gravity descends from the height Δh_I in zones *II* and *III*, which causes a dynamic impact directed in the opposite direction to the movement of the

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
gaseous medium. This leads to an instantaneous decrease in activity in the gushing zone and, as a consequence, stops the movement of granular material on the working surfaces of the gas distribution device.

In addition, the mixing of granular material takes place in zones *II* and *III* and almost does not capture zone *I*. This nature of the movement of solid particles does not intensify the renewal of the contact surface of phases in the irrigation zone, Figure 4, and leads to uncontrolled agglomerate formation.

Thus, the usual jet-pulsation gushing mode is unsuitable for dehydration and granulation processes using high-temperature coolant.

References:

1. Mathematical modelling of continuous formation of multilayer humic-mineral solid components / Yaroslav Kornienko, Vasyl Raida, Roman Sachok, Oleksiy Tsepkalo // CHEMISTRY & CHEMICAL TECHNOLOGY. – Vol. 3, No. 4, 2009. – pp. 335-338.

2. Complex assessment of the efficiency of granulation process in dispersed systems / Yaroslav Kornienko, Vasyl Raida, Roman Sachok // CHEMISTRY & CHEMICAL TECHNOLOGY. – Vol. 2, No. 3, 2008. – pp. 217-220

3. Технічні способи грануляції. Навч. Посібник / Я. М. Корнієнко // К.: ІЗММ. – 1997. – С. 128.

4. Дослідження процесів утворення комплексних кристалічно-амфорних структур з промислових відходів для захисту та екобезпечного розвитку довкілля / Я. М. Корнієнко // НТУУ «КПІ». – 2009. – С. 221. – <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/1609>

5. Корнієнко Я. М. Підвищення ефективності процесу одержання гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай, О. В. Мартинюк // НТУУ «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ». – 2014. – 349 С. (<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/11943>)

6. Корнієнко Я. М. Процес одержання модифікованих гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, А. М. Любека, С. С. Гайдай

// КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017. – 210 С.

7. Корнієнко Я. М. Процес зневоднення композитних рідких систем в псевдозрідженому шарі із застосуванням механічного диспергатора / Я. М. Корнієнко, Д. С. Семененко, О. В. Мартинюк, С. С. Гайдай // НТУУ «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ». – 2015. – 167 С. (<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/11944>)

8. Корнієнко Я. М. Процес одержання модифікованих гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, А. М. Любека, С. С. Гайдай // КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017. – 210 С. (<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/21268>)

9. Корнієнко Я. М. Кінетика процесу створення орґано-мінерально-гумінових добрив / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай, О. В. Мартинюк, О. В. Куріньовський, А. М. Любека // Наукові праці ОНАХТ. Технічні науки. – 2015. – Вип. 47. – том 1. – С. 167-170.

10. 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.

11. Буевич Буевич Ю. А. Стуйное псевдоожигение / Буевич Ю. А., Минаев Г. А // М.: Химия. – 1984. – 136 С.

12. Корнієнко Я. М. Моделювання неоднорідного псевдозрідження в автоколивальному режимі / Я. М. Корнієнко, Р. В. Сачок, С. С. Гайдай // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». – 2019. – №4 (66). – том 1. – С. 63-67.

13. Корнієнко Я. М. Гідродинаміка неоднорідного псевдозрідження / Корнієнко Я. М., Гайдай С. С., Денисенко В. Р., Шевченко Я. М. // Вісник НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2019. – №1. – С. 13-17.

14. Корнієнко Я. М. Гідродинаміка струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження з направленою циркуляцією / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай, А. М. Любека, С. О. Турко // Міжнародний науковий журнал. – 2016. – №5. – том 2. – С. 101-106.

15. Kornienko Y. Non-uniform fluidization in auto-oscillating mode / Y. Kornienko, S. Haidai // Ukrainian Food Journal. – 2017. – Vol. 6. – Issue 3. – PP. 562-576.

16. 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.

17. Kornienko Y. M. Increasing of the Heat and Mass Transfer Processes Efficiency with the Application of Non-Uniform Fluidization / Kornienko Y. M., Haidai S. S., Sachok R. V., Liubeka A. M. and Kornienko B. Y. // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – APRIL 2020. – №7. – Vol. 15. – PP. 890-900.

18. Yaroslav M. Kornienko. Increasing of the Heat and Mass Transfer Processes Efficiency with the Application of Non-Uniform Fluidization / Yaroslav M. Kornienko, Serhii S. Haidai, Roman V. Sachok, Andrii M. Liubeka and Bogdan Y. Kornienko // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – APRIL 2020. – №7. – Vol. 15. – PP. 890-900.

19. Гайдай С. С. Гідродинаміка у грануляторах із псевдозрідженим шаром при одержанні органо-мінеральних добрив. – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 24 С.

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>).

HYDRODYNAMICS OF NON-UNIFORM FLUIDIZATION

Kornienko Y.M., Haidai S.S., Yevziutin P.Y, Sameliuk O.V.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ABSTRACT: The conditions of introduction of the liquefying agent through fractures of fracturing at which absence of sedentary zones of granular material on a working surface of fracturing is provided and the qualitative self-oscillating mode of inhomogeneous jet-pulsation fluidization is realized are substantiated.

KEY WORDS: FLUIDIZATION LAYER, HYDRODYNAMICS, INHOMOGENEOUS FLUIDIZATION, GRANULATION.

ГІДРОДИНАМІКА НЕОДНОРІДНОГО ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ

Корнієнко Я.М., Гайдай С.С., Євзютін П.Ю., Самелюк О.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНОТАЦІЯ: Обґрунтовано умови введення зріджувального агента через щілини ГРП, при яких забезпечується відсутність малорухомих зон зернистого матеріалу на робочій поверхні ГРП та реалізується якісний автоколивальний режим неоднорідного струменево-пульсаційного псевдозрідження.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПСЕВДОЗРІДЖЕНИЙ ШАР, ГІДРОДИНАМІКА, НЕОДНОРІДНЕ ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ, ГРАНУЛЯЦІЯ.

The use of fluidization techniques for dehydration and granulation processes allows to achieve a heat utilization factor of up to 50% [1-10].

The kinetics of such multifactorial processes is controlled by diffusion processes of moisture removal from the film of the liquid phase located on the surface of the granule and the formation of a layer of microcrystals, which causes an increase in the size of the granule.

To increase the intensity of diffusion processes, it is necessary to maintain the driving force of mass transfer and to reduce the linear dimensions of the diffusion sublayer located directly near the surface of the moistened granule.

Effective methods of intensification of diffusion-controlled processes include the supply of gaseous coolant to the apparatus with a fluidized bed. Authors [20] proposed to implement such a hydrodynamic mode by installing a mechanical pulsator directly in front of the apparatus along the supply line of the heated coolant, which with a certain frequency completely covers the supply of gaseous coolant. In the period of absence of supply of the gas heat carrier the granular material which is on a surface of the gas distributing device (hydraulic fracturing) is in a motionless condition. When the coolant supply is restored, the maximum speed difference between the gas and the solid particles is achieved. It is at this point that the thickness of the diffusion sublayer on the surface of solid particles decreases significantly, which significantly increases the concentration gradient and the efficiency of mass transfer. However, the main disadvantages of this method of organizing the process is the high risk of melting of the material on the working surfaces of the gas distribution device (GDD) when using a coolant whose temperature significantly exceeds the melting point of thermolabile components of the solution.

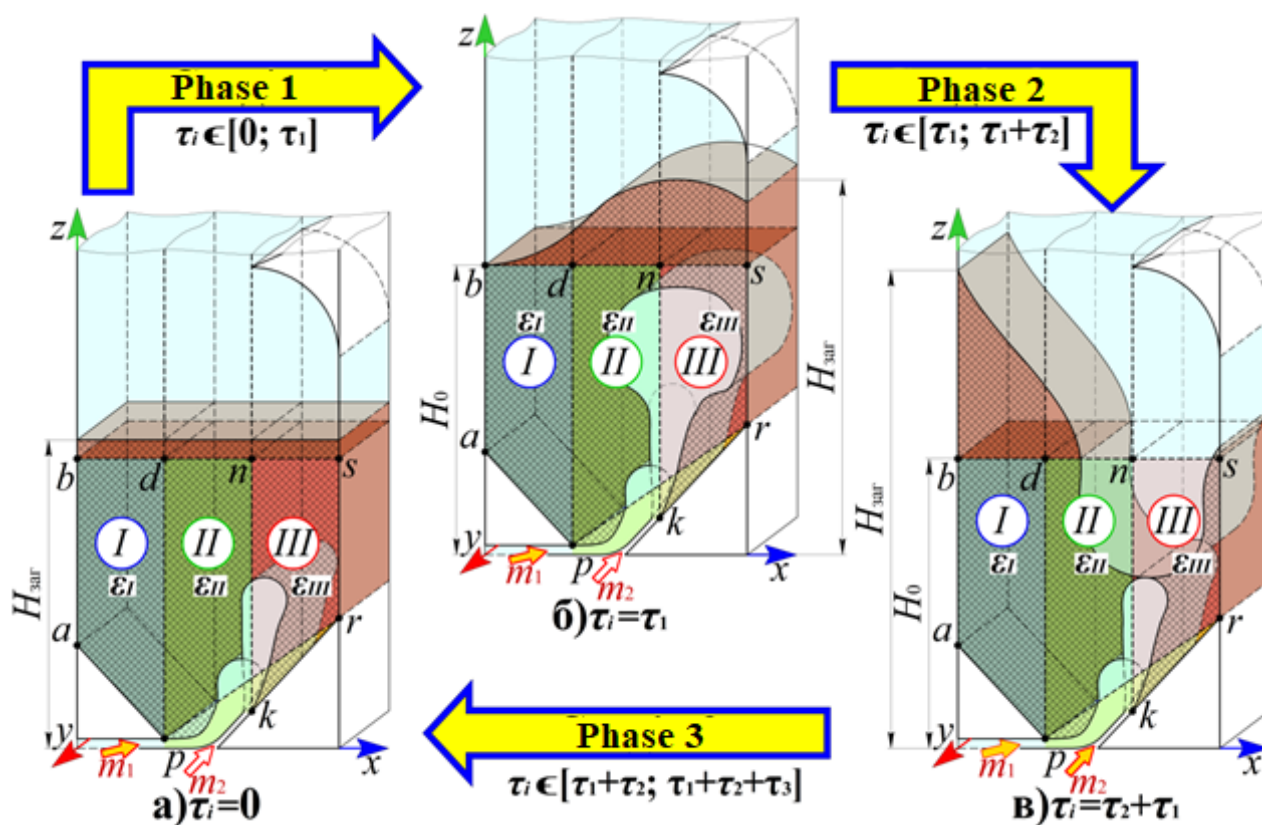
The elimination of these shortcomings is achieved in works [1-19] in which a new approach to the creation of a pulsating fluidization mode using the movement of at least 1/3 of the mass of granular material outside the initial layer with local uneven distribution of this mass across the width of the apparatus.

This uneven mass distribution leads to the creation of additional hydraulic resistance in the area of introduction of the reference gas jet and leads to a significant reduction in gas velocity. Due to the hydrodynamic cycle there is a

movement to the initial state, which leads to a decrease in hydraulic resistance and, accordingly, increase the flow in the reference gas jet. That is, due to the asymmetric method of introducing the gas coolant into the apparatus, the jet-pulsation mode of fluidization is realized.

The physical model of inhomogeneous fluidization is shown in Figure 1 [18, 19].

The peculiarity of this hydrodynamic mode is that the chamber of the granulator, equipped with a gas distribution device (GDD) slot type 2 (at the bottom), the liquefying agent is introduced through two slits - points p and k, Figure 1, in the horizontal (m_1) and vertical (m_2) directions, respectively.



m_1 and m_2 - mass flow of gas in the reference and feed streams

Figure 1 - Physical model of inhomogeneous fluidization in self-oscillating mode

[18, 19]

Відстань між щілинами t визначається горизонтальною далекобійністю газового струменя $x_{\text{гор}}$, а форма робочої поверхні пластини ГРП повинна відповідати його конфігурації. Це обумовлює необхідність розташування

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
другої щілини (точка k) на висоті Δ відносно першої щілини (точка p). У точці k відбувається злиття двох струменів у автоколивальному режимі, що призводить до утворення об'єднаного струменя із висотою пробою $z_{\text{ф}}$. Умовні площини, проведені через точки p і k , ділять камеру апарату на три зони однакової ширини $A/3$.

The distance between the slits t is determined by the horizontal range of the gas jet x_{hor} , and the shape of the working surface of the fracturing plate must correspond to its configuration. This necessitates the location of the second slit (point k) at a height Δ relative to the first slit (point p). At the point k , the two jets merge in the self-oscillating mode, which leads to the formation of a combined jet with a breakdown height z_{F} . Conditional planes drawn through the points p and k , divide the chamber of the apparatus into three zones of equal width $A / 3$.

However, the quality of the self-oscillating mode of inhomogeneous fluidization is determined by the minimum residence time of the sedentary granular material on the surface of the gas distribution device. The second important factor is the influence of the height of the layer in zone I on the mass flow of gas in the reference jet.

References:

1. Mathematical modelling of continuous formation of multilayer humic-mineral solid components / Yaroslav Kornienko, Vasyl Raida, Roman Sachok, Oleksiy Tsepkalo // CHEMISTRY & CHEMICAL TECHNOLOGY. – Vol. 3, No. 4, 2009. – pp. 335-338.
2. Complex assessment of the efficiency of granulation process in dispersed systems / Yaroslav Kornienko, Vasyl Raida, Roman Sachok // CHEMISTRY & CHEMICAL TECHNOLOGY. – Vol. 2, No. 3, 2008. – pp. 217-220
3. Технічні способи грануляції. Навч. Посібник / Я. М. Корнієнко // К.: ІЗММ. – 1997. – С. 128.

4. Дослідження процесів утворення комплексних кристалічно-амфорних структур з промислових відходів для захисту та екобезпечного розвитку довкілля / Я. М. Корнієнко // НТУУ «КПІ». – 2009. – С. 221. – <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/1609>

5. Корнієнко Я. М. Підвищення ефективності процесу одержання гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай, О. В. Мартинюк // НТУУ «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ». – 2014. – 349 С. (<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/11943>)

6. Корнієнко Я. М. Процес одержання модифікованих гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, А. М. Любека, С. С. Гайдай // КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017. – 210 С.

7. Корнієнко Я. М. Процес зневоднення композитних рідких систем в псевдозрідженому шарі із застосуванням механічного диспергатора / Я. М. Корнієнко, Д. С. Семененко, О. В. Мартинюк, С. С. Гайдай // НТУУ «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ». – 2015. – 167 С. (<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/11944>)

8. Корнієнко Я. М. Процес одержання модифікованих гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, А. М. Любека, С. С. Гайдай // КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017. – 210 С. (<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/21268>)

9. Корнієнко Я. М. Кінетика процесу створення органо-мінерально-гумінових добрив / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай, О. В. Мартинюк, О. В. Куріньовський, А. М. Любека // Наукові праці ОНАХТ. Технічні науки. – 2015. – Вип. 47. – том 1. – С. 167-170.

10. 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.

11. Корнієнко Я. М. Моделювання неоднорідного псевдозрідження в автоколивальному режимі / Я. М. Корнієнко, Р. В. Сачок, С. С. Гайдай // Міжнародний науковий журнал «Інтернака». – 2019. – №4 (66). – том 1. – С. 63-67.
12. Корнієнко Я. М. Гідродинаміка неоднорідного псевдозрідження / Корнієнко Я. М., Гайдай С. С., Денисенко В. Р., Шевченко Я. М. // Вісник НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. – 2019. – №1. – С. 13-17.
13. Корнієнко Я. М. Гідродинаміка струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження з направленою циркуляцією / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай, А. М. Любека, С. О. Турко // Міжнародний науковий журнал. – 2016. – №5. – том 2. – С. 101-106.
14. Kornienko Y. Non-uniform fluidization in auto-oscillating mode / Y. Kornienko, S. Haidai // Ukrainian Food Journal. – 2017. – Vol. 6. – Issue 3. – PP. 562-576.
15. 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.
16. Kornienko Y. M. Increasing of the Heat and Mass Transfer Processes Efficiency with the Application of Non-Uniform Fluidization / Kornienko Y. M., Haidai S. S., Sachok R. V., Liubeka A. M. and Kornienko B. Y. // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – APRIL 2020. – №7. – Vol. 15. – PP. 890-900.
17. Yaroslav M. Kornienko. Increasing of the Heat and Mass Transfer Processes Efficiency with the Application of Non-Uniform Fluidization / Yaroslav M. Kornienko, Serhii S. Haidai, Roman V. Sachok, Andrii M. Liubeka and Bogdan Y. Kornienko // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – APRIL 2020. – №7. – Vol. 15. – PP. 890-900.

