

Ministry of Education and Science of Ukraine

National University of Food Technologies

---

**86**

**International scientific conference  
of young scientist and students**

**"Youth scientific achievements  
to the 21st century nutrition  
problem solution"**

**April 2–3, 2020**

**Part 2**

---

**Kyiv, NUFT, 2020**

Міністерство освіти і науки України

Національний університет харчових технологій

---

**86**

**Міжнародна наукова  
конференція молодих учених,  
аспірантів і студентів**

**"Наукові здобутки молоді –  
вирішенню проблем  
харчування людства у ХХІ  
столітті"**

**2–3 квітня 2020 р.**

**Частина 2**

---

**Київ НУХТ 2020**

**86 International** scientific conference of young scientist and students "Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution", April 2–3, 2020. Book of abstract. Part 2. NUFT, Kyiv.

The publication contains materials of 86 International scientific conference of young scientists and students "Youth scientific achievements to the 21st century Nutrition problem solution".

It was considered the problems of improving existing and creating new energy and resource saving technologies for food production based on modern physical and chemical methods, the use of unconventional raw materials, modern technological and energy saving equipment, improve of efficiency of the enterprises, and also the students research work results for improve quality training of future professionals of the food industry.

The publication is intended for young scientists and researchers who are engaged in definite problems in the food science and industry.

*Scientific Council of the National University of Food Technologies recommends for printing, Protocol № 9, 17.03.2020*

© NUFT, 2020

---

**Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті", 2–3 квітня 2020 р. – К.: НУХТ, 2020 р. – Ч.2. – 407 с.**

Видання містить матеріали 86 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті".

Розглянуто проблеми удосконалення існуючих та створення нових енергота ресурсощадних технологій для виробництва харчових продуктів на основі сучасних фізико-хімічних методів, використання нетрадиційної сировини, новітнього технологічного та енергозберігаючого обладнання, підвищення ефективності діяльності підприємств, а також результати науково-дослідних робіт студентів з метою підвищення якості підготовки майбутніх фахівців харчової промисловості.

Розраховано на молодих науковців і дослідників, які займаються означеними проблемами у харчовій науці та промисловості.

*Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 9 від 17 березня 2020 р.*

© НУХТ, 2020

## Scientific Committee

### **Chairman:**

Anatolii Ukrainets, dr., prof., Ukraine

### **Vice-Chairman:**

Oleksandr Shevchenko, dr., prof., Ukraine

Sergii Tokarchuk, dr., assoc. prof.,  
Ukraine

Aleksei Yermakov, dr., assoc. prof.,  
Belarus

Ana Leahu, dr., prof., Romania

Anatolii Ladaniuk, dr., prof., Ukraine

Anatolii Zaiinchkovskiy, dr., prof.,  
Ukraine

Anatolii Saiganov, dr., prof., Belarus

Cristina Popovici, dr., assoc. prof.,  
Moldova

Dumitru Mnerie, dr, prof., Romania

Galyna Polishchuk, dr, assoc. prof.,  
Ukraine

Galyna Simakhina, dr., prof., Ukraine

Georgiana Codina, dr., prof., Romania

Igor Elperin, dr., prof., Ukraine

Igor Kirik, dr., assoc. prof., Belarus

Jasmina Lukinac, dr., assoc. prof., Croatia

Mircea Oroian, dr., prof., Romania

Nadiia Levytska, dr., prof., Ukraine

Nusrat Kurbanov, dr., assoc. prof.,  
Azerbaijan

Oksana Medvedieva, Ukraine

Oleksandr Seriogin, dr., prof., Ukraine

Oleksandr Gavva, dr., prof., Ukraine

Ruslan Adil Akai Tegin, dr., Kyrgyzstan

Serhii Baliuta, dr., prof., Ukraine

Serhii Vasylenko, dr., prof., Ukraine

Sonia Amariei, dr., prof., Romania

Stanka Damianova, dr., assoc. prof.,  
Bulgaria

Stefan Stefanov, dr., prof., Bulgaria

Svitlana Bondarenko, dr., prof., Ukraine

Tamar Turmanidze, dr., assoc. prof.,  
Georgia

Tetiana Pyrog, dr., prof., Ukraine

Tomasz Bernat, dr., prof, Poland

Valerii Myronchuk, dr., prof., Ukraine

Vladimir Pozdniakov, dr., assoc. prof.,  
Belarus

Victor Dotsenko, dr., prof., Ukraine

Vladimir Litvyak, dr., Belarus

Volodymyr Kovbasa, dr., prof., Ukraine

Volodymyr Zavialov, dr., prof., Ukraine

Henk Donners, Netherlands

Huub Lelieveld, Netherlands

Yevgen Shtefan, dr., prof., Ukraine

Zhanna Koshak, dr., assoc. prof., Belarus

### **Organizational committee**

Oleksandr Shevchenko, dr., prof., Ukraine

Natalia Akutina, Ukraine

Oleksii Gubenia, dr., assoc. prof., Ukraine

Anna Gryschenko, dr., assoc. prof., Ukraine

Oleg Galenko, dr., assoc. prof., Ukraine

Mychailo Arych, dr., assoc. prof., Ukraine

Oleh Bortnichuk, Ukraine

Roman Gryschenko, Ukraine

Oleksandr Liulka, dr., assoc. prof., Ukraine



## Науковий комітет

### Голова:

Анатолій Українець, д.т.н., проф.,  
Україна

### Заступники голови:

Олександр Шевченко, д.т.н., проф.,  
Україна

Сергій Токарчук, к.т.н., доцент,  
Україна

Алексей Єрмаков, к.т.н., доц., Беларусь

Ана Леаху, д-р, проф, Румунія

Анатолій Ладанюк, д.т.н., проф.,

Україна

Анатолій Зайнчковський, д.е.н., проф.,

Україна

Валерій Мирончук, д.т.н., проф.,

Україна

Віктор Доценко, д.т.н., проф., Україна

Владимір Поздняков, к.т.н., доц.,

Беларусь

Владимір Літвяк, д.т.н., Беларусь

Володимир Зав'ялов, д.т.н., проф.,

Україна

Володимир Ковбаса, д.т.н., проф.,

Україна

Галина Поліщук, д.т.н, доцент, Україна

Галина Сімахіна, д.т.н., проф., Україна

Георгіана Кодіна, д-р, проф, Румунія

Думітру Мнеріс, д-р, проф., Румунія

Євген Штефан, д.т.н., проф., Україна

Жанна Кошак, к.т.н., доц., Беларусь

Ігор Ельперін, к.т.н., проф., Україна

Ігор Кірік, к.т.н., доц., Беларусь

Крістіна Попович, к.т.н., доц., Молдова

Лада Шірінян, д.е.н., проф., Україна

Мірча Ороян, д-р, проф, Румунія

Нусрат Курбанов, к.т.н., доц.,

Азербайджан

Оксана Медведєва, Україна

Олександр Серьогін, д.т.н., проф.,

Україна

Олександр Гавва, д.т.н., проф., Україна

Руслан Аділ Акай Тегін, д-р,

Киргизстан

Світлана Бондаренко, д.хім.н., доц.,

Україна

Сергій Балюта, д.т.н., проф., Україна

Сергій Василенко, д.т.н., проф., Україна

Соня Амарей, д-р, проф, Румунія

Станка Дамянова, д-р, доц., Болгарія

Стефанов Стефан, д-р, проф., Болгарія

Тамар Турмандізе, д-р., Грузія

Тетяна Пирог, д.б.н., проф., Україна

Томаш Бернат, д-р, проф, Польща

Хенк Доннерс, д-р, Нідерланди

Хууб Лелівелд, д-р, Нідерланди

Ясміна Лукінак, д-р, доц., Хорватія

### Організаційний комітет

Олександр Шевченко, д.т.н., професор

Наталія Акутіна, провідний інженер

Олексій Губеня, к.т.н., доцент

Михайло Арич, к.е.н., доцент

Роман Бортнічук, к.т.н, старший викладач

Олег Галенко, к.т.н, доцент

Роман Грищенко, асистент

Олександр Люлька, к.т.н, доцент

## Content

<b>14. Equipment of food, biotechnology and pharmaceutical production</b>	8
14.1 Machines and apparatus for food, pharmaceutical and biotechnological productions	9
14.2 Technological equipment and computer design technology	63
<b>15. Mechanical engineering, reliability and durability of food production equipment</b>	95
<b>16. Machines and technologies for packaging</b>	111
<b>17. Processes and apparatus of food productions</b>	145
<b>18. Physical and mathematical principles of technological processes</b>	168
18.1 Physics	169
18.2 Higher mathematics	192
<b>19. Chemistry and chemical technology</b>	216
19.1 Chemistry	217
19.2 Chemical technology	250
<b>20. Energy and resource saving technologies</b>	299
<b>21. Power equipment, heat and power systems of industry enterprises</b>	310
21.1 Industrial power	311
21.2 Electricity industry	333
21.3 Electrical engineering	354
<b>22. Automation and computer-integrated technologies</b>	364
22.1 Automation and computer-integrated technologies	365
22.2 Information technology	381

## Зміст

<b>14. Обладнання харчових, біотехнологічних та фармацевтичних виробництв</b>	8
14.1 Машини і апарати харчових, фармацевтичних та біотехнологічних виробництв	9
14.2 Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування	63
<b>15. Машинобудування, надійність та довговічність обладнання харчових підприємств</b>	95
<b>16. Машини та технології пакування</b>	111
<b>17. Процеси та апарати харчових виробництв</b>	145
<b>18. Фізико-математичні основи технологічних процесів</b>	168
18.1 Фізика	169
18.2 Вища математика	192
<b>19. Хімія та хімічні технології</b>	216
19.1 Хімія	217
19.2 Хімічні технології	250
<b>20. Енерго- і ресурсощадні технології</b>	299
<b>21. Енергетичне обладнання, системи тепло-електропостачання промислових підприємств</b>	310
21.1 Промислова теплоенергетика	311
21.2 Електропостачання промислових підприємств	333
21.3 Електротехніка	354
<b>22. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології</b>	364
22.1 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології	365
22.2 Інформаційні технології	381

# Section 14

**Equipment of food, biotechnology  
and pharmaceutical production**

# Секція 14

**Обладнання харчових,  
фармацевтичних та  
біотехнологічних виробництв**

# 14.1.

## **Machines and apparatus of food, pharmaceutical and biotechnological production**

**Chairperson – associate professor Sergii Udodov**

**Secretary – Lesia Martsynkevych**

# 14.1.

## **Машини і апарати харчових, фармацевтичних та біотехнологічних виробництв**

**Голова – доцент Сергій Удодов**

**Секретар – Леся Марцинкевич**

## 1. Optimal structural and operational parameters of the operation of a vibropneumatic separator for the rapeseed by specific gravity

Vladimir Pozdnyakov, Sergey Zelenko  
*Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus*

**Introduction.** The efficiency of crop production depends on compliance with the technology of cultivation of the crop and the quality of the seeds used for sowing. Improving the quality of seed is one of the key issues in seed production. The most economical way to improve the quality of the seed at the pre-sowing stage is to sorting the seeds by specific gravity in the fluidized bed at the installations of the vibropneumatic principle of operation.

**Materials and methods.** In accordance with the purpose and objectives of the research, the research has been carried out in the following directions: development and creation of an experimental installation for studying the process of separating (sorting) rapeseed by specific gravity; determination of the optimal operating-structural parameters of the developed vibropneumatic separator.

**Results and discussion.** On the basis of a graphical method for optimizing the structural and operational parameters of the developed vibropneumatic separator, the optimal parameters of the process of sorting rapeseed by specific gravity is determined from the point of view of ensuring the maximum process efficiency:

- the amplitude of oscillation of sieve 2.5 mm,
- sieve oscillation frequency 19.5 Hz,
- air velocity 1.2 m/s,
- sieve tilt angle 2.6 deg.

These operating and design parameters of the vibropneumatic separator are recommended for use in pre-sowing preparation of rapeseed with a high yield potential. This will increase the yield of rapeseed depending on the quality of the seeds by 10–15% (subject to a high level of cultivation technology).

Evaluation of the effectiveness of the refinement of rapeseed on a vibropneumatic separator was confirmed under production conditions on the experimental fields of the Belarussian agrarian enterprise “Radavoie gniazdo” (variety “Vadalič”) and Scientific-practical center of Belarus for Agriculture (variety “Nioman”). Sowing with modified seeds allowed to increase the yield of rapeseed compared to the control batch by 16.5 (variety “Vadalič”) and 13.4% (variety “Nioman”).

**Conclusions.** For the first time, optimal parameters of the developed vibropneumatic separator have been determined for rapeseed, providing the maximum technological efficiency of the process of sorting rapeseed by specific gravity: amplitude of the sieve vibration 2.5 mm; sieve oscillation frequency 19.5 Hz; air flow rate 1.2 m/s; sieve tilt angle of 2.6 degrees. The use of these parameters in the pre-sowing refinement of rapeseed will increase the productivity of the cultivated crop and, accordingly, economic indicators.

### References

1. Vladimir Pozdnyakov, Sergei Zelenko (2013), The mathematical description of grain weight with gravity separator's constructive elements, *Ukrainian food journal*, 2(2), pp. 221-229.
2. Marian Panasiewicz, Paweł Sobczak, Jacek Mazur, Kazimierz Zawiślak, Dariusz Andrejko (2012), The technique and analysis of the process of separation and cleaning grain materials, *Journal of Food Engineering*, 109(3), pp. 603-608.

## 2. Measuring complex of the temperature field of minced meat products

Marina Smagina, Alexander Zheludkov, Sergey Akulenko  
*Mogilev State University of Food Technologies, Mogilev, Republic of Belarus*

**Introduction.** An urgent task is to study the process of heating minced meat in direct contact with the heating medium. In this connection, the shape and size of the product must correspond to a one-dimensional body.

**Materials and methods.** After carrying out theoretical calculations, it was decided to perform a cylindrical product with dimensions  $d \times h = 57 \times 300$  mm. the ratio of the diameter to the length of the cassette is equal to or exceeds the multiplicity of 5. The calculations show that with this ratio, the heating from the ends will have almost no effect on the heating of the central layers and the resulting product can be considered as an infinite (unlimited) cylinder. In this connection, the product radius (28...29 mm) allows you to warm up the product for a long enough period to obtain correct data.