18. Гайдай С. С. Гідродинаміка у грануляторах із псевдозрідженим шаром при одержанні органо-мінеральних добрив. – Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 24 С.

19. 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>)

20. Tuponogov V., Rizhkov A., Baskakov A., Obozhin O. (2008), Relaxation auto-oscillations in a fluidized bed, Thermophysics and Aeromechanics. V.15 (№ 4). Pp. 603–616.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ГУСТИНИ БАГАТОКОМПОНЕНТНОГО МАТЕРІАЛУ З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ

к.т.н., пр.н.с Коник А.В.¹., студентка Хоменко М.В.²

¹Інститут технічної теплофізики НАН України, ²Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Мета досліджень – дослідити зміну густини багатокомпонентного матеріалу з фазовим переходом в залежності від температури.

Об'єкт досліджень – густина теплоаккумуляційного матеріалу з фазовим переходом.

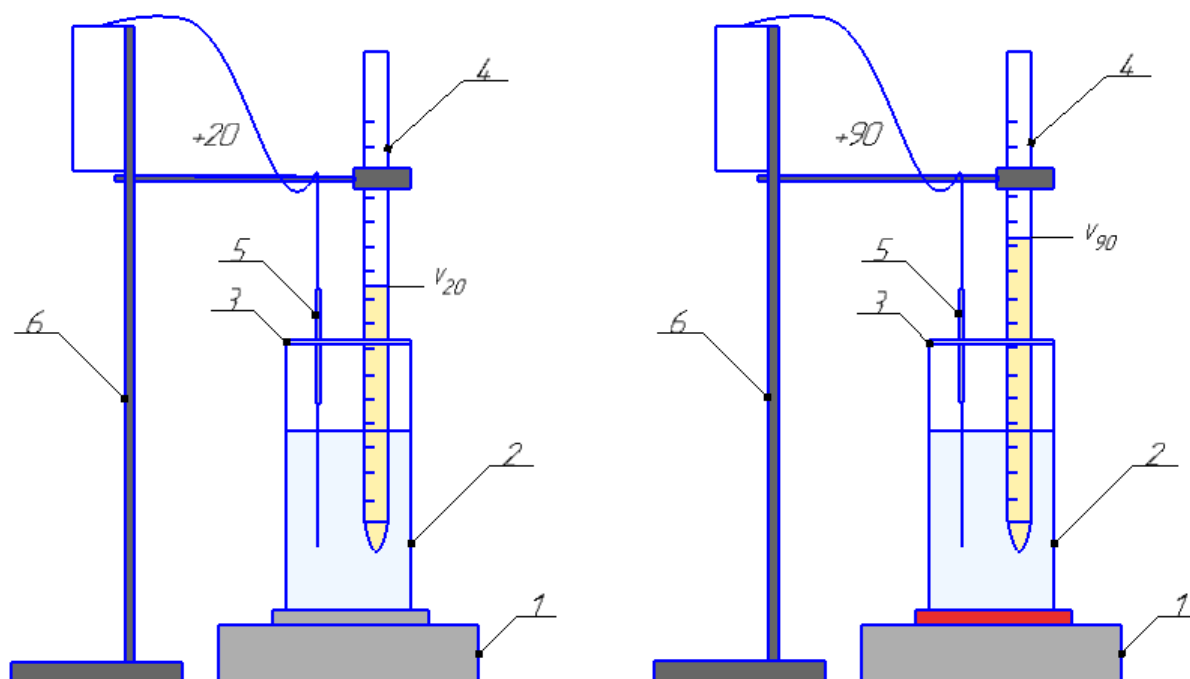
Предмет досліджень – багатокомпонентний теплоаккумуляційний матеріал з фазовим переходом.

Досліджуваний багатокомпонентний теплоаккумуляційний матеріал (далі ТАМ) з фазовим переходом складається з води, фізико-хімічні і теплофізичні властивості якої досить детально досліджено [1-3] та з компонентів органічного походження, властивості яких не відомі на даний час.

Дослідження густини здійснюється визначенням відношення попередньо зваженої маси ТАМ до його зміни об'єму, що знаходиться в мірній піпетці під час нагрівання:

$$\rho(t) = \frac{m}{V(t)} \quad (1)$$

Для дослідження зміни об'єму створено лабораторний стенд, зображений на рисунку 1, що складається з нагрівального приладу 1, водяної «бані» 2, що представляє собою ємність з водою, кришки 3, мірної піпетки 4 з градуванням, що заповнена ТАМ, датчика температури (термопари) 5, який з'єднаний з концентратором вимірів Triton 6004 та штативу 6.



1 – нагрівальний прилад; 2 – ємність з водою; 3 – кришка;
4 – мірна піпетка; 5 – датчик температури; 6 – штатив.

Рисунок 1 – Експериментальний лабораторний стенд

Методика проведення досліджень:

1. На нагрівальний прилад 1 встановлюється термостійка колба 2 заповнена водою, що закривається кришкою 3. Кришка 3 має 2 отвори для встановлення піпетки і датчика температури.

2. Мірна піпетка 4 з градуванням для хімічних і біохімічних досліджень місткістю 1 мл та точністю $\pm 0,006$ мл заповнюється досліджуваним ТАМ, після чого закупорюється нижній отвір і за допомогою штативу 6 кріпиться через кришку 3 в ємність 2.

3. Через кришку 3 в ємність 2 встановлюється датчик температури 5, який за допомогою концентратора вимірів виводить і реєструє зміну температури на монітор.

4. В діапазоні температур від 20 до 90 °С, через кожні 10 °С, фіксується зміна об'єму.

5. Здійснюється математичний розрахунок густини.

Для оцінки достовірності проведених вимірювань за представленою методикою в [4-6] визначається похибка вимірювань.

Середнє значення вимірювань:

$$\langle V_t \rangle = \frac{\sum_{n=1}^N V_t}{N}, \quad (2)$$

де V_t – значення показника об'єму залежно від температури; N – кількість вимірювань.

Середнє квадратичне відхилення:

$$S_{V_t} = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (V_t - \langle V_t \rangle)^2}{N-1}} \quad (3)$$

Випадкова складова похибки:

$$S_{\langle V_t \rangle} = \frac{S_{V_t}}{\sqrt{N}} \quad (4)$$

$$\Delta_{V_t} = K_N \cdot S_{\langle V_t \rangle} \quad (5)$$

де K_N – коефіцієнт довіри [4].

Повна похибка:

абсолютна
$$\Delta_{V_t} = \sqrt{S_{V_t}^2 + \Delta_{V_t}^2} \quad (6)$$

відносна
$$\delta_{V_t} = \frac{\Delta_{V_t}}{\langle V_t \rangle} \quad (7)$$

Представлена методика дозволяє оцінити кількісно похибку проведених вимірювань. Методику оцінки можна використовувати для будь яких вимірювань.

Перелік посилань

1. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості
2. ГОСТ 6709-72 Вода дистильована. Технічні умови. (недіючий)
3. ДСТУ ISO 3696:2003 (ISO 3696:1987, IDT) Національний стандарт України. Вода для застосування в лабораторіях. Вимоги та методи перевірення

4. Савчук В.П. (2002) Обработка результатов измерений. Физическая лаборатория, [Учеб. пос. для студентов вузов]– Одесса: ОНПУ - Ч1. – 54 с.

5. Спиридонов В.П., Лопаткин А.А. (1970) Математическая обработка физиико-химических данных / М: Издательство Московского Университета, – 221 с.

6. Ляликов Ю.С. (1973) Физико-химические методы анализа / [Изд. 5-ое, перераб. и доп] - М.: Химия,- 536 с.

CONTROL OF TEMPERATURE UNIFORMITY IN DISC EXTRUSION OF POLYMERS

PhD student Novodvorskiy V.V., Ph.D., Associate Professor Shved M.P.,

Ph.D., Shved D.M

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

The process of extrusion in a disc machine is shown in Fig. 1. At first the coils are gradually filled, then under the influence of the rubbing force the granules begin to melt and create a thin film (external element B) due to the dissipation of energy. In the homogenization zone the melt with high temperature, which is temperature irregular and in the homogenization zone, which begins when the threading coils are finished, the melt is intensively mixed and temperatures begin to equalize. By changing the disc gap and the disc circumferences it is possible to control the melting quality and energy consumption without interruption in the extrusion process.

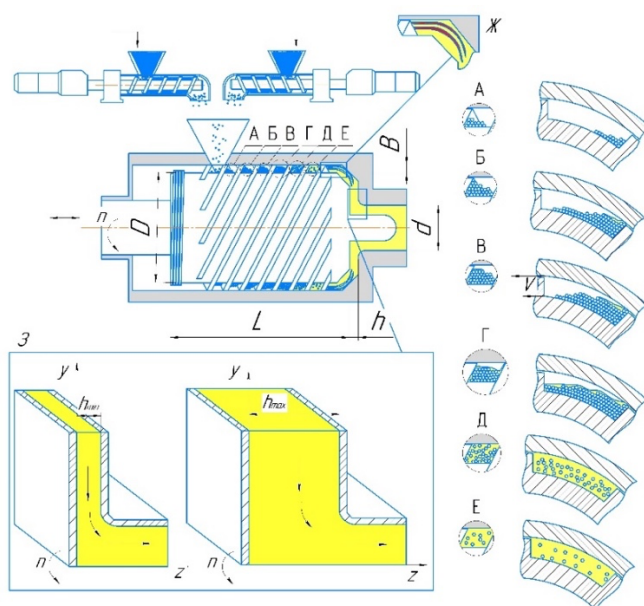


Figure 1 - Extrusion process in the disc extruder

It is possible to reduce the consumption of electric energy or to increase the homogeneity of the melt by changing the rotation frequency or the value of the working gap of the disk extruder within $\pm 30\%$ of the nominal value [1].

The field of velocities in the disk extruder is shown in Fig. 2 [2]. Ensuring the required level of quality can be achieved by changing the thermo-mechanical pressure on the melt, i.e. by controlling the speeds of tangential - Fig.2.a or radial - Fig.2.b. The arrow line corresponds to the nominal value of the speed, and the dashed line to the minimum and maximum values. In accordance with the possibility of regulating the quality of melting, it is suggested to develop a nomogram of quality.

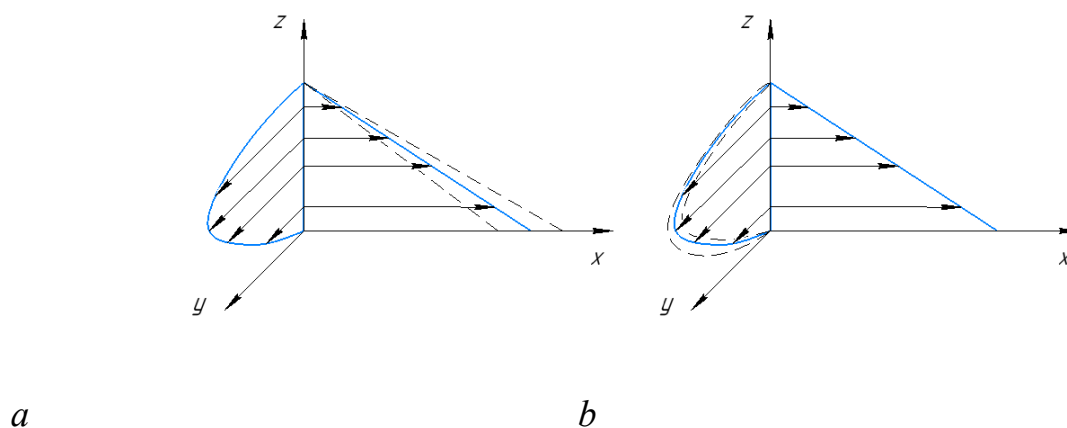


Figure 2 - Profile of velocities in a disk extruder with the ability to regulate velocities: a) tangential; b) radial

Molecules of melted granules rub against each other Fig. 3.a and the disk walls take up their speed. Fusion can be viewed as balls (Fig.3.b) and due to the created pressure and wrapping of the disk these balls are moving one by one (Fig.3.c). Due to the significant pressure of the fluid they are heated. The power of dissipation, through which the heat is produced, depends on the velocity of the medium. And since the field of deformation rates in the disk extruder is unidirectional, the temperature increment in the balls of the channels will also be unidirectional.

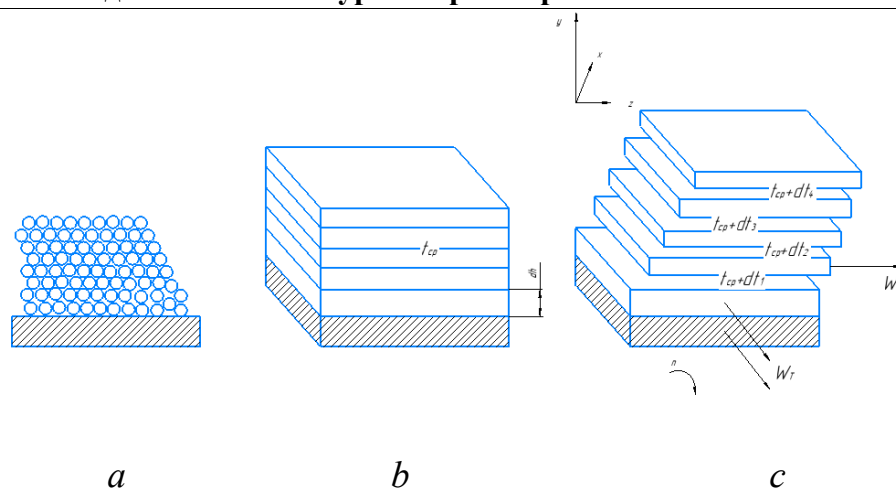


Figure 3 - Melt on the disc wall

Figure 4 shows the possible effect of shrinkage on the geometry of the finished product due to poor mixing, which resulted in temperature inhomogeneity, and good mixing (shown conditionally).

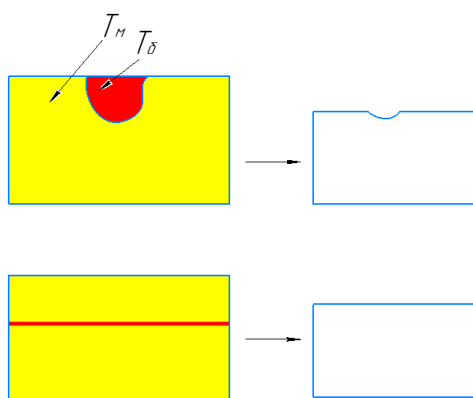


Figure 4 - Influence of shrinkage at temperature inhomogeneity

References:

1. Shved M., Shved D., Novodvorskiy V., Kovba A., (2019), "The process of cascade disk-gear extrusion and its analysis", Ecological Sciences, №27 p. 28-32.

Radchenko L., Processing of thermoplastics by extrusion: Scientific guide. – K.: IZMH, 1999. – 220 p

MODERNIZATION OF PETROL CLEANING PLANT WITH DEVELOPMENT OF RECTIFICATION COLUMN AND STEAM GENERATOR

Graduate student Litvin Alexander, lecturer assistant Podiman Hrihorii

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract. *A description of the technological scheme of benzene purification is given. It is proposed to modernize the groups of devices to increase the efficiency of benzene purification.*

Keywords: BENZENE, DISTILLATION COLUMN, STEAM GENERATOR.

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ БЕНЗОЛУ З РОЗРОБКОЮ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ТА ПАРОГЕНЕРАТОРА

Асистент Подиман Г.С., магістрант Литвин О.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: *Наведено опис технологічної схеми очистки бензолу. Запропоновано модернізувати групи апаратів для підвищення ефективності очищення бензолу.*

Ключові слова: БЕНЗОЛ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА,
ПАРОГЕНЕРАТОР

Benzene, or phenyl hydrogen, is an inorganic chemical compound. This type of liquid is colorless and flammable with a sweet odor. The toxic and carcinogenic compound is one of the most toxic in the human environment. The largest amount of benzene is in emissions from factories and smog. Unfortunately, no industrial enterprise can exist without benzene. Like unsaturated hydrocarbons, benzene burns with a highly smoky flame. Forms explosive mixtures with air, mixes well with ether, gasoline, and other organic solvents, with water forming an

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
azeotropic mixture with a boiling point of 69.25 ° C (91% benzene). Solubility in water 1.79 g / l (at 25 ° C) [1].

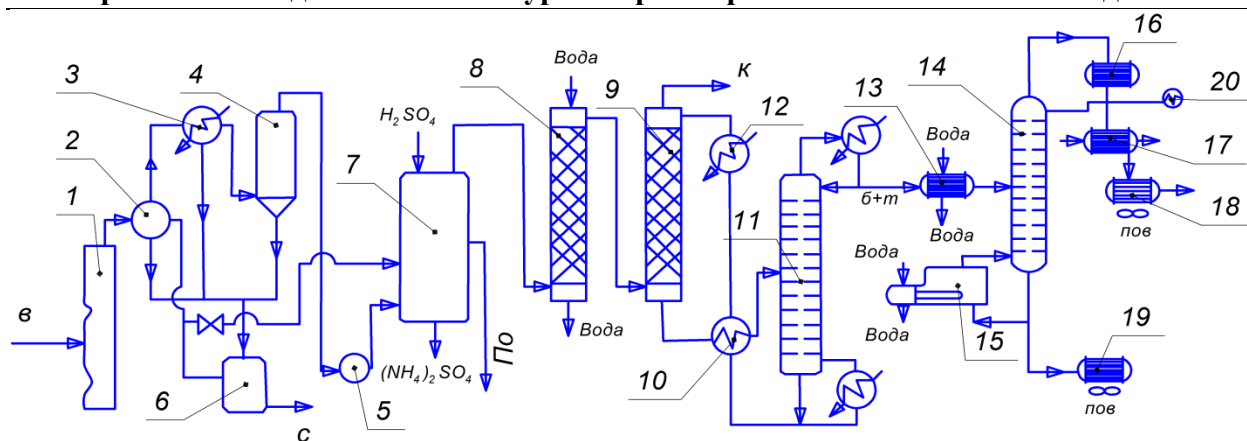
Benzene is the main component of gasoline. It is also used to create veterinary, medical products, synthetic rubber, dyes, plastics, and many other elements. It is also part of crude oil, but in industry, it is synthesized from other components.

Much of the obtained benzene is used for the synthesis of other products:

- about 50% of benzene is converted to ethylbenzene (alkylation of benzene with ethylene);
- about 25% of benzene is converted into cumene (alkylation of benzene with propylene);
- about 10-15% of benzene is hydrogenated to cyclohexane;
- about 10% of benzene is used for the production of nitrobenzene;
- 2-3% of benzene is converted into linear alkylbenzenes;
- approximately 1% of benzene is used for the synthesis of chlorobenzene.

The main sources of benzene are products of coking coal (coke oven gas and coal tar) and petroleum products. The resulting coke oven gas is passed through an efficient system of condensers and scrubbers to separate the products that are part of it (Figure 1) [2].

Volatile coking products (direct coke oven gas) from furnace 1 enter the risers in the gas collection pipe 2. There is the primary cooling and condensation of the gas due to the evaporation of ammonia water, which is injected into the pipe through special sprinklers. The coking products are cooled to 85-90 ° C, and some part condenses. From the gas collection pipe, coke oven gas enters refrigerator 3, which is cooled to 30-35 ° C, while condensing an additional amount of resin. The gas leaving the refrigerator contains a resin mist and for its separation passes an electrostatic precipitator 4, after which the gas blower 5 is sent to installation 7 for trapping ammonia and pyridine bases.



1 - coke oven; 2 - gas pipe; 3, 8, 12 - refrigerators; 4 - electrostatic precipitator; 5 - gas blower; 6 - separator; 7 - installation for the capture of ammonia and pyridine warnings; 9 - absorber; 10, 13, 16, 17, 18, 19 - heat exchangers; 11 - desorber; 14 - distillation column, 15 - steam generator; 20 - heater; в - coal; с - resin; По - pyridine bases; κ - coke oven gas; б+т - crude benzene and toluene; пов – air

Figure 1 - Technological scheme of benzene purification

The condensate from gas pipe 2 of refrigerator 3 and the electrostatic precipitator 4 is divided in the separator 6 into organic and aqueous layers. The organic layer is a coal tar containing higher-boiling organic substances; it is sent for processing in a "tar" shop. The aqueous layer (ammonia water) is partially returned to the collecting pipe 2 for primary cooling of coking products and partially sent to the same place where the coke oven gas after the electrostatic precipitator: to installation 7. This installation has an ammonia evaporator from ammonia water, a saturator to absorb bases sulfuric acid, a crystallizer for ammonium sulfate, and an apparatus for displacing pyridine bases with ammonia from their sulfates.

The gas after installation 7 contains vapors of volatile organic compounds (benzene, toluene). To capture them, the gas is cooled with water in the refrigerator directly 8 mixings and sent to the absorber 9, irrigated with absorbent oil. The so-called reverse coke oven gas coming from the absorber is used to heat coke ovens. Much of the gas is sent for chemical processing. Saturated absorbent oil coming from the lower part of the absorber passes through the heat exchanger 10, which is

heated by the regenerated return oil and enters the desorber 11. There is a distillation, which distills a mixture of light aromatic compounds (crude benzene). The crude oil released from the crude benzene gives off heat to the saturated oil of the heat exchanger 10, is further cooled in the refrigerator 12, and is again used to absorb the benzene hydrocarbons from the coke oven gas.

Crude benzene is preferably a mixture of low-boiling aromatic hydrocarbons. It is processed to extract benzene, toluene, xylenes, and solvent (solvent oil). The processing of crude benzene is complicated by the presence of unsaturated compounds and sulfur-containing compounds (thiophene and its homologs), the boiling points of which are close to the boiling points of the basic substances. Therefore, the processing of crude benzene consists of two main processes: 1) purification of aromatic hydrocarbons from impurities of unsaturated and sulfur-containing compounds and 2) separation of the mixture of purified aromatic compounds by distillation [3].

The main method of purification is washing with concentrated sulfuric acid, followed by neutralization with an alkali solution. The processes of polymerization, copolymerization, condensation, and sulfonation form the so-called acid resin, products soluble in water and sulfuric acid and easily separated from hydrocarbons, and substances that are partially soluble in the hydrocarbons of the benzene series and are released during subsequent distillation 14 as VAT residues.

The work aims to modernize the distillation column and steam generator to improve the benzene purification process.

References:

1. Benzene: main properties, applications, features and benefits [Electronic resource] <https://kurs.if.ua/society/benzol-osnovni-vlastyvosti-zastosuvannya-osoblyvosti-ta-perevagy/>
2. Rusyanova ND Coal chemistry. - M.: Hayka, 2000. - 289 c.
3. Azimov AL Machines and equipment for coke batteries and pecocoke plants. - M.: Metallurgiya, 1980. - 80p.

УДК 662.749

MODERNIZATION OF ETHANOL PRODUCTION PLANT WITH DEVELOPMENT OF RECTIFICATION COLUMN AND HEATER

Graduate student Yanitsky Vladislav, lecturer assistant Podiman Hrihorii

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract. *The description of the technological scheme of ethanol production is given. It is proposed to modernize groups of devices to increase the efficiency of ethanol production.*

Keywords: ETHANOL, ETHYL ALCOHOL, DISTILLATION COLUMN, HEATER

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЕТАНОЛУ З РОЗРОБКОЮ РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ТА ПІДГРІВАЧА

Ассистент Подиман Г.С., магістрант Яницький В.Я.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: *Наведено опис технологічної схеми виробництва етанолу. Запропоновано модернізувати групи апаратів для підвищення ефективності виробництва етанолу.*

Ключові слова: ЕТАНОЛ, ЕТИЛОВИЙ СПИРТ, РЕКТИФІКАЦІЙНА КОЛОНА, ПІДГРІВАЧ

Ethanol is an active ingredient in alcoholic beverages, which are usually made by fermenting carbohydrates. In addition, in the food industry, ethanol can be used to dissolve food flavors, as a preservative in bakery products and confectionery. Known as a food additive E1510 [1].

Other applications: as fuel and fuel, solvent, alcohol thermometer filler, and disinfectant/disinfectant component. As a fuel (motor, rocket, for internal

combustion engines, heaters, and touring burners) methylcarbinol can act independently and together with gasoline. It is also used to produce high-quality fuel and gasoline components.

The chemical industry uses this substance for the synthesis of various compounds (ethane, sulfuric ether, tetraethyl lead, acetic acid, methyl trichloride, ethyl acetate, ethene, etc.). It is part of automotive antifreeze coolants and glass cleaners. Do not overestimate its importance as a solvent for the paint industry, in the manufacture of household chemicals (detergents, especially for glass and plumbing, as well as repellents), and other purposes.

In medicine, ethanol is also used as a solvent, but also as an extractant and antiseptic. When applied externally, it disinfects and dries, so it is often used to treat tools and hands. With its help, drugs are dissolved, tinctures and extracts are prepared, which also acts as a preservative. He can also serve in this field [2]:

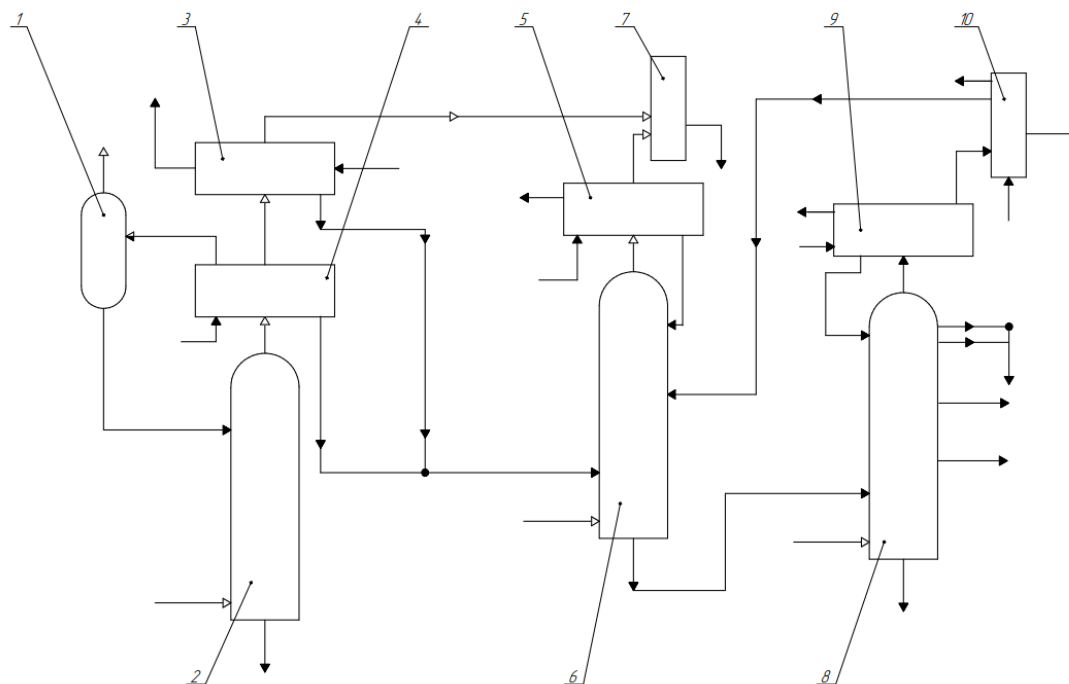
- defoamer for oxygen supply, artificial lung ventilation;
- a component of warming compresses;
- physical cooler at high body temperature (rubbing);
- an element of general anesthesia in the absence of medication;
- an antidote to certain toxins (methanol and ethylene glycol).

With his participation, bio preparations are fixed and preserved. Ethyl alcohol is a solvent in the perfume and cosmetics industry. Here it is part of perfumes, colognes, eau de toilette, aerosols, shampoos, shower gels, toothpaste, and other fragrant products.

For industrial purposes, ethyl alcohol is often synthesized from petroleum and gas raw materials by the catalytic hydration of ethylene. The technological scheme of the ethanol production process is shown in Figure 1 [3].

Mature brew from the fermentation compartment is fed to the heater, where it is heated by condensation of steam distillate formed in the fermentation column. The brew heated to 80 ° C is sent to separator 1. Separator 1 separates the brew from CO₂ and other gases formed during the fermentation stage.

The decarbonized brew from the separator is sent to the brew column and, after separation from it and volatile impurities, the brew is removed through the bragoregulator for further implementation. The vapors of the distilled distillate in the reflux condenser 4 are fed to the additional vertical condenser 3. As a result, the other aldehyde fraction is obtained.



1 - separator; 2 - brachial column; 3, 7, 10 - capacitor; 4 - heat exchanger;
5, 9 - reflux condenser; 6 - epuration column; 8 - distillation column

Figure 1 - Technological scheme of the ethanol production process

The condensed malt distillate enters the purification column 6. There the mixture is released from the main impurities

The final distilled distillate, the separate, is removed from the exhaust port of the column, the feed plate of the distillation column 8.

Part of the distillate, consisting mainly of non-standard alcohol, is used as reflux, and part is returned to the purification column 6.

As a result of distillation, rectified alcohol is formed, which is taken from the upper plates, as well as intermediate fractions, such as fusel alcohol and fusel oil. The bottom residue of the column is lutter water, the concentration of alcohol in which is not allowed.

The work aims to modernize the distillation column and heater to improve the ethanol production process.

References:

1. Joglo F.A. Non-aqueous solvents: characteristics, properties and applications in the technology of finished dosage forms. - Lviv, 2002;

2. Handbook of Pharmaceutical Excipients / Ed. by R.C. Rowe, P.J. Sheskey, S.C. Owen. — London–Chicago, 2006.

3. Calculation of parameters of the bragorectification apparatus. Methodical instructions for students of the specialty 8.05050313 Equipment of processing and food productions EQL Bachelor - Tavriya State Agrotechnological University, 2016 - 19 p.

TRENDS IN POLYMER PROCESSING EQUIPMENT

Student Trachuk Yehor, Ph.D., Associate Professor Shved M.P.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

***Abstract.** The innovative construction of the cascaded disc-gear extruder is considered. The upgraded layout of the plant will reduce energy and material consumption for polymer products.*

***Key words:** sustainable development, polymers, cascading disc-gear extruder.*

ТЕНДЕНЦІЇ В РОЗВИТКУ ПОЛІМЕРПЕРЕРОБНОГО ОБЛАДНАННЯ

студент Трачук Є. В., к.т.н., доц. Швед М.П.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

***Анотація.** Розглянуто інноваційну конструкцію каскадного дисково-шестеренного екструдера. Модернізована схема установки дозволить зменшити витрати енергії та матеріалу для виготовлення виробів з полімерів.*

***Ключові слова:** сталий розвиток, полімер, каскадний дисково-шестеренний екструдер.*

The introduction of the principles of sustainable development in the polymer industry involves the creation of energy-efficient equipment and new technological solutions. Especially in the case of processes of manufacturing and processing polymers, which are growing steadily globally. Traditional techniques for processing polymers using single-screw and twin-screw extruders, where the processes of feeding, melting, homogenizing and creating pressure are carried out by a single working unit, are widely used in large-scale operations, but such machines are not flexible enough to handle and have considerable inertia.

In modern conditions due to the appearance of new composite polymer materials, it is necessary to create universal, flexible in the management of cascade

extrusion circuit, in which the whole process is divided into separate stages (cascades) with the possibility of autonomous control. This makes it possible to quickly set rational operating modes for individual operations ensure quality of process.

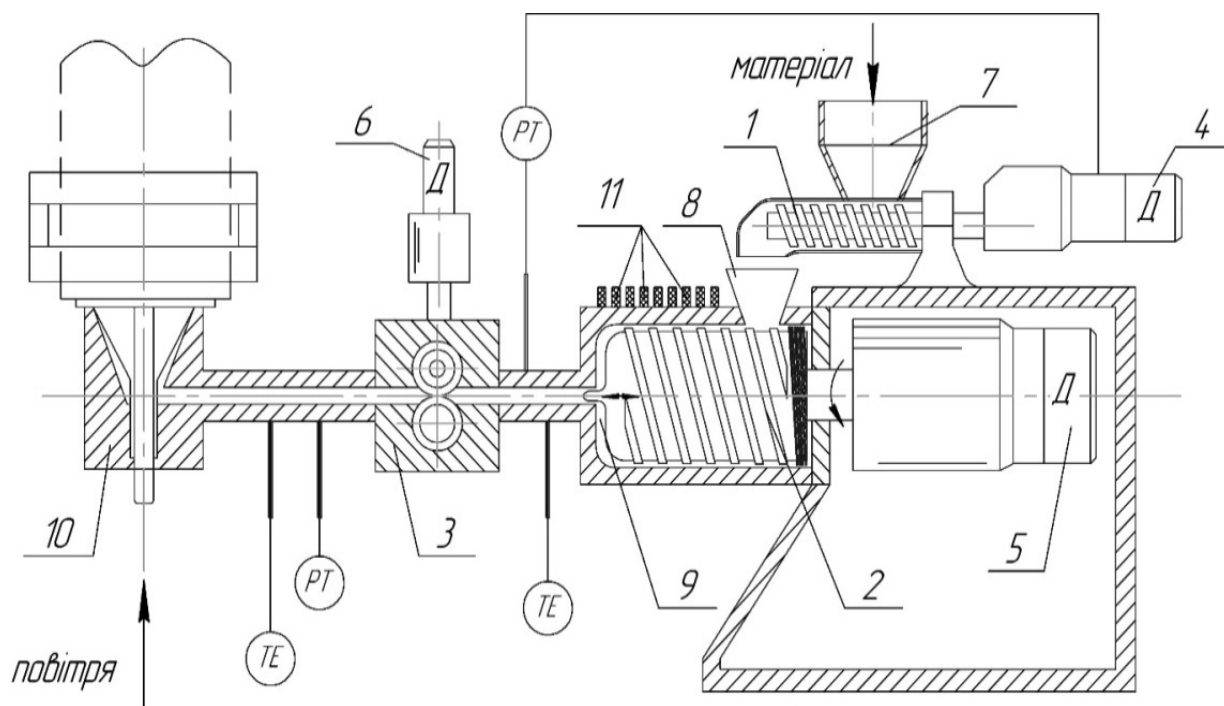
Until recently, the extrusion processes at the final stage used mainly viscous screw measuring pumps to create pressure and dosage, whose energy efficiency for the above processes does not exceed 10%, and productivity fluctuations at the exit of such pumps cause increasing of dimensional tolerance, often by 10-15%, respectively, to overconsumption of raw materials and energy.