**Results.** For carrying experimental studies of the heating process of minced products, an experimental installation has been developed. The experimental setup is based on the UNOX-203G injection steam-convective furnace (Italy). This unit is a typical representative of modern steam convection furnaces. The obtained research results can be applied to the entire range of frying and baking machines with forced circulation of the heating medium.

Medical gauze with cell sizes of  $2 \times 1$  mm and a tissue density of  $35 \text{ g/m}^2$  is used for research. When stuffing with minced meat, the gauze was stretched, the size of the cells increased and exceeded the original ones. In the product obtained in this way, the minced meat is directly in contact with the heating medium, since the gauze cells are very large in relation to the threads.

The bag is placed in a special cassette, which is a welded frame structure made of thin metal rings connected on both sides by rods. The internal dimensions of the cassette are  $57 \times 300$  mm, formed by a solid base, four rings with a cross section of 2.5 mm and connected by two rods with a cross section of 4 mm. Metal rings and rods occupy less than 3% of the cassette area and do not have a noticeable effect on the heating process of the workpiece.

For rigid fixation of thermocouples, ensuring accuracy of installation and eliminating knocking down of the head, a special design for mounting thermocouples has been developed. This thermocouple mounting design consists of a platform with welded thin rods. When mounting, the thermocouple head extends beyond the rods by 2...3 mm.

Experimental studies were conducted on the developed stand. Calculations of the heating process of a cylindrical workpiece were performed using mathematical regularities of non-stationary thermal conductivity for one-dimensional bodies. The results of the calculation were compared with the results of experimental studies. The deviation of the experimental results from the calculated data is from 1.49 to 4.44 % at different temperatures of the heating medium and does not exceed an error of 5 %.

**Conclusions.** The design of the measuring complex of the temperature field of minced meat products has been developed. Experimental studies with high convergence with the calculated data were carried out.

### 3. Energy characteristics of the ultrafine grinding process in a laboratory bead mill

Kateryna Hrininh, Ruslan Hordeichuk, Oleksii Gubenia, Volodymyr Telychkun  
*National University of Food Technology, Kyiv, Ukraine*

Stanka Damyanova  
*Ruse University "Angel Kanchev", Razgrad Branch, Bulgaria*

**Introduction.** The purpose of the study is to determine the excess energy consumption of the grinding process of the bead-product system.

**Materials.** Castor oil pharmaceutical – vegetable oil from the fruitage of castor ordinary. Pigment red 120 iron oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), powdery material of red-brown color, humidity less than 1%. Bulk density 1–1,1 g/cm<sup>3</sup>. Density of 5.0–5.1 g/cm<sup>3</sup>. The shape of the particles is spherical. The preferred particle size is 0.11  $\mu\text{m}$ . Used laboratory bead mill. The working body consists of a shaft on which 4 disks with 4 symmetrically located slots with a diameter of 1 cm are fixed. Working bodies - glass beads with a diameter of 2 mm. Rotor speed 1350 rpm. The readings of the devices are removed for 62 minutes. The weight of the product was 250 grams (50 g pigment and 200 g oil), and the flow rate of cooling water was 0.0083 kg/s.

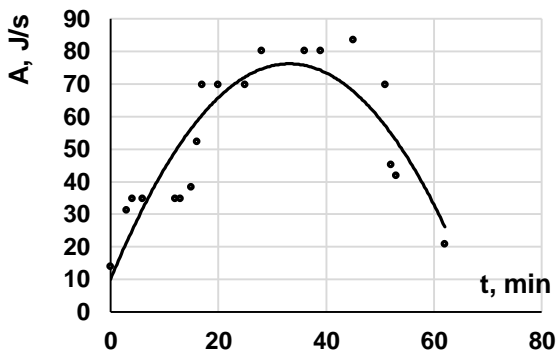


Fig. 1. Excessive energy consumption during the experiment

**Results and discussion.** At the beginning of the experiment, the temperature, and therefore the energy, increases smoothly as the primary agglomerates and large fractions of the solid fraction are destroyed. Further, there is an increase due to the increase in the surface area of the newly created surface, the increase in the viscosity of the system and, accordingly, the excess energy for grinding. At the end of the experiment, the energy consumption goes out, the

suspension is already crushed, and there remains constant energy released during the friction of the working bodies (beads) against the walls of the chamber and working bodies.

The specific energy of the whole experiment was calculated by the formula  $\int_{t_0}^{t_k} q(t)dt$  and is numerically equal to  $Q_{\text{specific}} = 1,615 \times 10^3 \text{ J}$ .

#### References

1. Hrininh K., Hordeichuk R., Gubenia O. (2018), Investigation the process of superfine grinding of components of pharmaceutical and cosmetic products on the bead mill, *Proceedings of University of Ruse*, 57(10.3).
2. Hrininh K., Hordeichuk R., Gubenia O. (2018), Comparative analysis of existing equipment for superfine grinding and investigation the process of superfine grinding on the bead mill suspension of titanium dioxide and quinacridone red, *Ukrainian Journal of Food Science*, 6(1), pp. 82–94.
3. Mende S. Rapl M. (2014), Mill performance matched to the task. Throughput enhanced by optimizing cooling and disc configuration, *European Coatings Journal*, 12, pp. 88–91.



#### 4. Research on the use of unconventional raw materials in the production of beer

Mircea Şestac, Marius Ciocan, Adriana Dabija

*Ştefan cel Mare University of Suceava, Faculty of Food Engineering, Suceava, Romania*

**Introduction.** Beer is one of the oldest known beverages in the world and at present the main alcoholic beverage consumed worldwide [1]. The conventional raw materials for making beer are malt, hops, water and brewer's yeast. It is estimated that about 85-90% of world-produced beer that is currently produced from other raw materials, besides the traditional ones: barley malt or wheat malt [2, 3]. The main objective of this study was to use the unconventional raw materials that have been previously developed to brew a beverage similar in aroma, taste and mouthfeel to black beer.

**Materials and methods.** Black beer was obtained according to a conventional method of obtaining beer with following main operations: mashing, filtration, boiling, cooling, fermentation, maturation, pasteurization and bottling. In the manufacturing recipe, brown malt has been replaced with acorn flour and Jerusalem artichoke flour. It is also used a molasses content of 50% sucrose to increase the raw beer extract. For fermentation is used a bottom-fermenting yeast of *Saccharomyces carlsbergensis* species. The fermentation temperature was maintained at 10 °C for 6 days. Then, after cooling down to 2° C, the yeast was discharged from the bottom of the vessel. The maturation lasted for 10 days. At the end of maturation, the beer was analyzed from the sensorial and physicochemical point of view in accordance with EBC-methods: colour, pH, total acidity, foam stability, content in CO<sub>2</sub>, apparent fermentability and alcohol concentration. For the analysis of beer - finished product was used the apparatus Anton Paar. The physico-chemical indicators of the black beer obtained were compared with those of a black beer on the Romanian market.

**Results and discussion.** Four variants of the finished product have been developed to optimize sensory and physico-chemical characteristics. Thus, the ratio between acorn flour, Jerusalem artichoke flour and molasses was: variant 1 - 0.5:1.5:1; variant 2 - 1: 1: 1; variant 3- 1:1.5: 0.5; variant 4 - 1.25:1.25:0.5. The black beer obtained in all 4 experimental versions is a beer with an alcoholic concentration between 7.08% and 8.17%, with a high degree of final fermentation, with values between 73.35% for variant 2 and 85.92 % for variant 4. The variant that met from the point of view of sensory analysis the highest score was variant 4.

**Conclusions.** The new assortment of beer proposed is a black beer, obtained on the basis of an innovative manufacturing recipe, which uses as alternative raw materials to malt of barley or wheat, acorn flour, Jerusalem artichoke flour and molasses. The finished product presents great sensorial qualities, a freshly roasted coffee flavor, a fruity taste, bittersweet, with shades of green nuts and an unmistakable freshness. The analytical data obtained with the acorn and Jerusalem artichoke flour were comparable to conventional black beer, which acted as a control.

#### References

1. Schnitzenbaumer, B., Arendt, E. K. (2014), Brewing with up to 40% unmalted oats (*Avena sativa*) and sorghum (*Sorghum bicolor*): a review, *Journal of the Institute of Brewing*, 120(4), 315-330
2. Bogdan, P., Kordialik-Bogacka, E. (2017), Alternatives to malt in brewing, *Trends in Food Science & Technology*, 65, 1-9
3. Rubio-Flores, M., Serna-Saldivar, S. O. (2016), Technological and engineering trends for production of gluten-free beers, *Food Engineering Reviews*, 8(4), 468-482.

## 5. APBSFC CEEPUS Network Sustainability Strategies

Cristina Popovici<sup>1</sup>, Jasmina Lukinac<sup>2</sup>, Marko Jukic<sup>2</sup>,

1 – Technical University of Moldova, Republic of Moldova

2 – Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia

**Introduction.** European heritage and identity are strongly associated with food, health and wellbeing of EU citizens. Moreover, food brings people together, thus promoting an active dialogue between people and cultures in a globalized world. Nowadays the EU food sector unites centuries of know-how in the area of food production, acting as a global benchmark. The importance of ensuring food production and the need for global action was highlighted when the world's Heads of State and Governments adopted the 2030 Agenda for Sustainable Development and at least nine of sustainable development goals are of direct food relevance.

**Network aim.** The main goal of the CEEPUS network "Adriatic-Pannonian-Black Sea Food Connect" (APBSFC) is to improve the international cooperation in education and research between CEEPUS partners in Central and South-Eastern Europe who conduct study programs in the fields of food technology, biotechnology and nutrition.

**Network partners:** In academic year 2019/2020 eight partner institutions from seven different countries are active participating units of the CEEPUS network: Bosnia and Hercegovina, Bulgaria, Croatia, Republic of Moldova, Republic of Macedonia, Romania, Serbia.

**Network objectives.** Establishment of sustainable mobility system for students and teachers among partners in the region of Central and South-Eastern Europe; Preparing students for a global food industry labour market; Providing possibilities for exchange and transfer of teaching and research experience; Fostering the cooperation between education, science and industry to improve and expand the content and structure of existing study programmes at all partner universities; Improvement of relations between the partners through various types of mobility; Developing the official joint thesis supervision program (Thèse en cotutelle) between partners and establishing formal agreements to suit the needs and interests of participating institutions.

**Methodology.** APBSFC network serves as a tool to assure cross-border cooperation and contribute to overall excellence and visibility of partner's institutions in Europe and lead to utilization of its academic potentials and establishment of efficient funding mechanisms. Students and teachers involved in the CEEPUS mobility exchange program within APBSFC network benefit from association of the educational and research techniques, equipment, and resources available in partner's institutions, as well as from local industrial/public sector contribution in partner countries. Network also serves as a creative forum for discussion and recognition of common problems in education, research and management at partner's institutions.

**Network results:** APBSFC network has many advantages. Since there are offered different types of students and teachers mobilities, the partner universities pool their resources, thus improving network sustainability. Teaching, research and professional activities in cross-border cooperation provides significant results, which will be implemented in the food industry sector, thus contributing to economy growth with social and regional benefits. The success of CEEPUS networks has been already documented in Europe.

**Acknowledgments.** This work was done in the framework of Central European Exchange Program for University Studies under CEEPUS Network No. **CIII-HR-1404-01-1920** "Adriatic-Pannonian-Black Sea Food Connect", coordinated by Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia.

### References

Long Program Description of the CEEPUS network No. CIII-HR-1404-01-1920 "Adriatic-Pannonian-Black Sea Food Connect", 2019.

## 6. Improvement of process and equipment for homogenization of ointments and pastes

Sviatoslav Mykhailyshyn, Kateryna Hrininh, Uliana Kuzmyk, Oleksii Gubenia  
*National University of Food Technology, Kyiv, Ukraine*

Stanka Damyanova  
*Ruse University "Angel Kanchev", Razgrad Branch, Bulgaria*

**Introduction.** Analytical and experimental studies have been conducted to improve the process of homogenization of the components of soft drugs and cosmetics.

**Materials and methods.** Analytical studies based on the analysis of modern scientific, information literature, patent bases, as well as public information of manufacturers of pharmaceutical and cosmetic products. The experimental studies consisted of determining the rheological parameters of soft drugs and cosmetics, in particular ointments and toothpaste, on a Reotest 2.0 viscometer. The energy parameters of the homogenization process are determined taking into account the results of studies based on known criteria.

**Results and discussion.** The main advantages and disadvantages of the available process theory and equipment for homogenization of emulsions - ointments, pastes and components of cosmetics are determined. The main disadvantages of the available equipment:

- Low efficiency of mixing and partitioning of the emulsion particles, and as a consequence - poor performance;
- Presence of stagnant areas where the product is not homogenized;
- Insufficient data on the rheological parameters of the investigated products and operating parameters of the equipment.

The rheological properties of liquid medicines and cosmetics were investigated. It was found that the shear stress with increasing shear rate initially increases, at high shear rates it increases more slowly, that is, the viscosity decreases. However, the viscosity of some gels in the studied range of shear rates decreases slightly. The viscosity of all tested products decreases with increasing temperature. The viscosity of toothpastes decreases slightly with increasing temperature, which is explained by their water base compared to oily for most ointments. The obtained data are confirmed by the results of other researchers on similar products, and allow to calculate the drive power of homogenizers at the design stage.

The modernization of the homogenizer consists in the installation of a turbine mixer and an external circulation circuit. This reduced the homogenization time from 4 to 1 hour and, accordingly, increased productivity.

**Conclusion.** The scientific novelty of the results is to obtain a number of dependences of the viscosity of ointments and pastes on the shear rate and temperature. The practical value is to improve the design of the homogenizer and, accordingly, to reduce the time of homogenization.

## **7. Using the method of gravitational penetration for determination of consistency of concentrated dispersed systems**

Victor Goots, Olga Koval, Svitlana Bondar

*1 – Kyiv National University of Culture and Arts, Kyiv, Ukraine*

*2 – National University of Food Technology, Kyiv, Ukraine*

*3 – Institute of Food Resources of the National Academy of Agrarian Science, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Analytical and experimental studies consistency dispersion systems of the new method – gravitational penetration.