In order to avoid these disadvantages, the design of a cascaded disk-gear extruder was developed where a disc extruder with a dosed power supply is used as a melter-homogenizing agent, operating in an adiabatic mode, and its energy efficiency is 30% better than screw extruders. More efficient use of dissipation energy makes it possible to smoothly and flexibly control the melting and homogenization processes by adjusting the thermomechanic load on the polymer at constant performance. In the disk extruder loading area, this is achieved by adjusting the disk speed at the limits of 30% of the nominal value and in the disk area by the working gap. The processes for producing pressure and dosing are carried out by a three-dimensional gear pump which, in such a scheme, stabilizes the fluctuations of pressure and performance, and also allows the extruder to operate at a lower pressure with less friction heat emissions.

Figure 1 presents a schematic of a pilot cascaded disc-gear extruder. The initial feedstock from the dispenser 1 enters the disc extruder 2, where a multiple-thread screw is captured, heated, melted and fed as a melt for homogenization into disc clearance 9. Under pressure created by a screw-thread, and the pressure of the Weissenberg effect melt is supplied by a pump 3, which makes it possible to stabilize the performance oscillations occurring in the disc extruder, allowing it to operate at a lower pressure and with a lower amount of friction heat.

The mechanism of movement of the melt in the gear pump consists of three types of transfer: discrete transfer of the main part of the melt by interdental

cavities of the gear, transfer of part of the melt by the boundary surface due to viscous friction and transfer of the melt due to pressure gradients.



- 1 – screw doser; 2 – disc extruder; 3 – gear-type pump;
4, 5, 6 – rotary actuators of extruder; 7 – bin; 8 – loading nozzle;
9 – terminal working clearance of disc extruder; 10 – shaping tool; 11 –
датчики температури;

PT – temperature detectors; *TE* pressure detectors

Рисунок 1 – Scheme of cascaded disk-gear extruder

References:

1. Луценко І. В. Переваги використання каскадних схем та дозуючих шестеренних насосів при екструзії полімерів / І.В. Луценко, М.П. Швед, Д.М.Швед, А.С. Богатир // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2013. – №1/2(9). – С.21–25.

СЕКЦІЯ 2

«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»

SEMICELLULOSE FROM PAVLONIA IN CARDBOARD COMPOSITION

R. Cherepkina, associate professor, S. Yatsenko, master, A. Denysenko Ph.D student

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

Summary

General information about cardboard and waste paper is provided. It is proposed to obtain semicellulose natron method from pavlovnia and its use in the composition of cardboard container with waste paper.

НАПЩЕЛЮЛОЗА ІЗ ПАВЛОВНІЇ У КОМПОЗИЦІЇ КАРТОНУ

R. Cherepkina, associate professor, S. Yatsenko, master, A. Denysenko Ph.D student

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

Анотація

Наведено загальні відомості про картон та макулатуру. Запропоновано отримання напівцелюлози натронним способом із павловнії та її використання у композиції картону тарного з макулатурою.

Two last years of the coronavirus pandemic have dramatically affected on pulp and paper industry in general and especially on cardboard production sector. According to many manufacturers, the shortage of cardboard products on the market is due to, on the one hand, a significant increase in demand for it, on the other - the lack of raw materials (waste paper) and primary fibrous semi-finished products [1].

Dependences on the purpose of cardboard are made of three types. One of the directions it is used to pack food products that protects them from damage.

However, most cardboard today is used for food packaging. Such packaging meets all standards and ensures reliable transportation and safety of products. Another type of cardboard is its use as a transport container, that is, as part of corrugated cardboard. The advantages of cardboard as a packaging material also include low weight, ease of disposal [2].

It is known that today the main raw material for the production of cardboard is waste paper. Waste paper is a secondary raw material and its main disadvantage is the previous multicyclic processing, which complicates its preparation for production high quality cardboard. The main changes with the secondary fiber occur during drying, which leads to irreversible processes of keratinization of the surface. As the result, the swelling of the fiber is reduced and also the ability to form hydrogen bonds is lost, which causes a decrease in its paper-forming properties.

One of the ways to solve the problem of improving the quality of waste paper can be considered the addition of primary fiber to the mass. The primary fiber, especially hardwood, contains a significant proportion of hemicelluloses, which swell easily in water and fibrillate well during grinding to form additional bonds. This technological solution provides an increase in the strength of the cardboard canvas, which is a sufficient condition for the requirements for packaging types of cardboard [1, 2].

The purpose of this work was to study the effect of semi-cellulose obtained from paulownia wood on the strength of cardboard.

To obtain semi-finished products were used annual shoots of paulownia in the form of chips, which were treated with a soda solution with an active alkali consumption of 18% in units of Na_2O by weight abs. dry. raw materials. The temperature mode is selected with pre-impregnation for 45 min from 80 °C to 150 °C and the duration of cooking at a final temperature of 150 °C for 60 min. Preliminary impregnation of chips was carried out in order to maximize their uniform absorption of the cooking solution over the entire thickness. It is known that in the soda method, the reactions between the active components of the

cooking solution and the wood occur from the very beginning of the processing of raw materials at low temperatures. However, this initially causes the dissolution of low molecular weight fractions of hemicelluloses, which cannot be allowed to preserve and lignin begins to dissolve only at temperatures above 100 °C. The result is a semi-finished product with a yield of about 80% with a lignin content of approximately 17%, which characterizes it as semi-cellulose. Indicators of the strength of the obtained semi-cellulose are the following: breaking length 9300 m, burst strength – 650 kPa, tear resistance – 265 mN, break strength 1100 k.p.p. As a result, we obtained semi-cellulose with high strength. The composition of cardboard weighing 200 g/m² is composed of dissolved in a hydraulic breaker waste paper in the form of a corrugated box with the addition of primary fiber. The results obtained for cardboard are shown in the table.

Table - Quality indicators of container cardboard

Composition,% Waste paper/Semi cellulose	Thickness, mm	Compressive strength short- span test, SCT, kN/m	Break force by ring compression, RCT, H/mm	Absolute resistance to bursting, kPa
0 / 100	0,215	8,5	457	780
50 / 50	0,273	6,2	468	510
60 / 40	0,323	5,6	454	452
70 / 30	0,286	4,9	384	448
80 / 20	0,305	4,5	365	430
90 / 10	0,356	4,3	407	425
100 / 0	0,355	3,9	353	345
TU U 21.1 - 05509659 - 026:2005 - Waste tare cardboard		2,5	160	420

Analysis of the data showed that the use of primary fiber in the composition of the cardboard increases the compressive strength short-span test from about 10% to 63%, break force by ring compression increases by 13 – 25%. However, it should be noted that the main indicator of absolute resistance to bursting can be

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
achieved already in the presence of up to 10% of the primary fiber in the composition, which provides the conditions of the standard [3].

References:

1. В макулатуру сдали деньги. Сырьё для производства упаковки дорожает во всём мире. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4730771>
2. Дулькин Д.А., Спиридонов В.А., Комаров В.И. Современное состояние и перспективы использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественной индустрии бумаги. Архангельск: Изд-во Арханг. Гос. Ун-та, 2007. – 1118 с.
3. ТУ У 21.1 – 05509659 – 026:2005. Картон тарний макулатурний.

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСКОВОГО ФІЛЬТРА ДЛЯ УЛОВЛЮВАННЯ ВОЛОКНА

Магістрант Шаповал О.М., доц.. Черьопкіна Р.І.

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

Всі процеси підготовки макулатурної маси і виробництва з неї паперу та картону відбуваються у водному середовищі. Для зменшення кількості скидів та зниження питомих витрат свіжої води значна її частина використовується повторно за рахунок рециркуляції в системі виробництва.

Удосконалення системи водокористування передбачає мінімальні витрати свіжої води та максимальний ступінь очищення стічних вод за умови економічно оправданих затрат. Це залежить від виду і кількості макулатури, хімічно допоміжних речовин, які використовуються, ступеня утримання цих речовин у готовій продукції, параметрів технологічного процесу і ін.

Найбільший ступінь забруднення в ході всього технологічного процесу виробництва паперу і картону з макулатури має вода від згущувачів, вихрових очисників, сортувалок. При цьому концентрація забруднень у цій воді підвищується зі зниженням питомого споживання свіжої води.

З підвищенням ступеня замкнутості системи концентрація забруднюючих речовин в оборотній воді може досягти таких значень, в результаті яких різко підвищуються процеси корозії, слизеутворення, знижується якість продукції. Для забезпечення нормального технологічного процесу підготовки макулатури рівень забруднення знижують шляхом використання різних методів очищення оборотної води.

У ході підготовки макулатури вода містить зважені речовини у вигляді волокон різної дожини, зольні компоненти, а також органічні сполуки розчинені і дисперговані у воді.

Із-за нестабільності властивостей макулатурної сировини кількість і характер забруднюючих речовин неоднаковий. Наявність цих речовин в оборотній воді призводить до проблем у системі підготовки макулатурної маси.

Для вирішення цих проблем використовують системи очищення води всередині цехів, призначення яких полягає у вловлюванні, в основному, волокон для забезпечення відповідної якості оборотної води. Особливістю системи очищення води всередині цеху виробництва, яке використовує та переробляє макулатуру, полягає в тому, що із води, яку

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

піддають очищенню необхідно вловити тільки волокнисту складову, а не всю масу зважених речовин. Тому, для уловлювання волокна в ході перероблення макулатури використовують обладнання, а саме дискові фільтри різних систем, флотоловушки, фракціонатори та інші.

Метою роботи є покращення уловлювання волокна в ході підготовки макулатурної маси за рахунок використання дискового фільтра.

Корпус валу складається із двох концентричних труб. Простір між трубами поділено поздовжніми ребрами на 16 герметичних камер. Камери вала з'єднані з вакуумною лінією через розподільчу головку, через яку відводять воду, що пройшла крізь сітку сегментів.

Введення маси у ванну здійснюється через напускний ящик. Зверху ванна закривається ковпаком. Для знімання маси вгорі між дисками встановлені спорски, які відрізають полотно з поверхні дисків і одночасно промивають сітку. Приймальні кишені з'єднані з масопроводом, в якому встановлено гвинтовий конвейєр для транспортування.

У дискових фільтрах диски складаються із секторів, які можуть бути у двох варіантах: 1) зі змінними сітками на секторах 2) сектори без сітки з нержавіючої сталі (рис. 1).

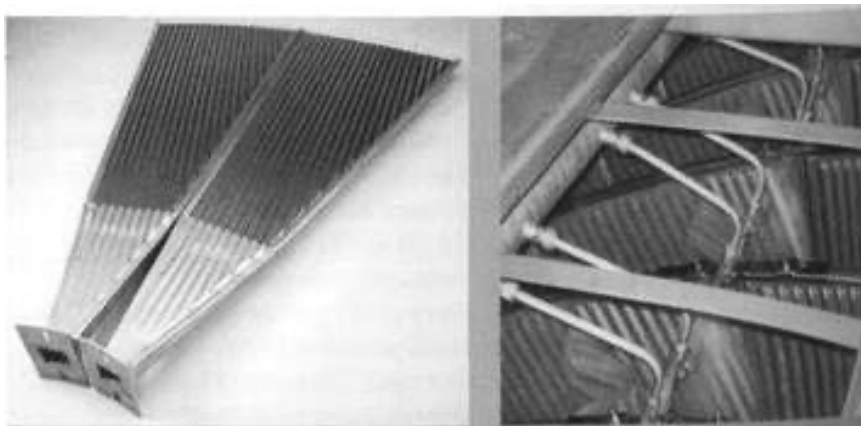


Рисунок 1 – Сектор без сітки

Перевагами фільтра з дисками із нержавіючої сталі є можливість заміни сітки (поверхня сектора має отвори 0,7 – 1,0 мм), підвищення механічної міцності сектора, за рахунок гофрованої поверхні збільшення робочої поверхні.

Під час обертання вала (рис. 2) сегменти дисків занурюються в масу, що заповнює ванну, і в момент повного занурення сегмента створюється вакуум. Вода втягується через сітку всередину сегмента, звідки її відводять через камеру до вала та вихідний отвір у розподільчій головці. У цей момент на поверхні сітки утворюється шар волокон, а

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"

відфільтрована вода, що містить деяку кількість дрібного волокна, відводиться через головку в канали, призначені для заволокнутої води (мутний фільтрат).

Під час подальшого переміщення сегментів шар волокон збільшується і стає здатним затримувати дрібні частинки, тому вода, що надходить усередину сегментів, стає освітленою. У цей момент розподільна головка сполучається з каналами для відведення освітленої води (світлий фільтрат). Процес фільтрації продовжується до виходу сегментів з маси.

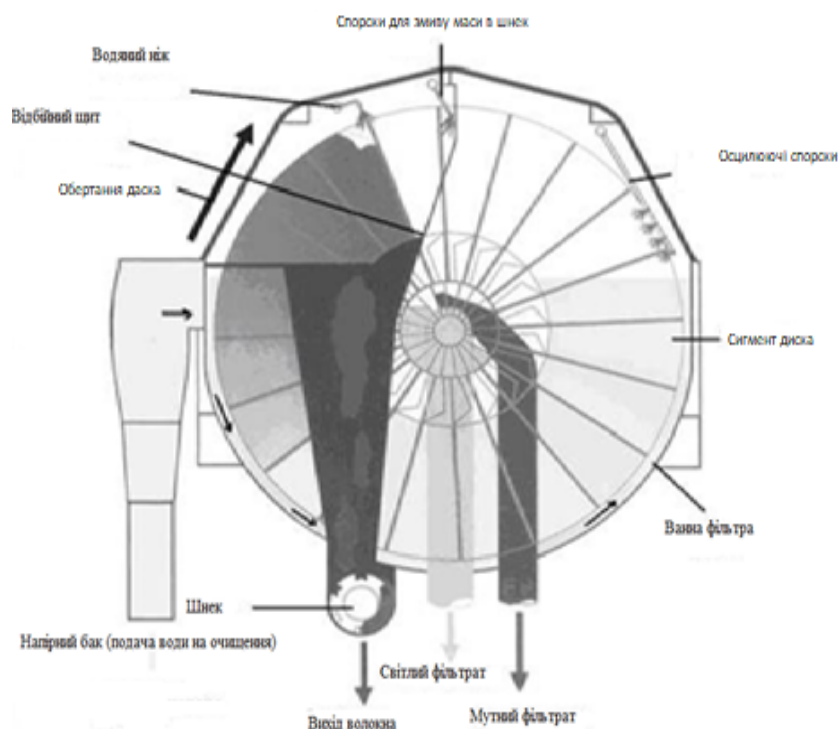


Рисунок 2 – схема роботи дискового фільтра

Для зняття шару маси з сегментів застосовується спорк високого тиску або повітряний ніж, який знімає масу з поверхні дисків, після чого вона збирається в приймальній камері, в якій обертається шнек для транспортування.

Висновок. Дискові вакуум-фільтри ефективно працюють тільки з наливним шаром волокна, що подається на сітку з концентрацією 5 – 8 г/л. Процес уловлювання волокна та інших зважених у оборотній воді волокон прискорюється за рахунок вакууму (30 – 40 Па), який створюється в порожнині диска. Ефективність очищення досягає 80 – 90%, а питома маса уловленого осаду на фільтрі може становити до 12% від маси продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Александров А.В., Гаузе А.А. Технология и оборудование переработки макулатуры: учебное пособие / Часть III. ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2019. – 139с.

2. Тарасов, С.М. Очистка и рекуперация промышленных выбросов. Очистка воды на предприятиях лесопромышленного комплекса: учеб.-методич. пособие / С.М. Тарасов. – М.: ФГБОУ ВО МГУЛ, 2016. – 60 с.

2. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т.II. Производство бумаги и картона. Ч.3. Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. – СПб.: Политехника, 2006. – 499 с.

**ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ АКТИВНОСТІ
М'ЯЗІВ РУКИ ЛЮДИНИ**

студент Терещенко В.В., к.т.н. Вонсевич К.П.

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Анотація. В роботі проведено короткий огляд особливостей побудови автоматизованих систем вимірювання активності м'язів кінцівок людини. Розглянуто принципи вимірювання біологічних сигналів за допомогою міографічних сенсорів. Описано принципи функціонування методів поверхневої та форс-міографії. Запропоновано рішення для побудови автоматизованої системи вимірювання міографічного сигналу на базі FSR сенсорів.

Ключові слова: біонічне протезування, міографія, розпізнавання рухів, резистивні датчики тиску.

**FEATURES OF CREATING AN AUTOMATED SYSTEM FOR MEASURING THE ACTIVITY OF
HUMAN ARM MUSCLES**

student Tereshchenko V.V., PhD Vonsevych K.P

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

Abstract. This work provides a brief overview of the features in construction of automated systems for measuring the activity of human limb muscles. The principles of measuring biological signals using myographic sensors are considered as well as described principles of functioning methods of superficial and force myography. Offered the solution for construction of the automated measuring system of a myographic signal on the basis of FSR sensors.

Keywords: bionic prosthetics, myography, motion recognition, resistive pressure sensors.

INTRODUCTION

Today, the creation of an artificial limb is almost the only solution for compensation of irreversible damages that humans received as a consequence of amputations or serious traumas that affect the healthy functionality of the limb. Since humanity has not yet achieved high success in the area of transplantation of natural limbs, the study of precise prosthetic methods is still a highly relevant task. At the beginning, prosthetic devices technologies allowed to partially restore only the aesthetic of natural limbs and frequently caused social stigmatization of patients. However, nowadays due to the development of high technologies in the area of bionic prosthetics, artificial limbs allow to restore not only a set of natural movements but also some sensations of the hand or leg.

The most complex task of bionic prosthetics is to correctly "read" what kind of action a person intends to perform with one or another prosthetic part of the body. As a consequence, the person's ability to freely control an artificial limb without additional difficulties and differences from the usual lifestyle - the main purpose that trying to implement researchers from around the world.

One of the most important factors which allow to automate processes of prosthetic limbs controlling are to increase the accuracy of motion recognition by control modules of bionic devices. The purpose of this article is to make a brief analysis of the main principles which are used in the construction of biological signal and limbs movements recognition systems as a base for further creation of new automative muscle activity recognition systems for bionic hands. The most popular research methods used to recognize the signals of the human body in prosthetics are: electromyography, electroneurography, electroencephalography, force myography, electro impedance tomography and ultrasound studies [1]. Each of the aforementioned signal measurement methods uses different types of sensors. For example, it is possible to build systems based on electroencephalographic sensors by placing sensors-electrodes on a person's head to measure his bioelectrical potentials, which was shown by the author of the work [2].

One of the most common methods which is used for studying the activity of biological signals of the upper limbs is myography. This type of measurements foresees sensor installation in certain working zones above the muscle surface in order to register changes during the execution of certain types of movements and, in the future, visualize these changes in the form of a signal. Moreover, electromyography which measures electrical potential while muscle contraction is a gold standard in the area of bionic hands creation. However, despite all benefits which are inherent to electromyography this method of muscle activity measurement is not ideal. As a consequence, uses of alternative sensors for myography are actively researched nowadays. The modern approach which is used as an alternative for electromyography is a Force Myography (FMG). Measurement in FMG technology is based on an array of sensors that are able to measure the pressure created by muscle fibers during their contraction while performing different movements of the limb. For example, in the article [3], authors used 8 as well as 16 force-myographic channels to measure the activity of the hand muscles which made it possible to achieve further high accuracy of biological signals recognition based on their classification.

In this work authors propose a variant of constructing a system for measuring myographic signal based on an array of ribbon-shaped flexible force sensitive resistors. The FSR is a sensor which is able to change its resistance proportionately to the applied pressure force and can be used in various measuring systems biological and technical direction. In a future work authors plan to test different amounts of measuring FMG channels in the myographic system and find an optimal construction and processing method that will correctly classify different types of hand movements.

CONCLUSION

In this work it was considered the problem of biological signals measuring using myographic sensors. Has been provided a brief description of main signal measuring methods which can be used for constructing limb prostheses. A variant of a system for measuring the activity of arm muscles based on an array of FSR sensors has been proposed.

LITERATURE

1. Вонсевич К. П. Міографічна система біонічної руки з оптичною ідентифікацією типу поверхні : дис. канд. техн. наук : 05.11.17 / Вонсевич Костянтин Петрович – Київ, 2020. – 180 с.
2. EEG Mind Controlled Smart Prosthetic Arm – A Comprehensive Study / T. Beyrouthy, S. A. Kork, M. Abouelela, J. A. Korbane. // *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*. – 2017. – С. 891–899.
3. X. Jiang, L. Merhi, Z. Xiao and C. Menon, "Exploration of Force Myography and surface Electromyography in hand gesture classification", *Medical Engineering & Physics*, vol. 41, pp. 63-73, 2017.

УДК 681.525:681.586.57

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОДУЛЮ РОЗПІЗНАВАННЯ ТИПУ ПОВЕРХОНЬ У СИСТЕМІ БІОНІЧНОГО ПРОТЕЗУ

студент Щур М.С., к.т.н. Вонсевич К.П.

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

Анотація. В роботі проведено короткий огляд особливостей побудови автоматизованих систем та модулів для вимірювання сигналів зворотного зв'язку у біонічному протезуванні. Розглянуто основні принципи та обмеження, що виникають при реалізації систем зворотного зв'язку, аргументовано необхідність їх застосування. Запропоновано рішення для побудови автоматизованого модулю ідентифікації типу поверхні, що може застосовуватись у біонічних протезах верхніх кінцівок.

Ключові слова: біонічне протезування, зворотний зв'язок, розпізнавання типу поверхонь, оптичні датчики.

FEATURES OF CREATING AN AUTOMATED MODULE OF SURFACE RECOGNITION IN THE BIONIC PROSTHESIS SYSTEM

student Shchur M.S., PhD Vonsevych K.P

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

Abstract. This work provides a brief overview of the features for construction of automated systems and modules for measuring feedback signals in bionic prosthetics. The basic principles and limitations that arise in the implementation of feedback systems are considered, the need for their application is argued. A solution for the construction of an automated surface type identification module that can be used in bionic prostheses of the upper extremities is proposed.

Keywords: bionic prosthetics, feedback, surface type recognition, optical sensors.

INTRODUCTION

One of the important issues in the area of modern biomedical devices is the development of bionic prosthetics of organs and limbs. The main advantage of bionic device is the possibility to allow restoring various functions of the human body that are necessary for a normal life. One of the most complex task that actively research in last decades is creation of automative mechanical-electronic prosthetic limb, which will be allow to restore not only a biomechanical possibilities of the hand but also will give a possibility to partially or fully recover it sensitivity. In a case of considering the global structure of bionic prosthesis then one of the most important components of it is ability to "recognize" objects with which the prosthetic arm interacts. The sensing possibilities of a bionic limb affects a number of its functional capabilities, for example: recognition of the structure and shape of an object by the limb can help in improving grasping movements. Because a different object structure should be connected with an application of various strengths and a form of a grip. Also, the recognition of the object material affects the ability of the bionic limb to work independently. Since

the better the prosthesis can automatically distinguish between different shapes and structures, the easier it will be for it to reproduce various natural movements without the need for additional human approval. The main methods on which the reconstruction of individual functions of natural sensing of objects in prostheses is usually realized can be reduced to several general things. For example, for the implementation of autonomous control systems for prostheses, in which the functionality is regulated depending on external influences, it is important to implement a feedback system (FS) between the artificial limb and the patient. Moreover the FS itself can be divided into two conditional categories: with an impact to the user's body and with independent autonomous control [1]. The choice of FS category in practice depends on many factors. Usually it is necessary to take into account the complexity of implementation, the ultimate goal of development, the functionality of the prosthesis system itself, but do not forget about the most important factor - the comfort of use by a potential user [2]. For the implementation of feedback and reproduction of sensing in artificial limbs are used various types of sensors, as well as their combinations. An example of a study in which the issue of improving the sensorics of a prosthesis is being studied is the work [3], where the authors proposed a method for recognizing the type of a touched surface based on information about the sliding friction effect. That work was investigated by combining six force and torque sensors in one system. Such a decision allowed to increase an accuracy of recognising of objects with a significant variety of the material structure: for soft investigated surfaces (from paper to rubber) to an indicator of 91%, and 82.4% for materials with a hard structure (aluminum and glass). In our work authors propose an implementation option of a surface type identification module which can be further implemented in artificial finger models. The main idea is to study a possibility of accommodation and realisation of various schemes of measuring optical sensors and emission sources in distal phalange of the artificial finger, with the help of which will be performed the further optical scanning of the surface structure of the manipulated object. At the same time, it is important to consider a set of certain restrictions

which need to be taken into account during constructing a measuring system. For example: wavelength of light radiation and the peak sensitivity of the sensor, spectrum of the source of light, speed of sensor response etc.

CONCLUSION

In this work authors presented a brief review of the main principles of construction devices for objects surface recognition in artificial limbs systems. As also as the principle of developing an optical surface identification module with a combination of several sensors and sources of optical emission was proposed, factors and limitations that should be taken into account during the design of the measuring modules have also been considered.

LITERATURE

1. Вонсевич К. П. Міографічна система біонічної руки з оптичною ідентифікацією типу поверхні : дис. канд. техн. наук : 05.11.17 / Вонсевич Костянтин Петрович – Київ, 2020. – 180 с.

2. Vonsevych, K. P., Bezuglyi, M. O., & Prytula, O. A. (2019). OPTICAL FEEDBACK BASED ON THE PHOTOMETRYBY ELLIPSOIDAL REFLECTOR IN BIONIC FINGERS APPLICATION. KPI Science News, (3), 63-72.

3. Surface material recognition through haptic exploration using an intelligent contact sensing finger / L.Hongbin, L. Seneviratne, J. Bimbo, K. Althoefer. // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems.. – 2012.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF WASTE PAPER PREPARATION IN THE PRODUCTION OF FLUTING

Master student Anashchenko A.¹, Rudzei F.², PhD, Assoc. Prof. Halysch V.^{1,3}

¹ – Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,

² – PJSC "Kyiv Cardboard and Paper Mill"

³ – O.O. Chuiko Institute of Surface Chemistry of NASU

It is proposed to improve the process of waste paper preparation in the production of fluting, namely to install IntensaMaXX waste paper treatment system for efficient removal of heavy inclusions such as wire, stones, glass, etc., fine paper cleaning system PrimeCLEAN, a new low-concentration disk refiner from ANDRITZ with Prime grinding technology - TWINFLO Prime. This will not only reduce fiber loss during the stages of cleaning waste paper, but also allow you to effectively perform defibering and fibrillation of secondary fibers without shortening them, which will have a positive impact on the physical and mechanical properties of the final product.

Keywords: cardboard, fluting, waste paper, physical and mechanical properties

В роботі запропоновано виконати удосконалення процесу підготовки макулатури при виробництві флютингу, а саме встановити систему очистки відходів гідророзбивача IntensaMaXX для ефективного видалення тяжких включень таких, як дрот, каменіння, скло та ін., системи тонкої очистки паперової маси PrimeCLEAN, новий дисковий рафінер низької концентрації від ANDRITZ з технологією розмелювання Prime – TWINFLO Prime. Це дозволить не лише зменшити втрати волокна на етапах очищення макулатурної маси, але і дозволить ефективно виконувати розволокнення та фібрилювання вторинних волокон без їх вкорочення, що матиме позитивний вплив на фізико-механічні показники кінцевої продукції.

Ключові слова: картон, флютинг, макулатура, фізико-механічні властивості

Packaging cardboard, which is designed for packing different goods, has a number advantages over other packaging materials, including the availability of raw materials, relative cheapness and ease of disposal, which is of great economic and environmental importance. Due to the growing needs of the population in cardboard and paper products, the existing mills are in need of modernization of existing technological lines. Today, the main raw materials used in domestic mill are waste paper of various brands, which allows not only to expand the raw material base, but also to preserve the primary fibrous semi-finished products. Improvement of existing technologies can be carried out to improve the quality of products, reduce its cost, increase production capacity.

An important stage in preparing the waste paper pulp for paper sheet formation is the removal of different inclusions, which occurs in several stages. When used waste paper as a raw material for the production of paper and cardboard, the first stage of cleaning the pulp is the separation of heavy and light inclusions. Effective removal of heavy inclusions, namely wires, stones, sand, glass, etc., can be achieved by using waste cleaning system IntensaMaXX (Fig. 1).

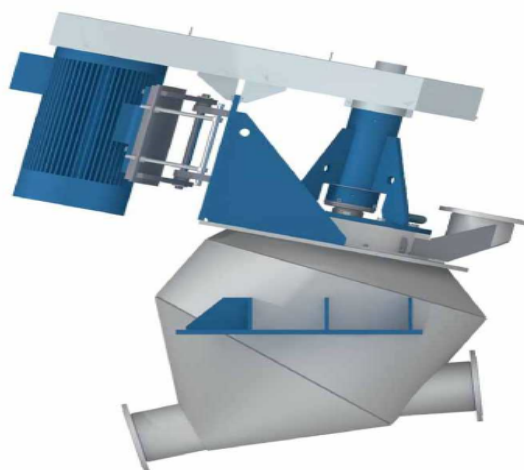


Figure 1 – The IntensaMaXX pulper detraging machine.

An important stage of cleaning paper pulp is the stage of removal of light inclusions of non-fibrous nature. Effective removal of such inclusions can be

Збірник тез доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання"
reached by the application of the system of fine cleaning – the PrimeCLEAN (Fig. 2).



Figure 2 – Fine sorting system of paper pulp the PrimeCLEAN.

The advantages of application the PrimeCLEAN waste paper sorting system are:

- compactness of the installation, due to the fact that two stages of sorting take place in one installation due to dilution in the lower part of the cone;

- high productivity at low energy costs, due to the fact that the cleaning process takes place at a high concentration of mass on the feed - up to 3% in the lines of mass preparation and up to 2% when used in short circulation systems.

In general, it can be concluded that proposed changes will reduce the cost of electricity for grinding, accelerate the dehydration of cardboard during formation and improve the strength properties of finished products.

DECREASE IN WASTEWATER TURBIDITY IN THE CARDBOARD SHEET FORMATION

Master student Kryvosheiev A.¹, Master student Vozovich A.¹, PhD, Assoc. Prof.

Halysh V.^{1,2}

¹ – **Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute,**

² – **O.O. Chuiko Institute of Surface Chemistry of NASU**

In this paper the possibility of using chitosan as an adhesive in the production of cardboard for flat layers of corrugated cardboard was investigated. The effect of composition of cardboard sheet onto the wastewater turbidity and chitosan consumption in the range 0.5 – 2.5% on the wastewater quality were studied.

Keywords: cardboard, chitosan, water turbidity, paper sheet.

У даній роботі досліджено можливість використання хітозану як наповнювача у виробництві картону для плоских шарів гофрокартону. Досліджено вплив композиції картону на каламутність стічної води та витрат хітозану в діапазоні 0,5 - 2,5% на якість підсіткових води.

Ключові слова: картон, хітозан, каламутність води, паперове полотно.

Chitosan is a natural and biodegradable polymer with non-toxic properties, obtained by deacetylation of chitin, that is a structural component of the exoskeleton of different insects, crustaceans, etc. Chitosan possesses good adhesion and coagulation ability. That is why, it can be used in different branches of industry. Chitosan is also can be used in the paper industry due to the presence of hydroxyl groups, strong intramolecular and intermolecular H-bonds formation in paper sheet can be obtained.

The aim of the present work was to study the effect of chitosan application on the turbidity of wastewater after paper sheet formation. For this purpose, 1% chitosan solutions were prepared by dissolving chitosan in 5% acetic acid.

Recycled paper was used to prepare cardboard sheets in laboratory. Recycled paper was soaked in tap water during 30 min, then disintegrated in a laboratory disintegrator during 10 min at approximately 3000 rpm/min. The concentration of pulp was 4%. Pulp was used to produce cardboard sheets with a basis weight of 120 g/m². The consumption of chitosan was from 0.5 to 2.5%. Chitosan was added to fibre suspension under stirring during 1 min at 3000 rpm/min to ensure chitosan adsorption onto fibre surface. The fibre suspension was diluted to 0.3% (weight of fibre/weight of suspension) using tap water, rested during 15 min to ensure maximum chitosan adsorption onto pulp fibres and then the pH of suspension was measured before cardboard sheet formation. Paper sheets were formed on a laboratory sheet former and dried at 90±2 °C under vacuum. The wastewater was collected and analyzed for turbidity.