**Materials and methods.** Dispersion systems – pate meat products from mechanically separated poultry are being investigated. The consistency was determined by gravity penetration. Penetration indices are determined on the basis of mathematical modeling of indenter motion in the product layer based on second order differential equations of motion.

**Results and discussion.** The proposed method for determining consistency is easy to use. The presented calculus dependencies and mathematical models are based on physical constants, which makes the method of gravitational penetration versatile for wide practical application in estimating the quality of food by the express method. The presented mathematical model obtained based on the second-order differential equations, suitable for different research and use me different designs gravitational penetrometer.

To perform a comparative analysis of the consistency of food products obtained from different technological modes or formulations, it is proposed to use a comparative characteristic in the form of a coefficient K. Its value is calculated as the ratio of the depth of immersion of the needle into the product layer when falling penetrometer from one height.

The highest rates were pate sample containing 40% of mechanically separated poultry meat and 8% of rice flour, and the smallest, pate sample, containing 30% mechanically separated poultry meat and 10% of rice flour.

**Conclusion.** Defining the method of gravitational penetration extends the possibility of obtaining accurate results in comparison with the use of existing methods and a priori formulas.

### **References**

1. Victor Goots, Olga Koval, Svitlana Bondar (2019), Determination of consistency of concentrated dispersed systems by the method of gravitational penetration, *Ukrainian Journal of Food Science*, 7(2), pp. 217-225
2. Ahmed J., Ptaszek P. & Basu S. (Eds.), (2017), *Advances in food rheology and its applications*, Woodhead Publishing.
3. Chen J. & Rosenthal A. (Eds.), (2015), *Modifying Food Texture, Volume 2, Sensory Analysis, Consumer Requirements and Preferences*, Woodhead Publishing.
4. Goots V., Gubenia O. (2013), Rheodynamical simulation of mechanical systems, The Second North and East European Congresson Food: Book of Abstracts, NUFT, Kyiv, p. 45.

## 8. Original approaches for improving quality and safety characteristics of spirituous products

Iryna Dubovkina

*Institute of Engineering Thermophysics of National Academy  
of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Ethanol is the kind of spirits that over two billion people use every day. This kind of spirits is produced by the fermentation of yeast, sugars, and starches. Ethanol is toxic. Many foods contain ethanol. Improving the safety and quality of such products is an important task.

**Materials and methods.** Aquatic solutions, aqua-ethanol mediums in a wide range of concentration were used for experimentation investigations. Percentage of ethanol in aqua-ethanol mediums was varied from 5 to 95%. Aquatic solutions gave in to processing by physical influence before the technological process of production aquatic solutions, aqua-ethanol mediums. Aqua treatment and obtaining process was spent in the condition of the physical influence. The analytical chemistry and chemical methods were used for the researches physical and chemical parameters of the aqua-ethanol mediums.

**Results and discussion.** The greatest significant variations in technology and equipment of food and processing manufactures it is possible to reach by application of new nonconventional and alternative methods and ways of physical influence for an intensification of technological processes.

The effects of analytical computation and mathematical modelling, statistical experiment have given the possibility to calculate basic design data of devices which influence on intensification of carrying out of obtaining processes for aqua-ethanol mediums, and also processing for the purpose of change of physical and chemical parameters and structural transformations.

On the received data experimental stands have been collected and ordinary investigations in laboratory and manufacturing conditions are conducted. Throughout processing of aquatic solutions and obtaining process of the aqua-ethanol mediums in the conditions of linear speeds of the first rotor is 21,5 m/s and the second rotor is 23,5 m/s.

The pressure of shift of a stream for the first rotor is 215 Pa and for the second rotor is 235 Pa. The speeds of shift of a stream for the first rotor is  $2,0 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$  and for the second rotor is  $2,5 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ . The speed of rotary motion of the rotors is  $n = 50 \text{ sec}^{-1}$ .

For carrying out of obtaining processes for aqua-ethanol mediums, give in to processing for the duration of singular time from 1second to 150 seconds.

Through researches the potential of hydrogen of the aquatic solutions prepared on standard technology of the distillery and treated by physical influence has raised on 15%. Employment the method of physical influence in technology of receiving of aqua-ethanol mediums allows receiving the activated aquatic solutions with the certain physical properties and parameters, assured value of a potential of hydrogen.

Carrying out of obtaining processes for aqua-ethanol mediums in continuous approach is giving the possibility to decrease reduction-oxidation potential on 25-55%. A value of reduction-oxidation potential is in the course of processing by physical influence in aqua-ethanol mediums depending on processing time.

**Conclusions.** The results of the experimental researches is established that using of no reagent methods of physical influence is of current interest and perspective for consciousness of control on physical and chemical parameters, properties and the structural organization for the purpose of an intensification of obtaining process of the aqua-ethanol mediums.

## 9. Improvement of process and equipment for long bread products cutting

Dmytro Pupkov, Mariia Alipatova, Oleksii Gubenia, Volodymyr Telychkun  
*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** The aim of research - to improve the process and equipment for cutting of long bread products with cutting elements, rotating around a fixed axis.

**Materials and methods.** Analytical research was conducted on the basis of analyzes of educational, scientific and reference literature and open information of leading baking equipment manufacturers. Experimental studies were performed on the installation with a disc knife at a constant speed of product feed. The friction stress was determined on an experimental installation with a moving disk at a sliding speed 1–6 m/s, using the plan of a full factorial experiment.

**Results.** Improving the design of the cutting mechanism is that the knife rotating around the fixed axis is made in the form of a spiral coil, which has a variable diameter. The minimum difference of diameter is equal to the height of the piece of the cut product, and the displacement of the spiral coil relative to the plane of rotation is equal the thickness of a piece of product.

The friction stress varies from 0.2 to 1 kPa, with the increase of the sliding speed and specific load the friction stress increases, and with the increase in the time of bread keeping - decreases.

With increasing the temperature of bread from 20 to 100°:

- The specific work of cutting with a flat disc knife varies from 1.7 to 3.8 kJ/m<sup>2</sup>, with a notched disc knife – from 2.1 to 3.9 kJ/m<sup>2</sup>;
- The rational feed speed of bread when a flat disc knife is used varies from 60 to 35 mm/s, and when a notched disc knife is used - from 110 to 50 mm/s, while the good quality parameters of cutting is insured.

**Conclusion.** With certain rational values, and using the developed design of the cutting machine with a spiral knife, we can cut fresh long bread products with high productivity, quality, and low energy cost.

### References

1. Bogdan Lukianenko, Oleksii Gubenia (2015), Imbunatatirea procesului de taiere a produselor alimentare lungi, *The international Conference for Students "Student in Bukovina", 7-9 May 2015, Suceava, Romania, Book of abstract*, p. 10.
2. Lukianenko B., Gubenia O., Telichkun V. (2012), Input analysis of energy at operation the bread slicing machine, *Journal of food and packaging Science, Technique and Technologies*, 1(1), pp. 42–47.

## 10. Improvement of the process of water softening by the method of ion exchange and reconstruction of the water treatment section of the pharmaceutical enterprise

Sergii Borysovets, Sergii Lynnyk, Oleksii Gubenia  
*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Research have been conducted to improve the process of water softening by the ion exchange method for the production of herbal medicinal product.

**Materials and methods.** The process of artesian water softening by ion exchange using ECOSOFT ECOLITE and HCR-S/S FF ion exchange resins is being investigated. An experimental stand with an ion exchange column was used. Water hardness analysis of water was performed in laboratory conditions of pharmaceutical enterprise "Pharmak". The justification and comparison of the obtained data is made on the basis of modern scientific articles presented in recognized scientometric databases.

**Results and discussion.** One volume of the ion exchange resins under study is capable of qualitatively purifying about 40–60 volumes of artesian water, which comes to softening with a total hardness of about 5.5 mg-eq/dm<sup>3</sup>, and after softening its stiffness was within the acceptable range of 0.5–1 mg-eq/dm<sup>3</sup>.

Approximately after the passage of 50 volumes of water, the quality of the process decreased immediately, and the initial rigidity was 5–6 mg-eq/dm<sup>3</sup>, which indicated the need for resin regeneration.

ECOSOFT ECOLITE resin showed a relatively longer inter-regeneration period compared to HCR-S/S FF resin.

Approximately, after 1600 regenerations (in production conditions — after 3–5 years of operation of the ion-exchange apparatus), the inter-regeneration cycle decreased by 2–2.5 times. This indicates the inappropriateness of further operation of the ion exchange resin, as the cost of salt increases and the time for regeneration increases. Artesian water has a higher rigidity compared to the water supply in the city network, so it is proposed to install a two-column ion-exchange apparatus in the initial stage of water purification for its softening. This will improve the operating conditions of the entire line, including the ultrafiltration and reverse osmosis section.

Existing ion-exchange devices have stagnant zones. During the replacement of the resin by its color, it is noticeable that in some areas it did not fully use its resource. It is proposed to upgrade the apparatus by installing a collector to evenly fill the entire volume of the resin.

**Conclusion.** The scientific value of the results is the obtained dependence of the water hardness on the duration of use of ion exchange resin and the dependence of the inter-regeneration cycle on the number of regenerations. Practical value is to improve the operation of the water treatment site, eliminate stagnant zones and rational use of resins in the ion exchange apparatus.

## 11. Effect of product structure on the energy consumption of the cutting process

Mariia Alipatova<sup>1</sup>, Felix Steiner<sup>2</sup>

1 – National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

2 – Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Nurnberg, Germany

**Introduction.** The effect of product structure on cutting force was studied.

**Materials and methods.** Homogeneous products were studied – meat, vegetables (potatoes, beets, carrots), model bodies (foam), and non-uniform multilayer products (meat with shell) and model bodies – foam with PVC sheath. Cutting was carried out at a constant speed of 0.2 mm / s, with different orientation of the layers relative to the movement of the blade. Cutting force was determined on the pendulum-type experimental stand, and using mathematical models of blade motion in the product [1].

**Results.** For homogeneous products, the cutting force is approximately proportional to the speed of the knife, and for more multilayered products a more complex pattern is obtained (Fig. 1). If a thin strong layer of multilayer products (meat with wiry layers, model body – foam with a polymer film sheath) is cut with a blade at the beginning, then a thin strong layer does not significantly affect the cutting force, changing the force during the blade passing through the thin layer does not significant and not registered devices. If a thin solid layer is cut at the end of the cutting, there is a rapid increase in the cutting force at the time of approaching the shell (curves 1, 2).

The results are explained so – if a strong layer of other material is placed at the edge of the blade, it does not allow it to deform to the surrounding layers.

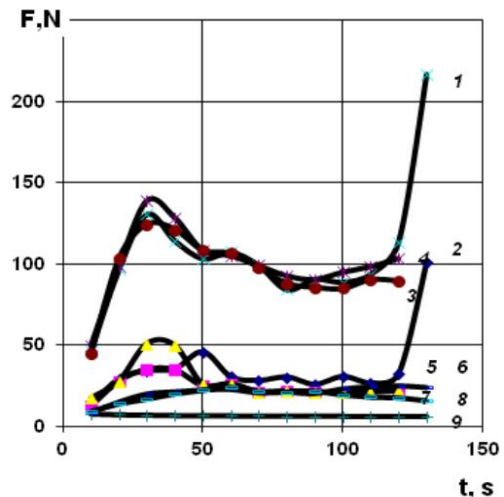
Since the blade still deforms the material by its thickness, the effort of compressing the blade at the interface of the layers increases significantly. Accordingly, the friction force and the overall resistance of the blade movement increase.

Therefore, when cutting multilayer products, it is advisable to first cut the shell, then the main part of the product. This is how we save energy for cutting and ensure the highest quality of the cut, without distortion and deformation.

**Conclusion.** The proper orientation of the layers of the multilayer product relative to the movement of the blade can reduce energy consumption and improve cutting quality.

### References

1. Goots V., Gubenia O., Lukianenko B. (2013), Modeling of cutting of multilayer materials, Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies, 2(3), pp. 294–298



**Fig. 1. Changing cutting effort in time.** Products:  
1 – Meat with vein at the edge of the blade;  
2 – meat with vein at the entrance of the blade;  
3 – meat without vein; 4 – model body – foam with a shell at the edge of the blade; 5 – model body – foam with a shell at the blade entrance; 6 – foam without shell; 7 – potatoes; 8 – carrots; 9 – beet.



## 12. Household solid fuel boiler with vortex generator

Dmytro Ryndiuk, Inna Bednarska

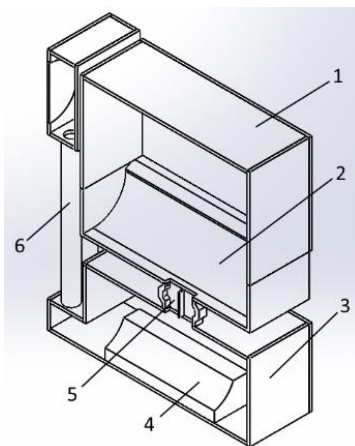
*National Technical University of Ukraine*

*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Due to the increase in the price of natural gas, the problem of heating is getting more and more attention. It is economically feasible to use biofuels as an alternative to gas boilers.

**Materials and methods.** Research aimed at modernizing the structural and technological parameters of solid fuel pyrolysis boilers (SFPB) is an urgent problem. Pyrolysis boilers in today's heating equipment market have long ceased to be new. However, many pyrolysis solid fuel boilers have one important drawback, which is the unstable combustion process resulting from poor mixing of the gas and air due to imperfect air supply. The authors have considered the designs and taken into account the basic design features of TPPK: gas-generating chamber, which is loaded into the fuel and where the pyrolysis process takes place, combustion chamber, where the pyrolysis gas combustion takes place, heat exchanger, gas burner.

**Results.** In order to improve and stabilize the combustion process, it is proposed to make a number of upgrades to the SFPB design, namely to install vortices, which are made in the form of a trapezoidal recess in the side walls of the burner and a stabilizing partition that promotes vortex formation.