Effect of paper sheet composition onto wastewater turbidity is shown in Fig. 1.

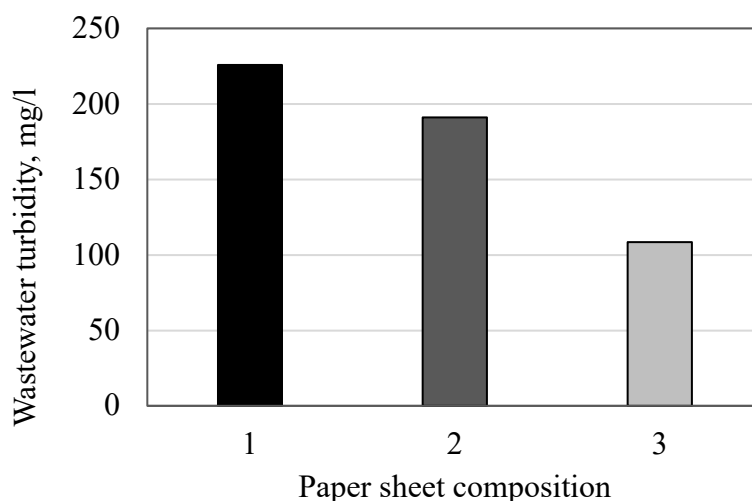


Figure 1 – Effect of cardboard composition of wastewater turbidity: 1 – paper sheet made from recycled paper; 2 - paper sheet from recycled paper + starch; 3 - paper sheet from recycled paper + chitosan.

As can be seen, the application of the starch and chitosan as adhesives in cardboard sheet formation caused decrease in wastewater turbidity due to the prevention of fiber lost during paper sheet formation because of the strong intramolecular and intermolecular H-bonds formation.

Effect of chitosan consumption during cardboard sheet formation on wastewater turbidity is shown in Fig. 2.

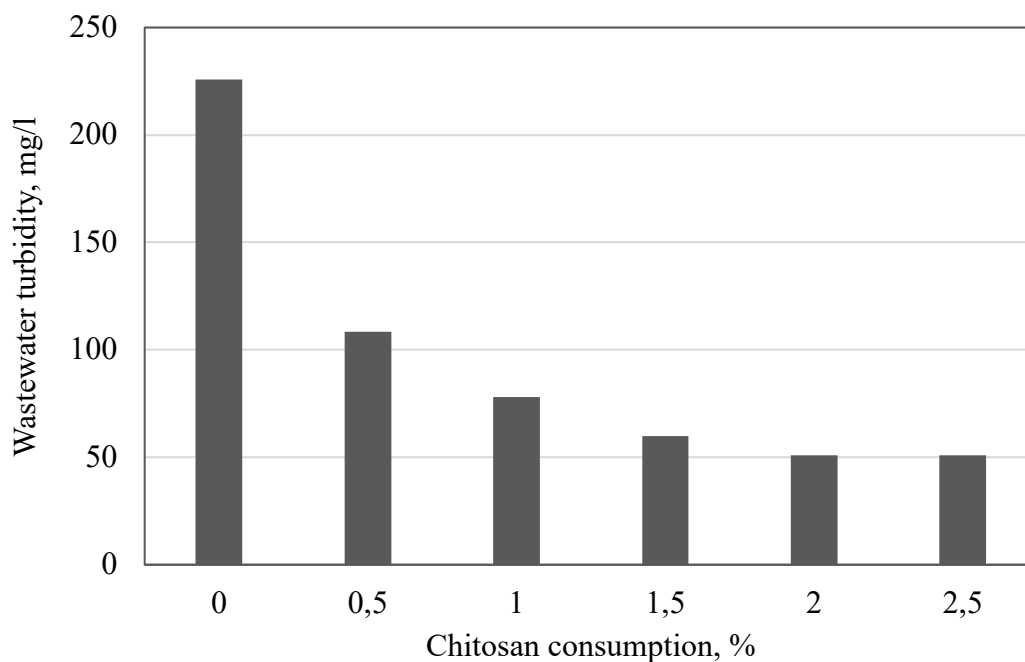


Figure 2 – Dependence of wastewater turbidity on chitosan consumption during cardboard sheet formation.

As can be seen, an increase in chitosan consumption during cardboard sheet formation leads to decrease in wastewater turbidity. The maximum decrease in the value of turbidity corresponds to 0.5% chitosan consumption. A further increase in the chitosan consumption up to 2.5% does not lead to a significant reduction in the turbidity of the wastewater.

In general, it can be concluded that chitosan can be regarded as perspective and promising adhesive for application in cardboard production with the application of recycled paper as the raw material.

СЕКЦІЯ 3
«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА»

STUDY OF THE APPLICATION OF GRAPHICAL AND ANALYTICAL METHODS FOR SOLVING STATIC PROBLEMS

student Stasiuk A.Y., Doctor of philosophy, Associate Professor Shtefan N.I.

студент Стасюк А.Ю, к.т.н., доцент Штефан Н. І.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Annotation. The question of the application of graphical and analytical methods for solving statics problems is investigated. This is done on the example of a weightless frame that is in equilibrium. The theorem on three forces and the axiom on two forces are shown. Also considered in detail all steps of graphic constructions and writing of the corresponding equations of static equilibrium.

Анотація. Досліджується питання про застосування графічного та аналітичного методів розв'язування задач статички. Це робиться на прикладі невагомої рами, що знаходиться в рівновазі. При цьому показано застосування теореми про три сили та аксіоми про дві сили. Також детально розглянуто всі кроки графічних побудов та запису відповідних рівнянь рівноваги конструкції.

Keyword: equilibrium of construction, equilibrium equation, theorem on three forces, axiom on two forces, convergent system of forces.

Ключові слова: рівновага конструкції, рівняння рівноваги, теорема про три сили, аксіома про дві сили, збіжна система сил.

Let us investigate the question of equilibrium of construction presented in Figure 1, using different methods. First, consider the graphical method. Note that the force acting on the hinge A- frame pressure (mark this force through $\overrightarrow{R'_A}$) - is not attached to the frame, so it cannot be found from the equilibrium conditions of

the frame) To the frame is applied: force \vec{F} , effort \vec{S} in rod BC and the hinge reaction $\vec{R}_A = -\vec{R}'_A$). So first we find the hinge reaction \vec{R}_A (Fig. 1) So the frame is in equilibrium under the action of three forces: force \vec{F} , rod reaction \vec{S} (directed along the line BC connecting the hinges) and hinge reaction \vec{R}_A

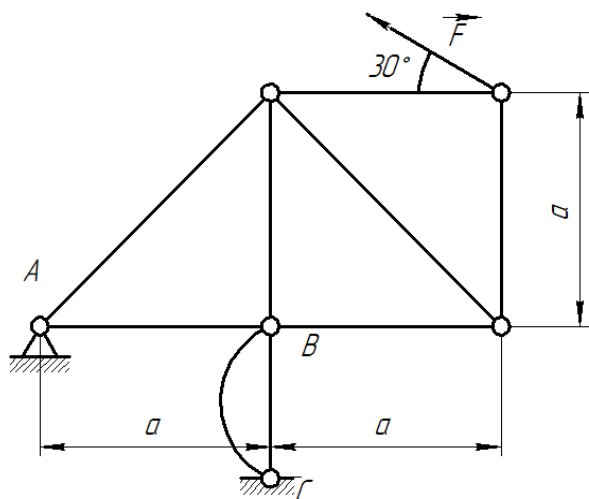


Fig. 1

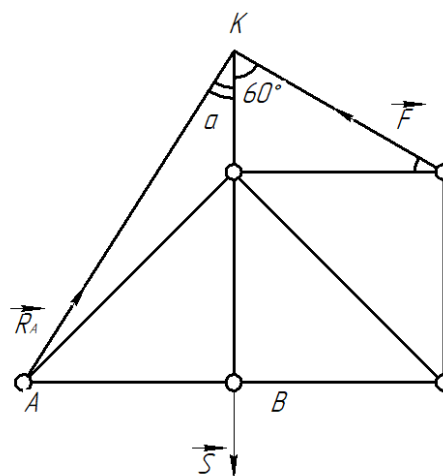


Fig. 2

Since the lines of force \vec{F} and the rod reactions intersect, we apply the theorem on three forces to solve the problem (Fig. 1) The reaction lines of the rod \vec{S} and the force \vec{F} intersect at the point K, so the reaction line of the hinge \vec{R}_A passes through the point K (intersect the lines of action of the three forces) and point A of application of force.

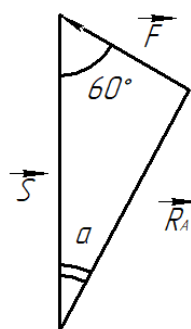


Fig. 3

Next, we construct a force triangle (Fig. 3). By the law of sines we find:

$$R_A = \frac{F \sin 60^\circ}{\sin \alpha}$$

Next, from the rectangular $\triangle ABK$, we define:

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{a(1 + 1/\sqrt{3})}{a} = \frac{\sqrt{3} + 1}{\sqrt{3}}$$

Calculate:

$$\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{7 + 2\sqrt{3}}}$$

Hinge reaction $R_A = \frac{F\sqrt{7+2\sqrt{3}}}{2} \approx 1,62F$.

Considering the equilibrium of the hinge A, by the axiom of the two forces we define R'_A .

The force acting on the hinge:

$$R'_A = R_A = \frac{F\sqrt{7+2\sqrt{3}}}{2} \approx 1,62F.$$

Force direction \vec{R}'_A opposite force direction \vec{R}_A .

Now apply the analytical method. The rod reaction \vec{S} is applied at point B and directed along a line passing through the fixed hinges B, and C and the reaction of the fixed \vec{R}_A hinge is applied at point A and represented by two components \vec{X}_A and \vec{Y}_A (Fig. 4), because the direction of his reaction is unknown

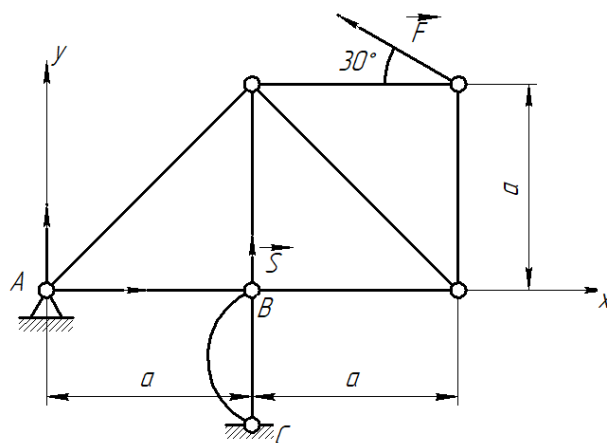


Fig. 4

Next, we write the equation of equilibrium of the structure for the input coordinate system:

$$\sum_{i=1}^4 F_{ix} = X_A - F \cos 30^\circ = 0 \Rightarrow X_A = \frac{F\sqrt{3}}{2};$$

$$\sum_{i=1}^4 F_{iy} = Y_A + S + F \sin 30^\circ = 0 \Rightarrow Y_A = -S - \frac{F}{2};$$

$$\sum_{i=1}^4 M_{iA} = \alpha S + \alpha F \cos 30^\circ + 2\alpha F \sin 30^\circ = 0 \Rightarrow S = -F \left(\frac{\sqrt{3}}{2} + 1 \right).$$

Therefore,

$$Y_A = \frac{F(\sqrt{3}+1)}{2},$$

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \frac{F\sqrt{7 + 2\sqrt{3}}}{2} \approx 1,62F = R'_A.$$

STUDY OF EQUILIBRIUM SYSTEMS

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНОВАГИ СИСТЕМИ

Student Nefodova K. V., Doctor of philosophy, Associate Professor Shtefan N.I.

Студент Нефьодова К. В., к.т.н., доцент Штефан Н.І.

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Annotation. *There is investigated the question of application graphic and analytical methods of solving problems balanced system. This takes into account the sliding friction. On the example of a mechanical system in equilibrium, graphical solution, problem solving and analytical are considered. It is shown that the analytical method is more modern and convenient.*

Keyword: the balance of structures, graphic method, analytical method, equation of equilibrium, sliding friction.

Анотація. *Досліджується питання про застосування графічного та аналітичного методів розв'язування задач зрівноваженої системи. При цьому враховується тертя ковзання. На прикладі механічної системи, що знаходиться в рівновазі, розглянуто графічне розв'язування поставленої задачі та аналітичне. Показано, що більш сучасним та зручним є аналітичний метод.*

Ключові слова: рівновага конструкції, графічний метод, аналітичний метод, рівняння рівноваги, тертя ковзання.

When a body in equilibrium is held by friction bonds, we add an additional condition to the equilibrium equations, which is determined by the formula:

$$F_{\text{тр max}} = fN \quad (1)$$

If under the condition of the problem it is known that the body is balanced, then using the graphical method, we first determine the reaction \bar{R} rough surface

and the angle of friction α between the normal to the surface and \bar{R} . Next, write down the condition:

$$|\operatorname{tg} \alpha| \leq f \text{ або } -f \leq \operatorname{tg} \alpha \leq f. \quad (2)$$

Determine the components of the reaction of the rough surface: \bar{N} and $\bar{F}_{\text{Тр}}$ from formulas

$$F_{\text{Тр}} = R \sin \alpha, \quad N = R \cos \alpha. \quad (3)$$

Applying the analytic form of the equations of equilibrium, the normal component (N) and the slip friction force are determined with the equilibrium conditions. For this force, friction is depicted as a tangent component of the support reaction.

If the direction of possible movement of the body in the absence of friction force is obvious, the friction force should be directed in the opposite direction.

If the direction of the body's possible motion is impossible or difficult to determine, the friction force is drawn along the tangent in an arbitrary direction.

We apply the graphical and analytical method in the example of studying a balanced system (Fig. 1) if the coefficient of friction between a wedge of weight P and an angle 2α and plates equals f . The support on which the plates 1 and 2 lie, is smooth. We define the smallest value of the force \bar{Q} at which the given system is balanced.

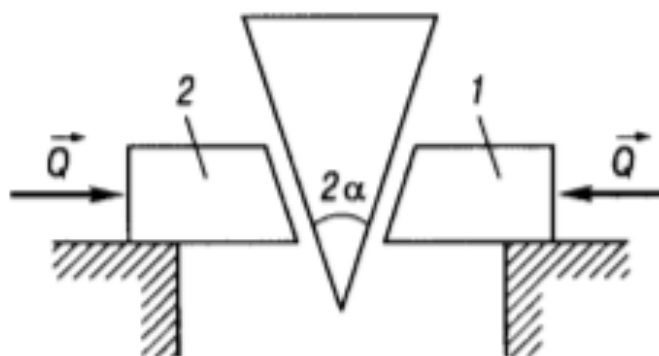


Fig. 1

Graphical Solution Method. We consider the equilibrium of a wedge at which three forces act: the weight \bar{P} and the reaction of the rough surfaces of the bodies (тiл $\bar{R}_{1\text{Пл}}$ і $\bar{R}_{2\text{Пл}}$) (fig. 2,a). According to the three-force theorem, the lines

of action of all forces intersect at one point. Since the mechanical system is symmetrical, the surfaces of the bodies are identical and the reactions of the bodies are equal in size

$$\bar{R} = \bar{R}_{1\text{пл}} + \bar{R}_{2\text{пл}},$$

vertically oriented (fig. 2,b). Therefore, by axiom (fig. 2, b) we have

$$P = 2R_{\text{пл}} \sin(\alpha + \alpha^*),$$

α^* – the angle between the reaction of the rough surface of the bodies and the normal reaction to the wall of the wedge.

We look at the equilibrium of the right plate to which the force is applied \bar{Q} , the weight $\bar{P}_{\text{пл}}$, reactions of a smooth support $\bar{N}_{\text{оп}}$ and a rough wedge surface.

$$\vec{R}_k = -\vec{R}_{1\text{пл}} = N + F_{\text{тр}}$$

according to Newton's third law (fig. 2, a). Since the lines of action of the forces $\vec{P}_{\text{пл}}$ i $\vec{N}_{\text{оп}}$ coincide, they can be replaced by one equivalent

$$\vec{R}^* = \vec{P}_{\text{пл}} + \vec{N}_{\text{оп}}.$$

Therefore, the plate is in equilibrium under three forces: \bar{Q} , \vec{R}^* and \vec{R}_k .