**Figure 1. Household solid propellant pyrolysis boiler with vortex generator and stabilization partition.**

In Fig. 1 depicts a household solid propellant pyrolysis boiler 1 with a pyrolysis chamber 2, a combustion chamber of a gas generator 3, a flame arrester 4, a heat exchanger 6 and a burner 5 with a vortex generator and a stabilizing partition.

**Conclusions.** Due to the presence of trapezoidal recesses, vortex formation occurs with the appearance of stable turbulent vortex structures of gas and secondary air flows, providing a qualitative mixture with the appropriate level of concentration of fuel and oxidant.

### 13. Computer simulation of the burner of a modernized household solid fuel boiler with a vortex generator

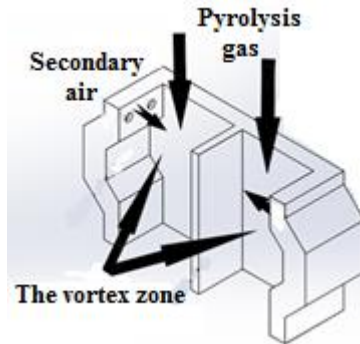
Dmytro Ryndiuk, Inna Bednarska

*National Technical University of Ukraine*

*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

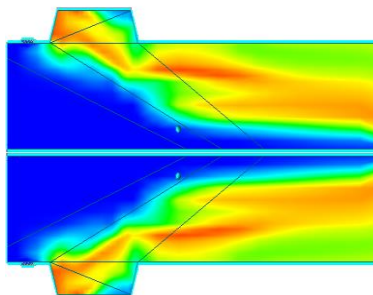
**Introduction.** The use of experimental physical models in the design practice is economically unprofitable, and the classical empirical dependencies and experimental experience traditionally used for design calculations do not allow to take full account of all technological and structural features of equipment and to quantify the mutual influence of structural and technological parameters of gases in the process of combustion.

**Materials and methods.** A simplified 3D model was created on the basis of the boiler Vissmann Vitolig 150. The basic design features of the burner with vortex builder and stabilization partition were taken into account (Fig. 1).



The simulation of the process of combustion of pyrolysis gas in the modernized burner of a household solid fuel pyrolysis boiler was carried out in the software program Flow Vision.

**Results.** Figure 2 presents the results of simulations into the types of temperature flux distribution, where vortex zones are clearly traced.



**Conclusions.** The obtained simulation results show the emergence of stable turbulent vortex flow structures that provide qualitative blend formation and hence stable combustion.

#### 14. Environmental indicators of household solid fuel boiler with with vortex generator

Dmytro Ryndiuk, Inna Bednarska

*National Technical University of Ukraine*

*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** The problem of ecological production of thermal energy is becoming more acute.

**Materials and methods.** It is worth noting that pyrolysis solid fuel boilers are not only economical and easy to use and maintain, but also, environmentally friendly.

**Results.** The essence of pyrolysis combustion is that under the influence of high temperature and in the absence of oxygen, the wood begins to decompose into a solid residue and the volatile part - pyrolysis gas. Pyrolysis of wood takes place at a temperature in the range of 250 - 750 degrees. It should be borne in mind that this process is exothermic in other words, it is characterized by the release of heat, thereby increasing the drying and heating of the fuel in the boiler. The pyrolysis combustion process is characterized by the formation of a small amount of ash and soot, which is why this equipment rarely requires cleaning and is so environmentally friendly.

In the proposed solid fuel pyrolysis boiler due to the presence of trapezoidal recesses, there is a vortex formation with the emergence of stable turbulent vortex structures of the flows of generator gas and secondary air, providing a qualitative mixture with the appropriate level of concentration of fuel and oxidant. This increases not only the torch stability, the intensity and efficiency of fuel combustion, the reliability of operation, the technical and economic performance of the equipment as a whole, but also the environmental performance.

The efficiency of the household pyrolysis boiler it is the ratio of useful heat used to produce hot water to the total heat of the boiler. To determine the efficiency used gas analyzer, which determined the chemical composition of the flue gases, and then calculated the efficiency of the boiler by the following formula:

$$\eta_k = 1 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6 \quad (1)$$

where  $q_2$ , is the heat loss, which is released with the products of combustion into the atmosphere;

$q_3$  - heat losses associated with incomplete chemical combustion;

$q_4$  - mechanical failure;

$q_5$  - losses due to external cooling;

$q_6$  - heat loss along with removal of slag from the boiler furnace.

It can be concluded that after modernization of the boiler, losses  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$  are reduced.

**Conclusions.** Therefore, the presence of a vaporizer in a solid propellant pyrolysis boiler provides a qualitative mixture with the appropriate concentration of fuel and oxidant, which in turn leads to a reduction of emissions of harmful substances after biomass burning and an increase in the efficiency of this boiler. Studies have shown that carbon dioxide will be emitted 6-7% less than conventional pyrolysis boilers. It can be seen from formula (1) that the boiler efficiency is increased by 2-4%, and  $\text{NO}_x$ , CO and  $\text{CO}_2$  emissions are reduced as  $q_2$  decreases.

## 15. Технологические параметры выпечки ржано-пшеничных хлебобулочных изделий в пароконвекционных аппаратах

Игорь Кирик, Татьяна Гуринова, Щербина Дарья  
*Могилевский государственный университет продовольствия, Республика Беларусь*

**Введение.** При изучении литературных источников установлено, что сведения о выпечке ржанных и ржано-пшеничных (РП) сортов хлеба в пароконвекционных аппаратах и ротационных печах практически отсутствуют, в то время как в ассортименте хлебобулочной продукции эти изделия занимают ведущее место.

**Материалы и методы.** В ходе работы изучено влияние технологических параметров теплоносителя в рабочей камере на качество РП изделий, а также были выбраны и обоснованы оптимальные режимы выпечки.

**Результаты.** Выпечку РП подовых изделий, полученных на жидкой закваске с завариванием части муки и на сброженной заварке в пароконвекционных аппаратах и ротационных печах следует проводить при температурах не выше 200-210°C, что делает процесс менее энергоемким и достаточно эффективным с точки зрения перехода теста в хлебный мякиш. Снижение температуры в камере до 200°C позволяет избежать круговых подрывов у нижней корки изделия.

Время выпечки РП подовых изделий зависит от температуры тестовой заготовки (ТЗ) после расстойки, технологии приготовления высококислотных полуфабрикатов, наличия дополнительных рецептурных компонентов в тесте, массы и формы изделия. Оптимальной температурой тестовой заготовки перед выпечкой является 29-31°C. При одинаковых режимах выпечки использование сброженной заварки увеличивает процент клейстеризованного крахмала и позволяет уменьшить время выпечки на 25-35% по сравнению с выпечкой ржано-пшеничного хлеба, приготовленного на жидкой закваске.

В неувлажненной атмосфере пекарной камеры, имеющей температуру 200-210°C, поверхностный слой ТЗ интенсивно прогревается, теряя при этом влагу. Это приводит к образованию уплотненной, твердой матовой верхней корки без блеска, к увеличению технологических затрат на упек. При применении увлажнения в пекарной камере скорость прогрева центра ТЗ увеличивается, при этом снижается скорость образования корки. Это способствует интенсификации процессов, связанных с переходом теста в мякиш. Наилучшими параметрами выпечки подовых РП хлебобулочных изделий являются температура воздуха в камере 200°C и его относительная влажность 45-60% на протяжении всего периода выпечки.

Для снижения энергозатрат и повышения эффективности техпроцесса определены оптимальные параметры пароувлажнения пекарной камеры в начальный и конечный периоды выпечки (с помощью программы Statgraphics выбрана методика организации проведения факторного эксперимента <sup>3</sup>). В качестве независимых факторов выбирались: пароувлажнение в начале выпечки и пароувлажнение в конце. В качестве параметров оптимизации принимали физико-химические показатели готового хлеба: удельный объем, упек, формоустойчивость, бальная оценка.

**Выводы.** Оптимальными параметрами выпечки РП хлебобулочных изделий, позволяющими получить хлеб с высокими качественными показателями, являются: температура воздуха в рабочей камере 200 °C; пароувлажнение (относительная влажность в камере 60%) 3 мин в начале процесса и 1 мин в конце. Удельные энергозатраты на процесс выпечки при этом составляют  $1,05 \times 10^6$  Дж/кг.

## 16. Описание процесса выпечки подовых хлебобулочных изделий из ржано-пшеничного теста в пароконвекционной аппаратуре

Игорь Кирик, Алеся Кирик, Татьяна Гуринова, Щербина Дарья  
*Могилевский государственный университет продовольствия, Республика Беларусь*

**Введение.** Длительность процесса выпечки обусловлена массой и формой изделия, свойствами теста, способом выпечки; его окончание устанавливается по температуре 96–98°C в центре выпекаемой тестовой заготовки (ВТЗ). Научный подход к оценке продолжительности выпечки по времени достижения заданной температуры на основе теории нестационарной теплопроводности разработали А.С. Гинзбург и А.А. Михелев [1].

**Материалы и методы.** Выпечка – это нестационарный тепловой процесс, включающий теплопроводность, перенос влаги с изменением ее агрегатного состояния и различные физические, биохимические, микробиологические, коллоидные и другие процессы. Как установлено авторами [1], базовым процессом здесь является нестационарная теплопроводность в теле ВТЗ. В процессе выпечки проводились измерения габаритных размеров ВТЗ в начале и в конце процесса, температуры ВТЗ в центре и корки, влажности и температуры теплоносителя.

**Результаты.** Для ВТЗ в форме шарового сегмента из ржано-пшеничного теста, приготовленного на сброженной заварке, массой 300...800 г с соотношением диаметра к начальной высоте примерно 3,5:1 получена зависимость (1), которая справедлива при значениях числа Фурье  $Fo \geq 0,2$  и рекомендуется для инженерных расчетов при определении необходимого времени до достижения заданной температуры в центре ВТЗ.

$$\Theta = 1,76 \cdot e^{-5,1 \cdot Fo}, \quad (1)$$

где  $\Theta$  – относительная избыточная температура тела, определяемая как

$$\Theta = \frac{100-t}{100-t_0}, [2] \quad (2)$$

$t$  – текущее значение температуры ВТЗ, °C;  $t_0$  – начальная температура ВТЗ, °C;  $Fo$  – число Фурье.

Для ВТЗ в форме цилиндрического сегмента аналогичной рецептуры массой 400...800 г с примерным соотношением геометрических размеров  $7 \times 3,5 \times 1$  (длина×ширина×высота) получена зависимость (3). В качестве характерного геометрического размера при определении числа Фурье, как и в предыдущих расчетах, применялась половина высоты ВТЗ.

$$\Theta = 2,72 \cdot e^{-8,97 \cdot Fo}. \quad (3)$$

Проведена оценка адекватности экспериментальных и расчетных данных, отклонение которых не превышает значения 13 %.

**Выводы.** Для инженерных расчетов для прогнозирования времени выпечки ВТЗ из ржано-пшеничного теста разной массы и формы получены уравнения (1, 3).

### Литература

1. Брязун, В.А. Теплотехнические аспекты эффективной выпечки ржано-пшеничного формового хлеба / В.А. Брязун, А.А. Богарников, В.И. Маклюков. – М.: Пищепромиздат, 2005. – 132 с.
2. Кирик, А.В. Тепловая обработка подовых хлебобулочных изделий в движущейся паровоздушной среде в аппаратах периодического действия: дис. ... к. т. н. / А.В. Кирик. – Могилев, 2013. – 211 л.

## 17. Измерительный комплекс температурного поля мясных фаршевых изделий

Марина Смагина, Александр Желудков, Сергей Акуленко  
*Могилевский государственный университет продовольствия*

**Введение.** Актуальной задачей является изучение процесса нагревания мясного фарша при прямом контакте с греющей средой. При этом форма и размеры изделия должны соответствовать одномерному телу.

**Материалы и методы.** После проведения теоретических расчетов принято решение выполнять изделие цилиндрической формы с размерами  $d \times h = 57 \times 300$  мм. Отношение диаметра к длине кассеты равно или превышает кратность 5. Проведенные расчеты показывают, что при таком соотношении нагревание со стороны торцов практически не будет оказывать влияния на нагревание центральных слоев и полученное изделие можно рассматривать как бесконечный (неограниченный) цилиндр. При этом радиус изделия (28...29 мм) позволяет прогреть изделие достаточно длительный период для получения корректных данных.

**Результаты.** Для проведения экспериментальных исследований процесса нагревания фаршевых изделий разработана экспериментальная установка. Основу экспериментальной установки составляет пароконвективная печь инжекторного типа Упох-203G (Италия). Данный аппарат является типичным представителем современных пароконвекционных печей. Полученные результаты исследований могут распространяться на всю номенклатуру жарочно-пекарных аппаратов с вынужденной циркуляцией греющей среды.

Для проведения исследований применяется марля медицинская с размерами ячеек  $2 \times 1$  мм при плотности ткани  $35 \text{ г/м}^2$ . При набивании фаршем марля натягивалась, размеры ячеек увеличивались и превышали исходные. В получаемом таким образом изделии мясной фарш напрямую контактирует с греющей средой, т.к. ячейки марли очень крупные по отношению к нитям.

Мешок помещается в специальную кассету, представляющую собой сварную каркасную конструкцию из тонких металлических колец соединенных с двух сторон стержнями. Внутренние размеры кассеты  $57 \times 300$  мм, образуемые сплошным основанием, четырьмя кольцами сечением 2,5 мм и соединенные двумя стержнями сечением 4 мм. Металлические кольца и стержни занимают менее 3% площади кассеты и не оказывают заметного влияния на процесс нагревания заготовки.

Для жесткой фиксации термопар, обеспечивающую точность установки и исключаящую сбивание головки, разработана специальная конструкция крепления термопар. Данная конструкция крепления термопар состоит из площадки с приваренными тонкими стержнями. При креплении головка термопары выходит за пределы стержней на 2...3 мм.

На разработанном стенде проведены экспериментальные исследования. Проводились расчеты процесса нагревания цилиндрической заготовки по математическим закономерностям нестационарной теплопроводности для одномерных тел. Результаты расчета сравнивались с результатами экспериментальных исследований. Отклонение результатов экспериментальных исследований от расчетных данных составляют при разных температурах греющей среды от 1,49 до 4,44 % и не превышают погрешности в 5 %.