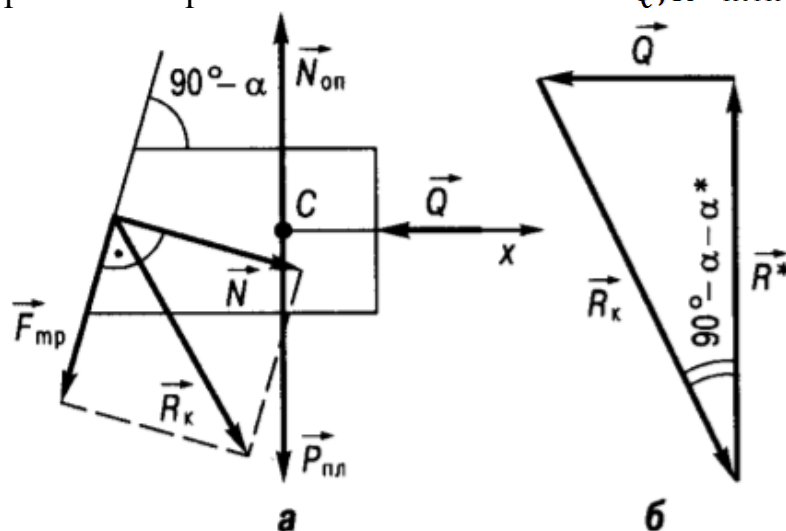


Fig. 2

Then we build a closed force triangle (fig.2, b), from which

$$Q = R_k \cos(\alpha + \alpha^*).$$

So, we get

$$P(\cos\alpha - tg\alpha^* \sin\alpha) = Q(\sin\alpha - tg\alpha^* \cos\alpha).$$

Now we have

$$tg\alpha^* = \frac{P - 2Qtg\alpha}{Ptg\alpha + 2Q}.$$

In equilibrium, inequality is maintained

$$|tg\alpha^*| \leq f.$$

Then

$$-f \leq \frac{P - 2Qtg\alpha}{Ptg\alpha + 2Q} \leq f \rightarrow$$

$$P \frac{1 - f \operatorname{tg} \alpha}{f + \operatorname{tg} \alpha} \leq 2Q \leq P \frac{1 + f \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha - f}.$$

So, $Q_{\min} = P \frac{1 - f \operatorname{tg} \alpha}{2(f + \operatorname{tg} \alpha)}.$

We use *an analytical method* to study the question. First, we look at the balance of the wedge. We depict known forces: the weight of a wedge \vec{P} , reactions of plates \vec{N}_1, \vec{N}_2 , ($N_1 = N_2 = N_3$) and their rough surfaces ($\vec{F}_{\text{Tp}1} = \vec{F}_{\text{Tp}2} = \vec{F}_{\text{Tp}}$), directed upwards - opposite to possible movement (fig. 3, a). The Oy axis is directed vertically and the projected forces are recorded on this axis:

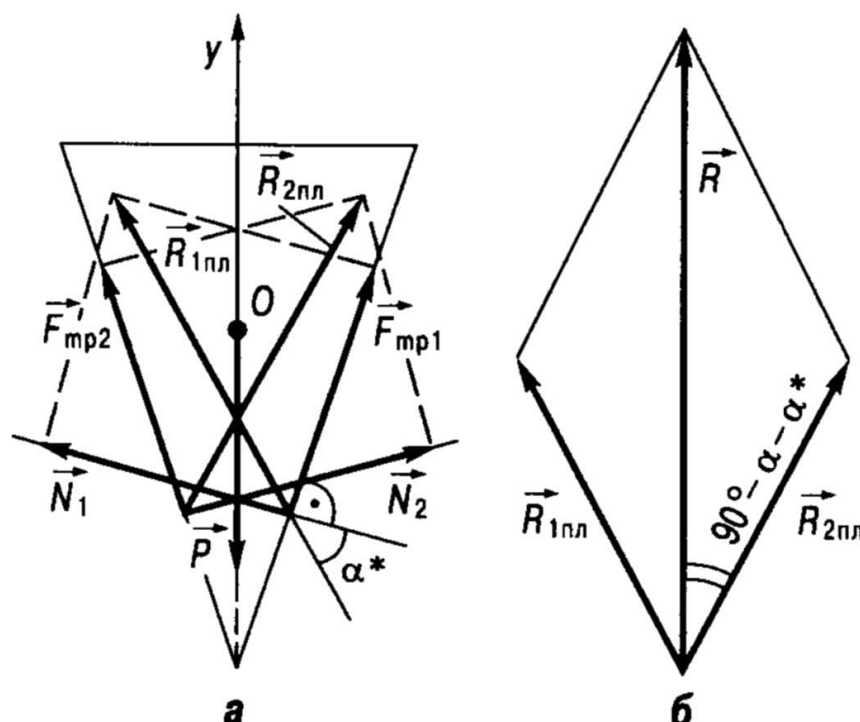


Fig. 3

$$\sum_{i=1}^5 F_{yi} = 2F_{\text{Tp}} \cos \alpha + 2N \sin \alpha - P = 0.$$

Then we consider the equilibrium of the right plate (fig. 2, a) and record the equilibrium equation in the projection on the Ox axis:

$$\sum_{i=1}^5 F_{xi} = -F_{\text{Tp}} \sin \alpha + N \cos \alpha - Q = 0.$$

Then the friction force and the wedge reaction respectively

$$F_{\text{Tp}} = \frac{1}{2} P \cos \alpha - Q \sin \alpha,$$

$$N = \frac{1}{2} P \sin \alpha + Q \cos \alpha.$$

Solving inequality $|\vec{F}_{\text{Tp}}| \leq f N$, we get

$$\frac{1}{2} P \frac{1-f \operatorname{tg} \alpha}{f+\operatorname{tg} \alpha} \leq Q \leq \frac{1}{2} P \frac{1+f \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha-f}.$$

This expression is the answer to the task.

RESEARCH OF THE EQUILIBRIUM OF THE SYSTEM TAKING INTO ACCOUNT THE FORCES OF FRICTION
ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНОВАГИ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ СИЛ ТЕРТЯ

Student Kizenko P. V., Doctor of philosophy, Associate Professor Shtefan N.I.
Студент Кізенко П.В., к.т.н., доцент Штефан Н. І.

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

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

Annotation. The question of the equilibrium of an absolutely rigid body in the presence of sliding friction is investigated. Statically defined problems are considered. The application of the analytical method on the example of an engineering problem is show. The corresponding equations of equilibrium of a design taking into account all forces are received. It is show that different quantities can be determined.

Анотація. Досліджується питання про рівновагу абсолютно твердого тіла за наявності тертя ковзання. При цьому розглядаються статично визначені задачі. Показано застосування аналітичного методу на прикладі інженерної задачі. Отримані відповідні рівняння рівноваги конструкції з урахуванням всіх сил. Показано, що визначенню можуть підлягати різні величини.

Keyword: structure balance, rigid body, equilibrium equation, force of friction, force of stiction.

Ключові слова: рівновага конструкції, абсолютно тверде тіло, рівняння рівноваги, сила тертя ковзання, сила тертя спокою.

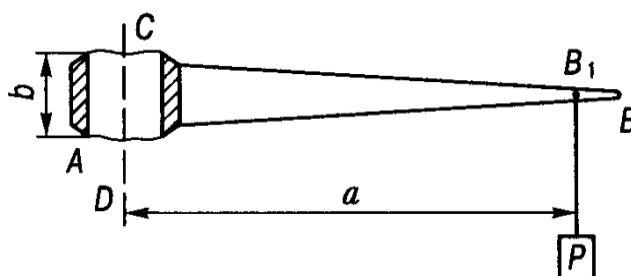
It is known from theoretical mechanics that a necessary and sufficient condition for the equilibrium of an absolutely rigid body under the action of a system of forces arbitrarily placed in a plane is the equality of zero algebraic sum of projections of all forces on two mutually perpendicular axes and algebraic sum of moments of all forces with respect to any point:

$$\sum_{i=1}^n F_{xi} = 0, \sum_{i=1}^n F_{yi} = 0, \sum_{i=1}^n M_{Oi} = 0 . \quad (1)$$

The number of equilibrium equations is three.

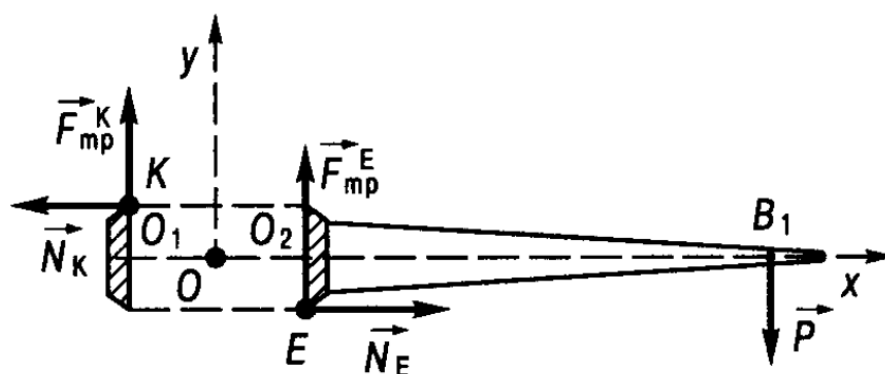
Let's move on the study of the equilibrium of an absolutely rigid body in the presence of sliding friction on the example of a statically defined problem. Consider a horizontal rod AB , which has a hole at the end of A , which it is planted on a vertical round column CD . The length of the plain bearing $b = 2$ cm, at point B_1 at a distance a from the axis CD to the rod is suspended the load P .

Define, neglecting the weight of the rod AB , the minimum distance a from the load P to the axis CD , so that under the action of its weight the rod remained in equilibrium on the column, if the coefficient of sliding friction f between the column and the plain bearing is 0,1 (picture 1).



Picture 1

Consider the equilibrium of the rod AB , mentally rejecting the elm – the column CD . The rod is subjected to a vertical force \vec{P} – the weight of the load, applied at point B_1 . The rod is kept in equilibrium due to the friction forces between the CD column and the inner surface of the hole. These forces can be considered applied at points E and K . There are friction forces due to the forces of normal compression \vec{N}_E and \vec{N}_k between the column and the surface of the hole (picture 2). We compose the equation of equilibrium of the rod:



$$\begin{cases} \sum F_{xi} = N_E - N_K = 0, \\ \sum F_{yi} = F_{\text{Tp}}^E + F_{\text{Tp}}^K - P = 0, \\ \sum M_{Oi} = -Pa + (N_E + N_K) \frac{b}{2} - F_{\text{Tp}}^E \cdot O_2O = 0. \end{cases} \quad (2)$$

From the first equation of system (2) we conclude that $N_E = N_K = N$, ie these forces form a pair of forces, and since the magnitude of the static friction force is proportional to the force of normal compression between body surfaces (friction coefficient f – coefficient of proportionality – is the same at points E and K), it follows that $F_{\text{Tp}}^E = F_{\text{Tp}}^K = F$. The second and third equations of system (2) are transformed into the following:

$$\begin{cases} 2F - P = 0, \\ -Pa + Nb = 0. \end{cases}$$

From here we have $N = \frac{Pa}{b}, F = \frac{P}{2}$.

Force of stiction satisfies the inequality

$$F_{\text{Tp}} \leq fN,$$

so $F = \frac{P}{2} \leq f \frac{Pa}{b}$, whence

$$a \geq \frac{b}{2f} = \frac{0,02}{2 \cdot 0,1} = 0,1 \text{ m}.$$

**FINDING THE COORDINATES OF THE CENTER OF MASS OF A FLAT
FIGURE**

student Semenov D. P., Doctor of philosophy, Associate Professor Shtefan N.I.

студент Семенов Д.П., к.т.н., доцент Штефан Н.І

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Annotation. The question of determining the center of gravity of a rigid body is investigated. For homogeneous bodies of complex shape, the methods of "splitting" and "negative" areas are considered and applied. Using such a body as an example, the question of determining the coordinates of the center of gravity of a rigid body of arbitrary shape is investigated.

Анотація. Досліджується питання про визначення центру ваги твердого тіла. Для однорідних тіл складної форми розглянуто і застосовано методи «розбиття» та «від'ємних» площ. На прикладі такого тіла вивчено питання про визначення координат центра ваги твердого тіла довільної форми.

Key words: coordinates of the center of gravity, homogeneous solid, "partitioning" method, "negative" areas method.

Ключові слова: координати центра ваги, однорідне тверде тіло, метод «розбиття», метод «від'ємних» площ.

As you know, if a homogeneous flat body (Fig. 1), then the center of gravity of the body is determined by the formulas (1):

$$x_C = \frac{x_1 S_1 + x_2 S_2 + x_3 S_3}{S_1 + S_2 + S_3}, \quad y_C = \frac{y_1 S_1 + y_2 S_2 + y_3 S_3}{S_1 + S_2 + S_3}, \quad (1)$$

where S_1 , S_2 , and S_3 – are the areas of triangle ABC', rectangle DKNC' and semicircle with base KN respectively.

To determine the center of gravity of homogeneous bodies with cavities (Fig. 2), the "negative" weight method is used. The center of gravity of such a body is determined by considering it to be a solid homogeneous body with "negative" gravity forces added in the places of the cavity according to the formulas (2)

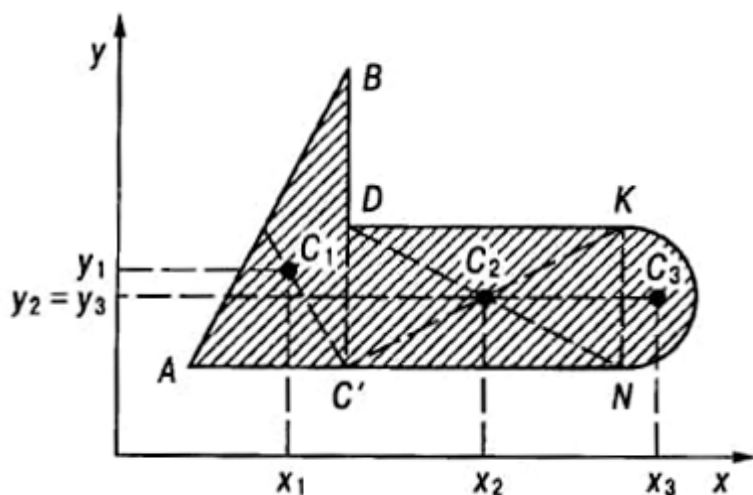


Fig.1

$$\begin{aligned}
 x_c &= \frac{1}{P} (x_0 P_0 - \sum_{i=1}^n x_i P_i), \\
 y_c &= \frac{1}{P} (y_0 P_0 - \sum_{i=1}^n y_i P_i), \\
 z_c &= \frac{1}{P} (z_0 P_0 - \sum_{i=1}^n z_i P_i),
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Where $P = P_0 - \sum_{i=1}^n P_i$; P_0, x_0, y_0, z_0 – weight and coordinates of the center of gravity of a solid body; P_i, x_i, y_i, z_i – “negative” weight and coordinates of the center of gravity of the body of the i -th cavity, “filled” with the material of the body.

For example, for the flat figure shown in Fig. 2, we have the following formulas (3):

$$\begin{aligned}
 x_c &= \frac{x_0 S_0 - x_1 S_1}{S_0 - S_1}, \\
 y_c &= \frac{y_0 S_0 - y_1 S_1}{S_0 - S_1},
 \end{aligned}$$

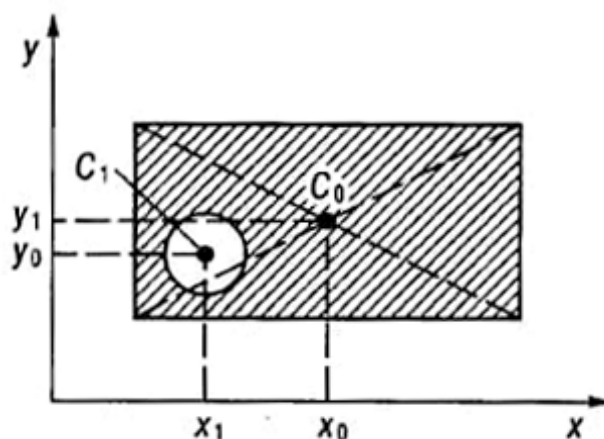


Fig. 2

where S_0, x_0, y_0 – the area of the solid rectangle and the coordinates of its center of gravity; S_1, x_1, y_1 – negative area of the circular cavity and coordinates of its center of gravity.

Let us find the coordinates of the center of gravity of the plane figure shown in Fig. 3, a (dimensions are in centimeters).

To do this, we use the splitting method in combination with the negative area method. Let's select in this figure five simple shapes (Fig. 3, b): rectangle $OABN$, circular sector ONP , rectangle DEE_1N , E_1KK_1M and triangle KK_1L .

Area of the rectangle $OABN$: $S_1 = OA \times AB = 18 \cdot 6 = 108 \text{ cm}^2$; coordinates of its center of gravity:

$$x_1 = \frac{AB}{2} = 3 \text{ cm}, \quad y_1 = \frac{OA}{2} = 9 \text{ cm}$$

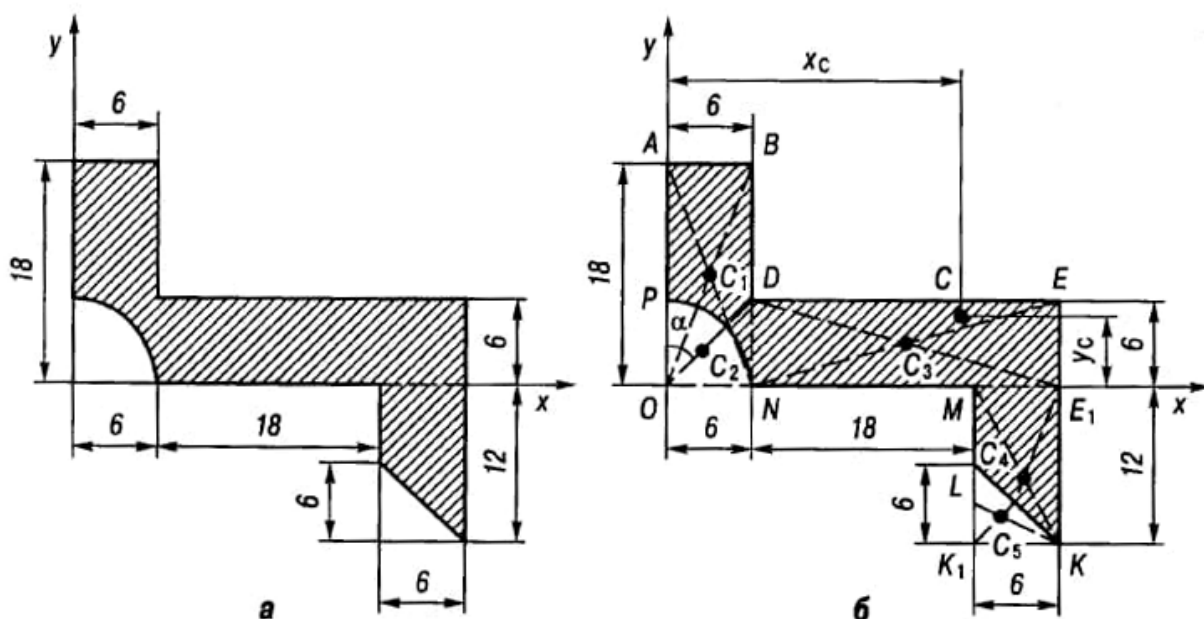


Fig. 3

The area of the circular sector ONP ($R = 6 \text{ cm}$, $\alpha = \frac{\pi}{4}$) is written with a minus sign, since the sector is cut from a given figure:
 $S_2 = -\alpha \cdot R^2 = -\frac{\pi}{4} R^2 \approx -28,3 \text{ cm}^2$; the length of the segment $OC_2 = \frac{2}{3} R \frac{\sin \frac{\pi}{4}}{\frac{\pi}{4}} \approx 3,6 \text{ cm}$, and the coordinates of the center of gravity.

$$x_2 = OC_2 \cdot \cos \frac{\pi}{4} = 2,55 \text{ cm},$$

$$y_2 = OC_2 \cdot \sin \frac{\pi}{4} = 2,55 \text{ cm}.$$

Rectangle area $EE_1N S_3 = DE \times EE_1 = 24 \cdot 6 = 144 \text{ cm}^2$; coordinates of the center of gravity $x_3 = ON + \frac{NE_1}{2} = 6 + 12 = 18 \text{ cm}$, $y_3 = \frac{EE_1}{2} = 3 \text{ cm}$.

Rectangle E_1KK_1M has area $S_4 = E_1K \cdot KK_1 = 12 \cdot 6 = 72 \text{ cm}^2$; center of gravity coordinates.

$$x_4 = OM + \frac{ME_1}{2} = 24 + 3 = 27 \text{ cm},$$

$$y_4 = -\frac{E_1K}{2} = -6 \text{ cm}.$$

The area of the triangle KK_1L is taken with a minus sign, since the triangle is cut : $S_5 = -\frac{1}{2}KK_1 \cdot K_1L = -\frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 6 = -18 \text{ cm}^2$.

Center of gravity coordinates

$$x_5 = \frac{x_L + x_K + x_{K_1}}{3} = \frac{24 + 30 + 24}{3} = 26 \text{ cm},$$

$$y_5 = \frac{y_L + y_K + y_{K_1}}{3} = \frac{-6 - 12 - 12}{3} = -10 \text{ cm}.$$

We find the coordinates of the center of gravity of a given flat figure by the formulas:

$$x_C = \frac{x_1S_1 + x_2S_2 + x_3S_3 + x_4S_4 + x_5S_5}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5} =$$

$$= \frac{3 \cdot 108 + 2,55(-28,3) + 18 \cdot 144 + 27 \cdot 72 + 26(-18)}{108 - 28,3 + 144 + 72 - 18} \approx$$

$$\approx 15,55 \text{ cm}$$

$$y_C = \frac{y_1S_1 + y_2S_2 + y_3S_3 + y_4S_4 + y_5S_5}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5} =$$

$$= \frac{1}{108 - 28,3 + 144 + 72 - 18} \times$$

$$\times [9 \cdot 108 + 2,55 \cdot (-28,3) + 3 \cdot 144 + (-6) \cdot 72 + (-10) \cdot (-18)] \approx 3,89 \text{ cm}.$$

So, the coordinates of the center of gravity of this flat figure are as follows:

$$x_C \approx 15,55 \text{ cm}, \quad y_C \approx 3,89 \text{ cm}.$$

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

UNIT VS-300KPI FOR DRYING CASEIN AND SIMILAR THERMOLABILE PRODUCT	
Marchevskyi V., Glibovets S.	6
PHYSICAL MODEL OF ZEOLITE DRYING PROCESS	
Kushniruk V.M., Novokhat O. A.	10
MODERNIZATION OF THE SEA SALT PRODUCTION PLANT WITH THE DEVELOPMENT OF A DRUM DRYER AND A CYCLONE	
Boychuk Yaroslav, Podiman Hrihorii, Sachok Roman	13
PREPARATION OF FILM FROM POLYMERIC MATERIALS BY EXTRUSION METHOD	
Hushcha Maksym, Podiman Hrihorii	16
COOLING OF POLYMER PIPES DURING MANUFACTURE BY EXTRUSION METHOD	
Koliadenko Vladyslav, Podiman Hrihorii	19
DRYING POLYMERIC MATERIALS FOR RECYCLING AT VIBRATION	
Kurnosov Sviatoslav, Podiman Hrihorii	22
CALCULATION OF A MOBILE VIBROEXTRUSION PLANT	
Polishchuk Denys, Andreiev Igor	25
FORMATION OF A SOLID LAYER DURING CRYSTALLIZATION OF THIN LIQUID FILMS OF AQUEOUS SOLUTIONS OF AMMONIUM SULPHATE WITH IMPURITIES ON THE SURFACE OF GRANULES	
Hotskyi Y. H., Stepaniuk A. R.	29
MODERNIZATION OF THE CLEANING COLUMN OF THE OIL CLEANING INSTALLATION	
Dmitruk A.V., Stepanyuk A.R.	33
DEPOSITION PROCESS IN THE MODERNIZATION OF THE CYCLONE BUNKER	
Khomenko M., Stepaniuk A.	38
APPLICATION AND PRODUCTION OF HYDROGEN	
Ovdii D.Yu., Novokhat O.A.	42

PARAMETRIC CALCULATION OF THE SOLUTION FEEDER-FEEDER	
Pinchuk Andrii, Andreiev Igor	45
THE MODERNIZATION OF WASTE WATER TREATMENT PLANT FOR METALLURGICAL INDUSTRY EFFLUENTS	
Aitubaiev I.I., Huliienko S.V	49
PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODEL OF THERMOPLASTIC MELTING IN DISK EXTRUDER	
Kovba A, Ph.D., Shved M	53
THE MODERNIZATION OF THE BARIUM CHLORIDE PRODUCTION PLANT	
Yasenchuk V.V., Huliienko S.V,	56
LINE FOR PRODUCTION OF CASEIN IN FLOW	
Marchevskiy V., Shashkov V.	61
ФОРМУЮЧІ ГОЛОВКИ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЕКСТРУДЕРА	
Дерксен В., Бишко М., Семінський О.	65
ВАРІАНТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВИХ ПЛЯШОК ДЛЯ НАПОЇВ	
Дерксен В., Косенко В., Семінський О.	69
INFLUENCE OF HEAT CARRIER TEMPERATURE ON THE DURATION OF THE DRYING PROCESS OF COLLOID CAPILLARY-POROUS MATERIALS FOR FUNCTIONAL PURPOSE	
Slobodianiuk K.	74
INVESTIGATION OF KINETICS OF DRYING OF BIOGRANULES ON THE BASIS OF PEAT, SLUDGE AND BIOMASS	
Novikova Yu., Petrov A.	77
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАВІТАЦІЇ НА ПЕРЕБІГ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЛАКТОЗИ	
Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Радченко Н.Л., Щепкін В.І.	80
ВПЛИВ ГІДРОМОДУЛЮ НА ДИСПЕРУВАННЯ СОЛОМИ ПШЕНИЧНОЇ ПРИ ЇЇ ОБРОБЦІ В РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОМУ АПАРАТІ	
Ободович О.М., Сидоренко В.В., Лимар А.Ю., Азаров С.П., Хоменко В.О.	82
НОВІ РІШЕННЯ ЩОДО ПІДГОТОВКИ ВОДИ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ПАРОВИХ КОТЛІВ	
Ободович О.М., Сидоренко В.В., Лимар А.Ю., Азаров С.П., Хоменко В.О.	86

СУЧАСНІ МЕТОДИ СУШІННЯ ГРИБІВ ШИЇТАКЕ (*LENTINULA EDODES*)

Самойленко К.М. 89

USE OF LIQUID HYDROCARBON MIXTURES OF TECHNOGENIC ORIGIN AS FUEL

Chmel V., Novikova I. 92

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВИСОЛЮВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ З ЛУЖНОАКТИВОВАНОЇ КРЕМНЕЗЕМИСТОЇ СИРОВИНИ.

Собченко В.В., Жайворонок В.А., Собченко Г.О. 95

ЗАСТОСУВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ В ПРОЦЕСАХ ЕКСТРАГУВАННЯ

Щепкін В.І., Шуляк В.В., Гартвіг А.П., Величко О.Д. 97

STUDY OF THE PROCESS REMOVING WATER FROM APPLES METHODS TG AND DTA

Ph. D. Husarova O., Ph. D. Shapar R., Ph. D. Mykhailik V. 99

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ЗНЕВОДНЕННЯ КОЛОЇДНИХ КАПЛЯРНО-ПОРИСТИХ МАТЕРІАЛІВ

Пазюк В.М., Вишнівський В.М. 101

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ КАВІТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ГІДРОНАСОСІВ

Рубльов А.В. 104

РОЗРОБКА МЕТОДИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИПРОБУВАННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ГАЗОВОДНЕВИХ СУМІШАХ

Цюпяшук А.М., Пяних К.Є., Костогриз К.П. 107

JUSTIFICATION OF JET-PULSATION MODE OF FLUIDIZATION

Kornienko Y.M., Haidai S.S., Yevziutin P.Y, Sameliuk O.V. 109

HYDRODYNAMICS OF NON-UNIFORM FLUIDIZATION

Kornienko Y.M., Haidai S.S., Yevziutin P.Y, Sameliuk O.V. 117

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ГУСТИНИ БАГАТОКОМПОНЕНТНОГО МАТЕРІАЛУ З ФАЗОВИМ ПЕРЕХОДОМ

Коник А.В., Хоменко М.В. 124

CONTROL OF TEMPERATURE UNIFORMITY IN DISC EXTRUSION OF POLYMERS

Novodvorskiy V.V., Shved M.P., Shved D.M 128

MODERNIZATION OF PETROL CLEANING PLANT WITH DEVELOPMENT OF RECTIFICATION COLUMN AND STEAM GENERATOR	
Litvin A., Podiman H.	131
MODERNIZATION OF ETHANOL PRODUCTION PLANT WITH DEVELOPMENT OF RECTIFICATION COLUMN AND HEATER	
Yanitsky V., Podiman H.	135
TRENDS IN POLYMER PROCESSING EQUIPMENT	
Trachuk Y., Shved M.	139
СЕКЦІЯ 2	
«ЕКОЛОГІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ РОСЛИННИХ ПОЛІМЕРІВ»	
SEMICELULOSE FROM PAVLONIA IN CARDBOARD COMPOSITION	
R. Cherepkina, S. Yatsenko, A. Denysenko	143
ЗАСТОСУВАННЯ ДИСКОВОГО ФІЛЬТРА ДЛЯ УЛОВЛЮВАННЯ ВОЛОКНА	
Шаповал О. М., Черьопкіна Р. І.	147
ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ АКТИВНОСТІ М'ЯЗІВ РУКИ ЛЮДИНИ	
Терещенко В. В., Вонсевич К. П.	151
ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ АВТОМАТИЗОВАНОГО МОДУЛЮ РОЗПІЗНАВАННЯ ТИПУ ПОВЕРХОНЬ У СИСТЕМІ БІОНІЧНОГО ПРОТЕЗУ	
Щур М. С., Вонсевич К. П.	154
IMPROVING THE TECHNOLOGY OF WASTE PAPER PREPARATION IN THE PRODUCTION OF FLUTING	
Anashchenko A., Rudzei F., Halysh V.	157
DECREASE IN WASTEWATER TURBIDITY IN THE CARDBOARD SHETT FORMATION	
Kryvosheiev A., Vozovich A., Halysh V.	160
СЕКЦІЯ 3	
«ТЕОРЕТИЧНА МЕХАНІКА	
STUDY OF THE APPLICATION OF GRAPHICAL AND ANALYTICAL METHODS FOR SOLVING STATIC PROBLEMS	
Stasiuk A.Y., Shtefan N.I.	164
STUDY OF EQUILIBRIUM SYSTEMS	
Нефьодова К. В., Штефан Н.І.	168

**RESEARCH OF THE EQUILIBRIUM OF THE SYSTEM TAKING INTO
ACCOUNT THE FORCES OF FRICTION**

Kizenko P. V., Shtefan N.I.

173

**FINDING THE COORDINATES OF THE CENTER OF MASS OF A
FLAT FIGURE**

Semenov D. P., Shtefan N.I.

176

Рішення

XXI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених.
«Ресурсоенергозберігаючі технології і обладнання»

На заключному пленарному засіданні конференції було прийнято наступне рішення:

1. Роботу Ради молодих вчених Інституту технічної теплофізики ІТТФ НАН України, Організаційного комітету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Інституту Газу НАН України та Програмного комітету з підготовки та проведення заходів у рамках міжнародної науково-практичної конференції «РЕСУРСОЕНЕРГО-ЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ» схвалити.

2. За результатами обговорення представлених на конференції доповідей визнати перспективність виконаних досліджень та схвалити доцільність подальшого розвитку та поглиблення наукових розробок у відповідних наукових напрямках, що визначені в проблематиці конференції.

3. З метою створення науково-методологічних основ вивчення основних ресурсоенергозберігаючих заходів, обладнання теплотехнологій та хімічних технологій в Україні рекомендується залучити матеріали конференції до дисциплін «Основні процеси та обладнання ресурсоенергозберігаючих технологій» та «Сучасне обладнання хімічних технологій» з розробкою відповідного методичного забезпечення.

4. Підвищити рівень залучення студентів, аспірантів до наукових досліджень України в галузі ресурсо- та енергозбереження.

5. Видати збірник праць конференції.

6. Рекомендувати публікацію пленарних доповідей в журналах «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження», «Хімічна промисловість України» та «Промислова теплотехніка». Просити голів секцій конференції визначити доповіді від секцій для опублікування в «Українському антарктичному журналі». Учасникам конференції представити рекомендовані доповіді у вигляді публікацій згідно правил публікацій відповідних журналів.

7. Визначити за доцільне поширення інформації про конференцію в засобах масової інформації та залучення до наступних конференцій широкого кола вітчизняних і іноземних науковців.

8. Організатори конференції висловлюють вдячність всім учасникам конференції.

Виконуючий обов'язки завідувача кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробних виробництва

А.Р.Степанюк