**Выводы.** Разработана конструкция измерительного комплекса температурного поля мясных фаршевых изделий. Проведены экспериментальные исследования, имеющие высокую сходимость с расчетными данными.

## 18. Оптимальные режимно-конструктивные параметров работы вибропневмосепаратора при сортировании семян рапса по удельному весу

Владимир Поздняков, Сергей Зеленко

*Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск,  
Республика Беларусь*

**Введение.** В современных условиях эффективность производства продукции растениеводства зависит от соблюдения технологии возделывания культуры и качества используемых для посева семян. Повышение качества семенного материала является одним из ключевых вопросов в семеноводстве. Наиболее экономичным способом повышения качества семенного на стадии предпосевной подготовки является сортирование семян по удельному весу в псевдооживленном слое на установках вибропневматического принципа действия [1].

**Материалы и методы.** В соответствии с целью и задачами исследований работа проводилась по следующим направлениям: разработка и создание экспериментального стенда для исследования процесса сортирования семян рапса по удельному весу; определение оптимальных режимно-конструктивных параметров работы разработанного вибропневматического сепаратора.

**Результаты.** На основании графического метода оптимизации режимно-конструктивных параметров работы разработанного вибропневматического сепаратора определены оптимальные параметры процесса сортирования семян рапса по удельному весу с точки зрения обеспечения максимальной эффективности процесса:

- амплитуда колебания деки  $A = 2,5$  мм,
- частота колебания деки  $f = 19,5$  Гц,
- скорость воздушного потока  $v_{\text{в}} = 1,2$  м/с,
- угол наклона деки  $\alpha = 2,6$  град.

Данные режимно-конструктивные параметры работы вибропневматического сепаратора рекомендованы для использования при предпосевной подготовке семян рапса с высоким потенциалом урожайности. Это позволит увеличить урожайность семян рапса в зависимости от качества семян на 10-15% (при условии высокого уровня технологии возделывания).

Оценка эффективности доработки семян рапса на вибропневматическом сепараторе подтверждена в производственных условиях на опытных полях ЧУП КФХ «Родовое гнездо» (сорт «Водолей») и РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» (сорт «Неман»). Посев доработанными семенами позволил увеличить урожайность рапса по сравнению с контрольной партией на 16,5 (сорт «Водолей») и 13,4 % (сорт «Неман»).

**Выводы.** Впервые для семян рапса определены оптимальные параметры работы разработанного вибропневматического сепаратора, обеспечивающие максимальную технологическую эффективность процесса сортирования семян рапса по удельному весу: амплитуда колебания деки 2,5 мм; частота колебания деки 19,5 Гц; скорость воздушного потока 1,2 м/с; угол наклона деки 2,6 град. Применение данных параметров при предпосевной доработке семян рапса позволит повысить урожайность возделываемой культуры и, соответственно, экономические показатели.

### Литература.

1. Шило И.Н. Применение вибропневматического оборудования для предпосевной подготовки семян рапса / И.Н. Шило, В.М. Поздняков, С.А. Зеленко, Я.Э. Пилюк // Агротрансформация. – 2018. – №1. – С. 5–8.

## 19. Раціональні режими охолодження для прискорення процесу структурування зефіру

Олена Бабанова, Ігор Бабанов

*Національний університет харчових технологій*

Владислав Демченко, Андрій Шевченко, Світлана Прасол

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

**Вступ.** У кондитерській промисловості України випуск пастильно-мармеладної продукції становить понад 9 % від усього обсягу виробництва цукристих кондитерських виробів і з кожним роком цей показник зростає. До цього виду продукції відноситься зефір. Основним процесом виробництва, що визначає якість зефіру та тривалість циклу подальшої сушки, є структурування. Характер і темп процесу залежить не тільки від структуруюючих речовин, але і способу охолодження, так як зниження температури прискорює процес структурування.

**Матеріали і методи.** З метою визначення раціональних режимів охолодження для прискорення процесу структурування зефіру була створена лабораторна установка, що представляє собою холодильний тунель довжиною 18 метрів, обшитий зсередини і зовні нержавіючими листами товщиною 0,8 мм. Між листами встановлений утеплювач-пінопласт з гідроізоляцією. Температуру повітря та розсолу визначали термометрами і тепловізором, відносну вологість – електронним психрометром. Швидкість повітря заміряли електронним анемометром. Пластичну міцність зефіру визначали конічним пластометром Ребіндера.

**Результати.** У першій серії дослідів досліджували охолодження з рідинною примусовою конвекцією через теплопередавальну стінку. При цьому застосовували посиленій примусовий та циркуляційний рухи первинного холодоносія за допомогою насоса. Як показали дослідження, температура продукту, що охолоджується таким способом, визначається не стільки температурою навколишнього середовища в тунелі, скільки температурою теплопоглинальної поверхні. Тривалість процесу структурування за умов одностороннього охолодження становить 20 хв. для зефіру на основі пектину і 45 хв. для зефіру на основі агару.

Також досліджувалось застосування двостороннього охолодження з рідинною примусовою конвекцією. Охолодження продукту такого типу вдвічі збільшує швидкість структурування: тривалість процесу знижується до 10 хв для зефіру на пектині та до 20 хв зефіру на агарі.

У другій серії дослідів досліджували комбіноване кондуктивно-рідинне охолодження зефіру. У такій системі охолодження передавання теплоти від продукту здійснюється теплопровідністю по спеціальним тепловідводам, а потім конвекцією в розсіл шляхом фазового перетворення рідини, що оточує тепловідвід. За подібного способу час структурування скоротився та склав для зефіру на пектині – 5 хв, для зефіру на агарі – 15 хв. При цьому у виробі досягається найбільш рівномірне температурне поле обох половинок продукту.

**Висновки.** Таким чином, з перевірених способів охолодження зефіру найкращим є комбіноване кондуктивно-рідинне охолодження, яке дозволяє скоротити процес структурування в 12...16 разів, що забезпечує достатню міцність та високу якість продукту завдяки рівномірного та симетричного температурного поля в перетині продукту.



## 20. Форми стану рівноваги мембран вакуумних кришок на основі енергетичного критерію

Олександр Ватренко, Іван Ніколов

*Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна*

**Вступ.** Для скляної упаковки системи Твіст-офф, в якій продукція зберігається протягом двох років, показником безпеки продукції є гнучка мембрана, розташована в центрі металевої кришки.

**Матеріали і методи.** Визначено додатковий прогин центра мембрани в робочому стані. Повна енергія круглої пластини представлена у вигляді суми енергії безмоментного напруженого стану, енергії вигину та роботи зовнішнього тиску. Виведено розрахункове рівняння повної енергії мембрани, отримані її енергетичні рівні у різних положеннях стійкої рівноваги.

**Результати і обговорення.** Після втрати стійкості мембрана переходить в інше положення стійкої рівноваги. Результати вимірювань показали, що у стані втрати стійкості додатковий прогин центра мембрани  $f=0,07$  мм, що значно менше початкового прогину центра мембран  $f_{nc}=0,25$  мм. Тобто, в результаті втрати стійкості не відбувається дзеркальної деформації робочого конуса мембрани, рис. 1. Такі параметри додаткового прогину дозволяють гарантувати працездатність мембран в широкому діапазоні різниці між протитиском системи (в автоклаві) та внутрішнім тиском в тарі на протязі усього процесу термообробки продукції.

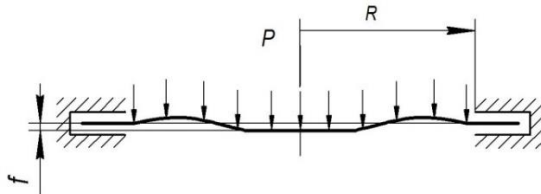


Рис. 1.

Підставивши експериментально отримане значення  $f$  у стані втрати стійкості в розрахункове рівняння повної енергії мембрани, отримано розрахункову, для розглянутого випадку, величину тиску втрати стійкості мембран кришок  $P_l=0,0326 \cdot 10^6$  Па. Розрахункова величина  $P_l$  є близькою до значення тиску втрати стійкості мембран кришок  $P_l=0,03$  МПа, яке наводиться виробником кришок. На відхилення розрахункової величини тиску  $P_l$  від реальної може впливати ступінь твердості жерсті з якої виготовлена кришка з мембраною.

Шляхом комп'ютерного моделювання, розглянуто енергетичні рівні різних положень рівноваги мембрани при двох різних навантаженнях, які відповідають критичним тискам втрати стійкості  $P_1^*$  та розвантаження  $P_2^*$ . Графіки енергетичних рівнів обох тисків, побудовані за допомогою розрахункового рівняння, мають мінімуми потенціальної енергії.

Такий вигляд кривих енергетичного критерію для критичних тисків повністю відповідає теоремі Лагранжа-Діріхле, оскільки тиску  $P_{1\min}^*$  відповідає мінімальна по відношенню до інших суміжних станів енергія.

**Висновки.** Отримано розрахункове рівняння повної енергії мембрани та енергетичні рівні станів її рівноваги, що відповідають критичним тискам.

## 21. Зниження техногенного ризику використання неруйнівного контролю технологічного обладнання на підприємствах

Олена Бабанова, Сергій Беседа, Ігор Бабанов

*Національний університет харчових виробництв, Київ, Україна*

Андрій Шевченко

*Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків, Україна*

**Вступ.** В наш час в експлуатації підприємств знаходиться величезна кількість різноманітного за своїм призначенням і технічним станом імпортного та вітчизняного промислового обладнання, розрахунковий термін проектної служби якого випрацьований або не встановлений. Знос промислового фонду багатьох підприємств сягає 70%. Проблема підвищення безпеки, надійності виробничих об'єктів особливо актуальна, так як у сформованій економічній ситуації заміна такого обладнання обмежена, внаслідок чого створюється небезпека виникнення техногенних аварій і негативного впливу на екологію.

**Матеріали і методи.** Одним із рішень даної проблеми є оцінка залишкового ресурсу роботи обладнання та проведення неруйнівного контролю (НК). Уявлення про надійність об'єкта, як відомо, ґрунтується на даних про його фактичний стан і основну частину цих даних дає проведення технічної діагностики (ТД). Загальною тенденцією харчової переробної галузі є впровадження неруйнівного контролю і його виділення в самостійний технологічний процес, так як інформація про технічному стані небезпечних промислових об'єктів необхідна для вирішення питання їх подальшої експлуатації.

**Результати.** Неруйнівний контроль (НК) поділяють на дев'ять видів: магнітний, електричний, вихрострумний, радіохвильовий, тепловий, оптичний, радіаційний, акустичний і з проникаючими речовинами. *Кожен вид НК підрозділяється на методи, які класифікують, спираючись на наступні ознаки:* характер взаємодії фізичних полів або речовин з контрольованим об'єктом; первинний інформативний параметр; спосіб отримання первинної інформації. *Первинний інформативний параметр* - конкретний параметр поля або речовини (амплітуда поля, кількість речовини тощо), зміна якого використовують для характеристики контрольованого об'єкта.

Вибір оптимального методу неруйнівного контролю слід здійснювати виходячи з його: реальних особливостей; фізичних основ; ступеня розроблення; області застосування; чутливості; роздільної здатності; технічних умов відбракування; технічних характеристик обладнання.

**Висновки.** Будь-яке впровадження НК для скорочення ризику небезпеки призводить до відчутного збільшення витрат. Що призводить до пошуку оптимального рівня витрат на НК, при якому виробництво залишається вигідним. Хоча застосування систем НК призводить до подорожчання продукції, його використання на всіх стадіях виготовлення, перевірки та експлуатації істотно підвищує надійність виробів і об'єктів, забезпечуючи в результаті істотний в масштабі державної економіки вигреш. Особливістю сучасних систем НК є багатофункціональність і висока продуктивність.

## 22. Удосконалення процесу і обладнання для нарізання довгих хлібних виробів

Дмитро Пупков, Марія Аліпатова, Олексій Губеня  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Проведені дослідження процесу різання хлібних виробів з метою покращення якості процесу, зниження енерговитрат і удосконалення конструкцій різального обладнання.

**Матеріали і методи.** Аналітичні дослідження проведено на основі аналізів навчальної, наукової, довідкової літератури та відкритої інформації провідних виробників хлібопекарського обладнання. Експериментальні дослідження проведені на стенді з дисковим ножом за постійної швидкості подачі продукту. Напруження тертя визначено на експериментальній установці з рухомим диском при швидкості ковзання 1-6 м/с, із застосування плану повного факторного експерименту.

**Результати.** Удосконалення конструкції різального механізму полягає в тому, що ніж, який обертається навколо нерухомої осі, виготовлений у вигляді витка спіралі яка має змінний діаметр, мінімальна різниця діаметра дорівнює висоті шматка продукту, що нарізається, а зміщення витка спіралі відносно площини обертання дорівнює товщині шматка продукту.

Напруження тертя змінюється від 0.2 до 1 кПа, зі збільшенням швидкості ковзання і питомого навантаження воно збільшується, а зі збільшенням часу витримування хліба – зменшується.

Зі збільшенням температури хліба від 20 до 100°:

- Питома робота різання дисковим ножом з плоскою кромкою змінюється від 1.7 до 3.8 кДж/м<sup>2</sup>, із зубчастою - від 2.1 до 3.9 кДж/м<sup>2</sup>;
- Раціональна швидкість подачі хліба при різанні дисковим ножом з плоскою кромкою змінюється від 60 до 35 мм/с, із зубчастим ножом – від 110 до 50 мм/с, при збереженні параметрів якості.

**Висновок.** За визначених раціональних значень, та застосовуючи розроблену конструкцію різальної машини зі спіральним ножом, ми зможемо нарізати свіжі довгі хлібні вироби з високою продуктивністю, якістю, і низькими затратами енергії.

### Література

1. Bogdan Lukianenko, Oleksii Gubenia (2015), Imbunatatirea procesului de taiere a produselor alimentare lungi, *The international Conference for Students "Student in Bukovina", 7-9 May 2015, Suceava, Romania, Book of abstract*, p. 10.
2. Lukianenko B., Gubenyu O., Telichkun V. (2012), Input analysis of energy at operation the bread slicing machine, *Journal of food and packaging Science, Technique and Technologies*, 1(1), pp. 42–47.

### 23. Удосконалення процесу пом'якшення води методом іонного обміну та реконструкція дільниці водопідготовки фармацевтичного підприємства

Сергій Борисовець, Сергій Линник, Олексій Губеня  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Проведені дослідження з метою удосконалення процесу пом'якшення води методом іонного обміну для дільниці виготовленні рідких лікарських засобів та екстрактів.

**Матеріали і методи.** Досліджується процес пом'якшення артезіанської води методом іонного обміну з використанням іонообмінних смол ECOSOFT ECOLITE та HCR-S/S FF. Використано експериментальний стенд з іонообмінною колонкою. Аналіз жорсткості води виконано в лабораторних умовах «АТ Фармак». Обґрунтування та порівняння отриманих даних виконано на основі сучасних наукових статей, що представлені у визнаних наукометричних базах.

**Результати і обговорення.** Один об'єм досліджуваних іонообмінних смол здатен якісно очистити близько 40–60 об'ємів артезіанської води, що надходить на пом'якшення із загальною жорсткістю близько 5.5 мг-екв/дм<sup>3</sup>, а після пом'якшення її жорсткість була у допустимих межах 0.5–1 мг-екв/дм<sup>3</sup>.

Орієнтовно після пропущення 50 об'ємів води якість процесу різко знижувалася, а вихідна жорсткість становила 5–6 мг-екв/дм<sup>3</sup>, що вказувало на необхідність регенерації смоли.

Смола ECOSOFT ECOLITE показала порівняно довший міжрегенераційний період порівняно зі смолою HCR-S/S FF.

Орієнтовно після 1800 регенерацій (у виробничих умовах – після 3-5 років роботи іонообмінного апарату) міжрегенераційний цикл знижувався у 2-2.5 рази. Це свідчить про недоцільність подальшої експлуатації іонообмінної смоли, оскільки зростають витрати солі і збільшується час на регенерацію. Артезіанська вода порівняно із водопровідною із міської мережі має вищу жорсткість, тому пропонується у лінії очищення води встановити на початковому етапі двоколонний іонообмінний апарат для її пом'якшення. Це покращить умови роботи всієї лінії, включно з дільницею ультрафільтрації і зворотного осмосу.

У наявних іонообмінних апаратах існують застійні зони. Під час заміни смоли за її кольором помітно, що у деяких зонах вона не повністю використала свій ресурс. Пропонується модернізувати апарат за рахунок встановлення колектору для рівномірного заповнення всього об'єму смоли.

**Висновок.** Наукова цінність результатів полягає у отриманих залежності жорсткості води від тривалості використання іонообмінної смоли та залежності міжрегенераційного циклу від кількості регенерацій. Практична цінність полягає у покращенні роботи дільниці водоочищення, ліквідації застійних зон і раціональному використанні смоли у іонообмінному апараті.

## 24. Визначення консистенції концентрованих дисперсних систем методом гравітаційної пенетрації

Віктор Гуць, Ольга Коваль, Світлана Бондар

1 – Київський національний університет культури і мистецтв, Київ, Україна

2 – Національний Університет харчових технологій, Київ, Україна

3 – Інститут продовольчих ресурсів НААН України, Київ, Україна

**Вступ.** Проведені аналітичні та експериментальні дослідження консистенції дисперсних систем новим методом – гравітаційної пенетрації.

**Матеріали і методи.** Досліджуються дисперсні системи – паштетні продукти із м'яса птиці механічно відокремленого. Консистенція визначалась методом гравітаційної пенетрації. Показники пенетрації визначені на основі математичного моделювання руху індентору у шарі продукту на основі диференціальних рівнянь руху другого порядку.

**Результати і обговорення.** Запропонований метод визначення консистенції простий у використанні. Представлені рахункові залежності і математичні моделі базуються на фізичних константах, що робить метод гравітаційної пенетрації універсальним для широкого практичного застосування при оцінці якості харчових продуктів експрес методом.

Для проведення порівняльного аналізу консистенції харчових продуктів отриманих за різних технологічних режимів або рецептур, запропоновано використовувати порівняльну характеристику у вигляді коефіцієнта  $K$ . Його величину розраховують, як відношення глибин занурення голки у шар продукту при падінні пенетрометра з однієї висоти.

Найбільші показники мав паштет зразок №4, який містить 40% м'яса птиці механічно відокремленого та 8% рисового борошна, а найменші – паштет зразок №2, який містить 30% м'яса птиці механічно відокремленого та 10% рисового борошна.

**Висновок.** Визначення методу гравітаційної пенетрації розширює можливості отримання точних результатів у порівнянні з використанням наявних методів і апріорних формул.

### References

1. Victor Goots, Olga Koval, Svitlana Bondar (2019), Determination of consistency of concentrated dispersed systems by the method of gravitational penetration, *Ukrainian Journal of Food Science*, 7(2), pp. 217-225
2. Ahmed J., Ptaszek P. & Basu S. (Eds.), (2017), *Advances in food rheology and its applications*, Woodhead Publishing.
3. Chen J. & Rosenthal A. (Eds.), (2015), *Modifying Food Texture, Volume 2, Sensory Analysis, Consumer Requirements and Preferences*, Woodhead Publishing.
4. Goots V., Gubenia O. (2013), Rheodynamical simulation of mechanical systems, The Second North and East European Congresson Food: Book of Abstracts, NUFT, Kyiv, p. 45.

## 25. Дослідження інтенсивності процесу замішування дріжджового тіста з використанням робочих органів різної конфігурації

Віталій Штиль, Віталій Рачок, Юлія Теличкун, Володимир Теличкун  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Впровадження прискорених технологій готування дріжджового тіста потребує глибокого дослідження процесу замішування пшеничного тіста та впливу інтенсивності механічного оброблення тіста різної вологості на технологічний хід процесу та на тривалість стадій замішування.

**Матеріали та методи.** Для дослідження процесу замішування дріжджового тіста в тістомісильних машинах безперервної дії нами розроблена експериментальна установка безперервної дії з двовальними робочими органами. В якості змішувальних елементів використовуються: штирі (пальці) з різним кроком, шнекові та кулачкові робочі органи різної конфігурації.

**Результати та обговорення.** Інтенсивне замішування (рис. 1) полягає у посиленій механічній обробці тіста, кінцевим результатом являється покращення властивостей дріжджового тіста та скорочення часу бродіння.

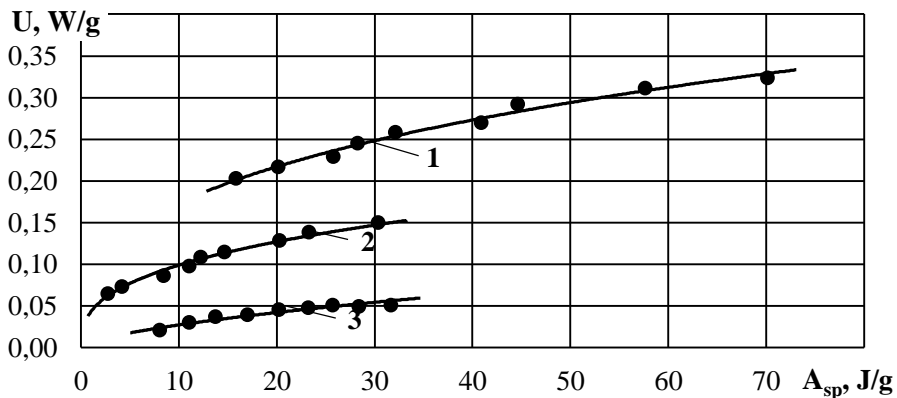


Рис. 1. Інтенсивність процесу замішування в залежності від витрат питомої роботи на заміс з використанням різних робочих органів (1–кулачкові; 2–шнекові; 3–пальцеві).

Під час інтенсивного замішування дріжджового тіста, виділяється тепло за рахунок внутрішнього тертя компонентів тіста з робочими органами та корпусом камери замішування, таким чином тісто нагрівається на 3–7°C та прискорює процес дозрівання. На основі проведених досліджень, пальцеві робочі органи не доцільно використовувати для замішування дріжджового тіста так як показники інтенсифікації у них менші за 0,05 Вт/г.

**Висновки.** Використання кулачкових робочих органів найкраще інтенсифікує процес замішування дріжджового тіста, як результат прискорює утворення та дозрівання тіста в подальшому. Таким чином інтенсифікація процесу замішування дріжджового тіста сприяє частковій дезагрегації макромолекул білків, відбувається їх перебудова, розривають внутрішні та міжмолекулярні зв'язки та утворюються нові, покращується еластичність пшеничного тіста.

## 26. Експериментальна установка для дослідження вакуум-випарного охолодження хлібобулочних виробів після випікання

Олександр Козак, Микола Десик, Володимир Теличкун  
*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Перспективним способом охолодження виробів вважається вакуум-випарне охолодження, оскільки до його переваг відносять швидкість процесу охолодження, компактність обладнання та позитивний вплив на якісні показники продукції. Проте як свідчать літературні дослідження даний спосіб охолодження мало досліджений. З метою дослідження основних параметрів вакуум-випарного охолодження хлібобулочних виробів розроблена експериментальна установка.

**Матеріали та методи.** На основі проведеного аналізу сучасної літератури, що присвячена питанню вакуум-випарного охолодження та сушіння сформовані вимоги до експериментальної установки вакуум-випарного охолодження хлібобулочних виробів після їх випікання.

**Результати та обговорення.** Вихідними даними для складання експериментальної установки є: залежність між тиском та температурою кипіння вільної вологи; значення теоретичної кількості вологи, яка може випаритись з заготовки при адіабатному кипінні за рахунок зниження тиску; залежність швидкості створення розрідження в закритому об'ємі від продуктивності насоса. Явищами, які потребують дослідження є: швидкість створення розрідження в об'ємі заготовки; пароутворення в елементарних об'ємах заготовки та її дифузія в навколишній простір; газопроникність скоринки; перепад тисків між об'ємом заготовки та зовнішнім середовищем.

З метою уточнення фізичної моделі процесу вакуум-випарного охолодження розроблена схема та конструкція експериментальної установки для дослідження тепломасообмінних процесів при вакуум-випарному охолодження хлібобулочних виробів після їх випікання. Установка складається з: герметичної вакуумної камери, яка оснащена датчиками для вимірювання тиску та набором термодатчиків для вимірювання температур шарів заготовки і середовища камери; системи створення розрідження, до складу якої входить вакуумний насос, конденсатор і регулювальна та запірні арматура; камери для дослідження газопроникності скоринки, яка оснащена диференціальним манометром та лічильником газу; модулів перетворення аналогового сигналу з датчиків на електронний для реєстрації даних на ЕОМ.

Установка дозволяє: регулювати швидкість створення розрідження; визначати температурні криві процесу вакуум-випарного охолодження гарячого хліба; виконувати побудову температурного поля хліба при охолодження за яким визначати швидкість створення розрідження в об'ємі заготовки; вимірювати газопроникність скоринки.

**Висновки.** Розроблена експериментальна установка призначена для дослідження процесу вакуум-випарного охолодження гарячого хліба, дозволяє уточнити фізичну модель процесу і встановити вплив режимних параметрів роботи установки на даний процес.

### Література.

1. Yu. Telichkun, V. Telichkun, M. Desik, O. Kravchenko, A. Marchenko, A. Birsa, S. Stefanov. (2013), Perspective direction of complex improvement of rusk wares, *Journal of food and packaging Science, Technique and Technologies*, 2(2), pp 67-70.

## 27. Дослідження роботи лінійних електродвигунів в мехатронних модулях обладнання формування транспортних пакетів

Владислав Якимчук, Олександр Гавва

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Застосування лінійних електродвигунів у обладнанні для формування транспортних пакетів сьогодні є обмеженим, але з відкриттям нових технологій та матеріалів їх можливості суттєво збільшуються, що робить їх використання нагальним та актуальним.

**Результати.** Математична модель формування структурних одиниць транспортного пакету мехатронними модулями з лінійними двигунами доповнена аналітичним описом системи керування з передаточними функціями, які обмежують динамічні та кінематичні параметри переміщення робочих органів.

Для перевірки адекватності математичних моделей мехатронних модулів розроблена та виготовлена експериментальна установка. За даними досліджень проведений багатофакторний експеримент, отримано математико-статистичну модель для визначення тривалості піднімання і опускання шару вантажів

$$t = 0,643 - 0,0427a - 0,009975V - 0,094m + 0,00085aV - 0,0022am - \\ - 0,0105Vm + +0,00521aVm.$$

де,  $a$  – прискорення зведеної маси,  $m/c^2$ ;  $V$  – швидкість руху зведеної маси,  $m/c$ ;  $m$  – маса вантажу,  $kg$ .

Проаналізовано та визначено вплив зовнішніх факторів на стійкість роботи системи керування мехатронним модулем.

Початок виходу системи керування із сталого режиму роботи починається з моменту, коли амплітуда будь-якої гармоніки стає рівною або більшою за амплітуду першої гармоніки. Аналіз гармонік прискорення, дає можливість стверджувати, що прискорення є важливою складовою у визначенні рушійних сил. Система працює безвідмовно у випадку коли амплітуда першої гармоніки більша за амплітуду всіх інших, тобто у випадку коли рушійна сила на 15% більша сили інерції. Як тільки амплітуда будь-якої з інших гармонік стає більшою за першу, тобто відбувається збільшення інерційної складової, система керування починає реагувати на таке збурення. Регулятор компенсує дію сили інерції, що приводить до появи додаткових автоколивань. Про це свідчить збільшення величини амплітуд всіх гармонік. Накладання зовнішніх коливань із внутрішніми автоколиваннями сумуються і стають незатухаючими. В деяких випадках вони наближуються до режиму резонансу, що приводить до аварійної зупинки системи.

**Висновок.** Сучасні конструкції лінійних електродвигунів у мехатронних модулях дають можливість суттєво розширити функціональні можливості обладнання формування транспортних пакетів, насамперед забезпечити та регулювати кінематичні параметри переміщення робочих органів у горизонтальній та вертикальній площинах.



## 28. Особливості реалізації вагового способу дозування в'язко-пластичних харчових продуктів у пакувальних машинах

Борис Михайлик, Олександр Гавва, Ігор Литовченко  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Застосування вагового способу дозування для рідких та сипких харчових продуктів підвищує точність дозування та прискорює переналадження обладнання. Вплив реологічних характеристик пластичної харчової продукції на тензометричну систему зважування обмежує використання цього способу дозування при пакуванні пластичної продукції у споживчу тару. Встановлення функціональних залежностей між структурно механічними параметрами в'язко-пластичної продукції і конструкцією та параметрами дозувально-фасувального модуля є актуальною задачею.

**Матеріали і методи.** Теоретичні дослідження процесу переміщення і формування дози в'язко-пластичної харчової продукції проводились із застосуванням імітаційного моделювання. Отриманий масив даних опрацьовувався за допомогою табличного процесора.

**Результати.** При проведенні моделювання за продукт, що дозується, прийнято сир плавлений (вологість 35%, густина  $1070 \text{ кг/м}^3$ , ефективна в'язкість  $18 \text{ Па/с}$ , жирність 45%). Процес дозування розглядався при сталому об'ємі дози  $0.00025 \text{ м}^3$ , але різних геометричних розмірах циліндричної споживчої тари. Розміри задавались відношенням діаметра тари до діаметра дозуючого сопла ( $D/d$ ). Діаметр дозуючого сопла прийнято  $0.03 \text{ м}$ . Попередньо прийнято такі відношення:  $4/3$ ,  $2/1$ ,  $3/1$ ,  $4/1$ .

Продуктивність сучасних зразків обладнання знаходиться в межах від 25 до 30 порцій на хвилину, тому з урахуванням технологічного процесу час заповнення тари встановлений  $1.875 \text{ с}$ , а швидкість заповнення  $0.1895 \text{ м/с}$ .

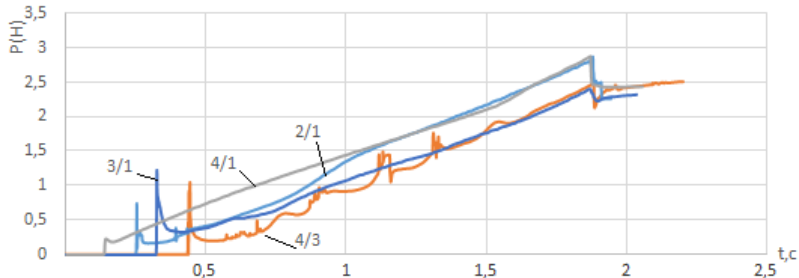


Рис.1. Кінетика формування дози за різних значень  $D/d$ :  $4/3$ ,  $2/1$ ,  $3/1$ ,  $4/1$ .

Моделювання дало можливість визначити величину динамічного навантаження на систему зважування. Також у ході моделювання встановлено, що при незначному діаметрі тари ( $4/3$ ,  $2/1$ ) на початку процесу дозування продукція при переміщенні змінює об'ємну масу в польоті. У цьому випадку приріст показників тензометричної системи сприймають коливання, що може ускладнити реалізацію раціонального закону наповнення тари. Отримані дані підтверджують гіпотезу про доцільність проведення досліджень при конструкції дозатора з рухомою насадкою.

**Висновки.** За допомогою методів імітаційного моделювання було встановлено величину динамічного навантаження на тензометричну систему для різних варіантів геометричних розмірів тари і визначено шляхи модернізації дозувального пристрою.

### Література.

Пакувальне обладнання / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. – К.: ІАЦ Упаковка, 2010. – 746 с.

## 29. Дослідження та покращення роботи шафи вистоювання вертикального типу

Іван Жежерун, Ігор Литовченко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** В хлібопекарській галузі поширені шафи вистоювання з вертикальним розташуванням декількох гілок. Перевагою їх є компактність та зручність в користуванні.

**Матеріали і методи.** В теперішній час з'явилася можливість модернізувати більшість типів технологічного обладнання хлібопекарської промисловості шляхом застосування засобів комп'ютерного імітаційного моделювання. Переважним методом в цій галузі є застосування методу кінцевих елементів. Моделювання виконане в програмі FlowVision. Вона дозволяє отримати чисельні та візуальні дані про перебіг гідродинамічних та теплових процесів, які відбуваються в обладнання харчової промисловості.

**Результати.** До раціональних умов протікання процесу кінцевого вистоювання відносять температуру 36-38 град. та відносну вологість повітря всередині шафи близько 80%. Важливою складовою забезпечення якісного вистоювання є підтримання стабільності вказаних кліматичних умов, так як процес розвитку дріжджових клітин в тісті повинен відбуватися рівномірно, без коливань, на протязі всього процесу, який триває 35...60 хвилин.

Для шаф вистоювання необхідно було отримати числову та візуальну інформацію про повітряні потоки всередині. Це дозволило знайти місця в конструкції, де перепад параметрів значний.

Після аналізу ситуації потрібно запропонувати засоби усунення недоліків, та розрахувати нові моделі, з внесеними змінами.

Подібний метод дозволяє перевірити правильність прийнятих рішень ще на етапі розробки конструкторської документації.

В результаті моделювання встановлено, що даний тип шаф вистоювання має свої переваги та недоліки.

Шафи з вертикальним розташуванням горизонтальних гілок мають велику довжину, частина шафи знаходиться над тунельною піччю, від якої отримує значні теплові потоки.

Визначений великий вплив на ефективність роботи шаф вистоювання місця розташування труб подачі пари всередину корпусу.

Встановлена ступінь впливу на кліматичні умови в шафі розмірів та розташування технологічних отворів – вікон завантаження та розвантаження, вікон для входу колісок холодної гілки.

**Висновки.** В даному дослідженні отримані результати моделювання конвективних процесів всередині шаф вистоювання: по температурах, по швидкостях потоків повітря, по траєкторіях обтікання повітрям внутрішніх конструкцій та колісок.

Аналіз графічних та числових даних дозволив визначити напрямки реконструкції діючих шаф.

### 30. Дослідження робочих процесів в тістомісильних машинах періодичної дії

Олексій Литовченко, Ігор Литовченко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** В хлібопекарській галузі тістомісильні машини періодичної дії з підкатними діжами. Перевагою їх є ефективність обробки компонентів та зручність в користуванні.

**Матеріали і методи.** В останній час з'явилася можливість покращити роботу більшості типів технологічного обладнання хлібопекарської промисловості шляхом застосування засобів імітаційного комп'ютерного моделювання. Основним методом в цій галузі є застосування методу кінцевих елементів. Представлене дослідження виконане в програмі FlowVision. Вона дозволяє отримати чисельні та візуальні дані про перебіг гідродинамічних та теплових процесів, які відбуваються в тістомісильних машинах.

**Результати.** Під час моделювання проаналізуємо якість замішування тіста і енергетичні параметри процесу широко на поширених в галузі тістомісильних машинах періодичної дії Л4-ХТВ та Прима 300.

Використовуючи метод комп'ютерного моделювання можна з великою точністю визначити напрям і швидкість руху в'язкої маси в місильній ємкості, отримати значення розподілу тиску, густини, концентрації суміші в будь-якій точці даного об'єму.

Ще одним позитивним моментом при застосуванні даного методу є можливість визначення енергетичних параметрів процесу перемішування, що дозволяє в подальшому виконати розрахунок питомої роботи замісу і визначити необхідну потужність приводу.

Основними питаннями, які розглядаються під час аналізу процесу перемішування в'язкої рідини, є інтенсивність і ефективність перемішування. Інтенсивність перемішування визначається кількістю енергії, яка вводиться в одиницю об'єму маси за одиницю часу. Ефективність перемішування являє собою характеристику якості процесу, якій, в нашому випадку, може служити рівномірність замісу. На якість перемішування великий вплив робить виникнення циркуляційних вихорів в області проходження робочого органу. Виникнення останніх, в свою чергу, є похідним від в'язкості суміші, геометрії місильних лопатей і швидкості руху продукту в ємності.

Аналізуючи картину руху місильних органів в робочій масі, ми вперше можемо побачити розподіл в'язкості тіста в місильній ємкості.

Використання методу комп'ютерного моделювання при конструюванні нового ефективного тістомісильного обладнання значно прискорює процес проектування. За допомогою даного методу можна проектувати нове обладнання в значно коротші терміни, а також проаналізувати роботу тістомісильних машин, які вже використовуються на підприємствах в даний час. При моделюванні процесу замісу можна встановити інерційні та енергетичні характеристики процесу в будь-якій точці місильного об'єму.

**Висновки.** Аналіз графічних та чисельних даних, отриманих під час імітаційного моделювання, дозволив визначити напрямки реконструкції робочих органів тістомісильних машин періодичної дії.

### 31. Дослідження впливу електрофізичного оброблення на показники води для виробництва напоїв

Олексій Нескуба, Андрій Маринін, Олена Чепелюк  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Одним зі способів вплинути на інтенсивність насичення напоїв вуглекислим газом є зміна величини водневого показника води. Це доцільно робити шляхом її електрофізичного оброблення.

**Матеріали і методи.** Основним елементом установки для зміни показників води є електрохімічний проточний модуль (рис. 1). Параметром, який регулювався, була величина сили струму, яка змінювалася в межах 20...80 А.

**Результати.** Електрохімічний модуль складається із зовнішнього електрода 1, виконаного зі сталі AISI 304, у внутрішній порожнині якого коаксіально встановлений внутрішній електрод 2, який є титановою трубою. Підведення та відведення води здійснюється через патрубки 3 і 4. Електроди розділені між собою діелектричними втулками 5 і 6. До внутрішнього електрода (анода) підводиться позитивний потенціал від джерела постійного струму, а до зовнішнього (катода) – негативний.

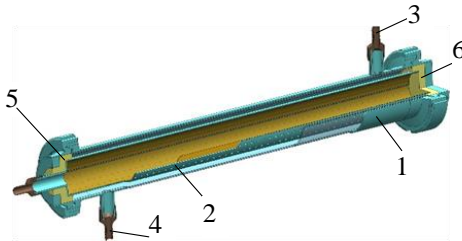


Рис 1. Електрохімічний проточний модуль

При пропусканні струму на титановому електроді утворилися кольори мінливості, що є реакцією взаємодії титану з металами, розчиненими у воді. В процесі оброблення води спостерігалася активне виділення газів ( $O_2$  і  $H_2$ ). В табл. 1 показані результати вимірювань окремих показників води до та після її оброблення при підведеній величині струму 20 А.

Таблиця 1. – Результати вимірювань показників складу та властивостей води

Показник	Контрольний зразок	Зразок після оброблення
pH	7,279	7,344
Масова частка алюмінію (Al), мг/дм <sup>3</sup>	відсутній	відсутній
Масова частка заліза загального (Fe), мг/дм <sup>3</sup>	0,03	відсутній
Масова частка марганцю (Mn), мг/дм <sup>3</sup>	0,003	0,001
Масова частка хлоридів (Cl), мг/дм <sup>3</sup>	42,0	44,0
Масова частка цинку (Zn), мг/дм <sup>3</sup>	0,03	відсутній
Загальна лужність, ммоль/дм <sup>3</sup>	5,73	5,40

**Висновки.** Внаслідок електрофізичного оброблення води покращуються її показники, зокрема зменшується вміст металів. Подальші дослідження будуть спрямовані на отримання аноліту зі зменшеним до 3 – 4 одиниць значенням pH, що збільшить розчинність вуглекислого газу при сатуруванні напоїв.

### 32. Вплив відстані між валками на енергосилові параметри процесу нагнітання тіста

Іван Скринський, Олена Чепелюк

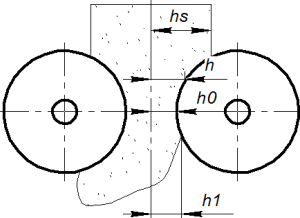
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Енергосилові параметри процесу оброблення тіста як псевдопластичного матеріалу залежать від технологічних (склад тіста і, відповідно, його реологічні властивості) та механічних (конструкційні та режимні параметри машини) факторів.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження є процес нагнітання тіста у камеру поділу тістоподільної машини фірми IBIS. Для опису руху тіста в зазорі між валками, який змінювався, використана гідродинамічна теорія псевдопластичних рідин, яка встановлює залежність між геометричними характеристиками робочого простору (зазору), матеріалом та режимом оброблення [1]. Обчислення за цією математичною моделлю виконані у програмі MathCAD. Імітаційне моделювання течії тіста у міжвалковому просторі проведено у програмному комплексі FlowVision.

**Результати.** Для забезпечення сталого тиску нагнітання в камеру поділу при зміні об'єму тіста, яке завантажується періодично, розглянута можливість регулювання відстані між нагнітальними валками. Це вплине на величини розпірного зусилля  $P$ , сумарного корисного моменту опору і потужності (табл. 1).

Таблиця 1. – Вплив відстані між валками на енергосилові параметри

Показник		Відстань між валками, мм		
		20	40	70
h, мм		20,4	29,9	43,5
h0, мм		10,0	20,0	35,0
h1, мм		10,6	20,6	35,2
hs, мм		80	80	80
Розрахункове $P \cdot 10^{-2}$ , Н/м		2,92	1,64	0,87
Обчислене у FV $P \cdot 10^{-2}$ , Н/м		3,30	1,80	1,00
$M_{кор} \cdot 10^{-2}$ , Н·м		6,67	3,75	1,99
$N_{кор} 10^{-2}$ , Вт		4,01	2,25	1,19

Розузгодження між величиною розпірного зусилля, розрахованим за методикою, запропонованою Андрєєвим А.Н., і отриманим у FlowVision становить 15%; для потужності відхилення становить 18%.

**Висновки.** Зі збільшенням величини відносного стиснення тіста в зазорі між валками  $\Delta h$  спостерігається збільшення  $P$  і  $N_{кор}$ , причому  $N_{кор}$  зростає набагато швидше, що можна пояснити додатковою витратою потужності на подолання сил в'язкого тертя при нагнітанні тіста валками.

#### Література.

1. Андреев, А.Н. Математическое моделирование течения неньютоновской жидкости в зазоре вращающихся валков и методика расчета энергосиловых параметров раскатки теста / А.Н. Андреев // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». – 2011. – №2. – 11 с.

### 33. Обґрунтування конструкційних параметрів обладнання для приготування рідкого поживного середовища

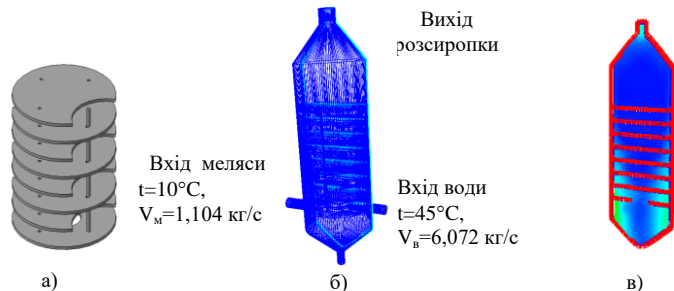
Єлизавета Фоменко, Олена Чепелюк

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Завдяки високому вмісту цукрів і потрібному рівню рН, м'яса може використовуватися в якості основи поживного середовища в процесі культивування мікроорганізмів [1]. Підвищення ефективності устаткування для приготування рідких поживних середовищ є актуальним завданням.

**Матеріали і методи.** Розглянуто процес приготування поживного середовища у розсиропнику, в якому відбувається тангенційне змішування м'яса і гарячої води. Всередині розсиропника розміщені полиці із вирізами, зв'язані між собою стержнями (рис. 1 а). Гідродинамічні та теплові процеси, які відбуваються під час приготування розсиропки, промодельовані у програмному комплексі Flow Vision. Граничні умови наведені на рис.1 б. Враховані властивості матеріалів, які змішуються: для води взяті з бази програми, для м'яса: густина  $1434 \text{ кг/м}^3$ , питома теплоємність  $3946 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$ , коефіцієнт теплопровідності  $0,551 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ , в'язкість  $0,37\cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ .

**Результати.** Робота розсиропника повинна забезпечити отримання однорідної за густиною розсиропки. У випадку недостатнього перемішування м'яса із водою відбувається розшарування розсиропки, що не забезпечує потрібні умови роботи обладнання, розміщеного надалі в технологічній схемі, і в підсумку погіршує умови культивування мікроорганізмів. Оскільки витрата середовищ, які змішуються, обумовлена потребою забезпечити задану продуктивність, параметрами, які регулювалися, були кількість полиць і відстань між ними. Параметром, який характеризує однорідність суміші, є концентрація. Досягнення її потрібних значень (0,82) на виході з розсиропника досягається при використанні 8 полиць, розміщених у розсиропнику на відстані 0,125 м одна від одної.



**Рис.1. Обладнання для приготування рідкого поживного середовища:**

**а – робочі елементи; б – граничні умови; в – розподіл концентрації в апараті**

Результати обчислювального експерименту свідчать, що температура продукту на виході з апарату становить  $40,5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Висновки.** Для забезпечення заданої продуктивності і досягнення потрібного ступеня однорідності суміші м'яса і води в розсиропнику потрібно встановити 8 полиць на відстані 0,125 м одна від одної.

**Література.**

1. Гарбуз, С.А. Подбор оптимальной питательной среды для гомогенного, периодического культивирования *Azotobacter chroococcum* / С.А. Гарбуз, В.Е. Корьгова // International Research Journal. – 2016. – №12 (54). – С. 12–14.

### 34. Побудова критеріального рівняння для визначення витрати енергії на подрібнення м'ясної сировини

Наталія Христонько, Олена Чепелюк

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Потреба забезпечити ефективну роботу м'ясорізального обладнання, зокрема зекономити енергоресурси, обумовлює необхідність встановити взаємний зв'язок параметрів, які визначають перебіг процесу, та визначити раціональні конструкційні та режимні параметри обладнання. Розглянуто процес, що відбувається у вовчку марки К7-ФВП-160, призначеному для подрібнення безкісткового жилованого м'яса і м'ясопродуктів при виробництві фаршу для ковбасних та інших м'ясних виробів.

**Матеріали і методи.** В літературі достатньо багато праць, присвячених проблемам ефективного і якісного подрібнення м'яса, а також підвищенню надійності та довговічності робочих органів вовчків, насамперед ріжучого комплексу. На процес подрібнення впливають як геометричні характеристики, так і режими роботи обладнання, а також властивості сировини, яка подрібнюється – її вид, вміст жиру, температура тощо [1].

Подрібнення м'ясної сировини є механічним процесом, який класифікується як стохастичний. Побудувати диференційне рівняння такого процесу складно, тому доцільно застосовувати імітаційне моделювання, враховуючи при цьому реальні структурно-механічні властивості матеріалу та їх зміну в процесі подрібнення [2]. Для опису процесу можливо також використовувати критеріальні рівняння, побудова яких здійснюється з використанням теорії розмірностей. Саме така методика використана в представленій роботі.

**Результати.** Прийнято, що потрібна для роботи потужність двигуна приводу  $N$  ( $\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^3}$ ) залежить від розмірів шматків м'яса  $b$  (м), діаметра решіток  $d$  (м), частоти обертання шнеків  $n$  ( $\text{с}^{-1}$ ), кроку між витками  $h$  (м), а також густини продукту  $\rho$  ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ). З використанням другої теореми подібності й наслідків з неї, отримано критерії подібності  $\pi_1 = N/(d^5 \cdot \rho \cdot n^3) = Eu$ ,  $\pi_2 = h/(d^1 \cdot \rho^0 \cdot n^0) = \Gamma_1$ ,  $\pi_3 = b/d = \Gamma_2$  та у загальному виді критеріальне рівняння для визначення витрати енергії на подрібнення м'ясної сировини:

$$Eu = C \cdot \Gamma_1^n \cdot \Gamma_2^k.$$

Числові значення коефіцієнта  $C$  і показників степенів  $n$  і  $k$  будуть в подальшому визначені в результаті проведення обчислювальних експериментів. Таким чином, визначальний вплив на витрату енергії мають співвідношення геометричних параметрів подрібнюваного продукту і робочих органів машини.

#### Література

1. Wild, J. L. Grinding Time and Pressure Developed in Beef and Pork: Effects of Temperature and Fat / J.L. Wild, J. G. Sebrank, D.G. Olson // Journal of food science. – 1991. – Volume 56, Issue 5. – Pages 1171-1175.
2. Modelling of mincing processes by determination of meat cutting properties through the analysis of Warner Bratzler curve / W. Schnackel, J. Krickmeier, Oktaviani, W. Pongjanyanukul, D. Schnackel // Tagungsband 57th International Congress of Meat Science and Technology. Ghent, 2011. – P. 268.

### 35. Модернізація системи краплеуловлення в обладнанні для отримання апірогенної води

Микита Шачковський, Олена Чепелюк

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** При отриманні апірогенної пари або води для ін'єкцій шляхом її конденсації, зі збільшенням потоку пари разом з нею можливе винесення крапель води, які містять пірогенні речовини. Для запобігання цьому в колонах для отримання води для ін'єкцій використовують газорідні сепаратори.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження є процес руху паро-рідинної суміші у сепараторі-краплеуловлювачі (рис.1 а). Для моделювання у програмному пакеті Flow Vision обрана модель «нестислива рідина». Граничні умови (рис. 1 б) описують взаємодію паро-рідинної суміші з елементами обладнання. Для опису реологічних характеристик водяної пари використана база даних пакету Flow Vision.

**Результати.** Оригінальний метод видалення пірогенів, що використовується в багатоступінчатій установці "Bosh-Pharmatec", заснований на повному відділенні від пари крапель води. Система краплеуловлення у стандартному виконанні представлена двома сепараторами – жалюзійного (для виділення з пари крапель значної маси) та решітчастого типу (контрольне відведення не випаруваної рідини).

Запропоновано змінити стандартний краплеуловлювач на більш ефективний, ходи в якому утворені спеціальними конусними вставками. Зміна площі прохідного перерізу призводить до зменшення швидкості паро-рідинної суміші на окремих ділянках, що дає можливість відділяти краплі води від пари за рахунок гравітаційного осадження, яке можливе тільки при низькій швидкості руху суміші. А зміна напрямку руху потоку забезпечує додаткове відділення крапель за рахунок сил інерції.

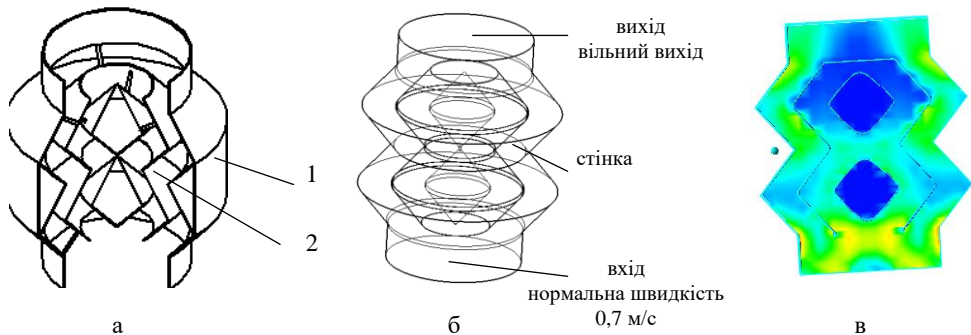


Рис.1. Краплеуловлювач:

а) - загальний вигляд (1 – корпус, 2 – конічна вставка);

б) – граничні умови; в) поле швидкостей

Як свідчать результати моделювання (рис.1 в), в місцях розширення потоку спостерігається зменшення швидкості пари від 0,7 м/с до 0,4 м/с (на 57 % порівняно з основним потоком). Завдяки цьому вловлювання крапель води відбувається більш ефективно.

**Висновки.** Отримані результати свідчать про доцільність впровадження запропонованої конструкції: швидкість суміші суттєво сповільнюється і змінює напрямок. Це покращить видалення рідкої фази з паро-рідинної суміші, і дасть можливість отримати воду для ін'єкцій, в якій відсутні пірогени.



### 36. Підвищення ефективності роботи гомогенізатора

Олексій Корсун, Олександр Чепелюк

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Робота гомогенізаторів суттєво впливає на якість готової продукції. На сьогодні найбільш поширене використання клапанних гомогенізаторів, у яких при роботі плунжерного насоса спостерігаються коливання руху продукту, що впливає на забезпечення однакового розміру жирових кульок та їх розподіл в об'ємі продукту.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження є гомогенізатор клапанного типу, а саме конструкція вузла нагнітання продукту. Процес гомогенізації досліджено за допомогою комп'ютерного моделювання із застосуванням програмного комплексу Flow Vision. Ця програма має модуль моделювання, який дає можливість ефективно проводити розрахунки, пов'язані з динамікою рідин та газів. Як вихідні дані для розрахунку були внесені геометричні параметри клапанного гомогенізатора і фізико-хімічні та реологічні властивості молока.

**Результати.** Плунжерний насос дає значні пульсуючі коливання при нагнітанні молока, що погіршує якість роботи гомогенізатора. Пульсації примушують коливатися пружину клапана, що негативно впливає на процес гомогенізації і тим самим не сприяє утворенню ідеально однорідного продукту. Виходячи з основної проблеми, пов'язаної із роботою гомогенізатора, була поставлена задача отримати однаковий розмір жирових кульок та їх рівномірний розподіл по всьому об'єму.

Результати моделювання показали, що в базовому варіанті конструкції на вході в гомогенізуючий модуль спостерігається коливання тиску внаслідок подачі продукту плунжерами насосу. Запобігти цьому можливо шляхом встановлення пристрою, який згладжує коливання. Найбільш доцільно в якості такого демпфера використовувати пристрій у вигляді підпружиненого штока діаметром 24 мм, що входить у потік продукту. Використання штока меншого діаметру не дає бажаного результату, оскільки зменшення коливань тиску незначні. Можна припустити, що гомогенізація за таких параметрів суттєво не зміниться. Зі збільшенням діаметра штока рівномірність збільшується незначно, що несуттєво підвищує однорідність часточок.

Іншим варіантом вирішення проблеми є встановлення на лінії нагнітання ресивера.

**Висновок.** Технічний результат при використанні запропонованого конструктивного рішення гомогенізуючого модуля полягає в отриманні якісного продукту із заданими розмірами гомогенізованих часточок. Для рівномірного надходження продукту до клапана після плунжерного блоку запропоновано встановити демпферуючий пристрій, який буде згладжувати коливання продукту.

При використанні демпфера відбувається компенсування пульсацій тиску, що в подальшому обумовлює підвищення якості вихідного продукту.

#### Література.

1. Самойчук К.О. Аналіз сил дроблення жирових кульок в струминному гомогенізаторі / К.О. Самойчук, О.О. Ковальов // Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет» (ПФ НУБіП України «КАТУ»): Сімферополь, 2013. – Вип. 153. – С. 26–34.

### **37. Визначення раціональних конструкційних і режимних параметрів роботи вакуум-горизонтального котла**

Володимир Шахрай, Олександр Чепелюк

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Створення і удосконалення обладнання для утилізації відходів м'ясопереробки, до яких відносяться конфісковані ветеринарно-санітарним наглядом непридатні для харчування м'ясні продукти, кістки, що залишилися після обвалювання тощо доцільно не лише з санітарно-гігієнічних міркувань, але й економічних.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження є вакуум-горизонтальний котел об'ємом 1,5 м<sup>3</sup>. Це основний вид обладнання лінії перероблення сировини на кормове борошно. Котел – горизонтальна циліндрична посудина, всередині якої обертається горизонтальний вал з перемішувачем. Обладнання оснащено паровою сорочкою, системами вакуумування і автоматизації.

Геометричні моделі вакуумного горизонтального котла і його робочих органів створені в програмах Компас-3D і Solid Works. Процес термічного оброблення сировини в котлі, зокрема перемішування і нагрівання сировини, промодельований в програмному пакеті Flow Vision. Мета досліджень – визначення основних конструкційних параметрів апарата і найбільш сприятливих режимів, здатних забезпечити ефективно проведення процесу, і як підсумок – отримання рекомендацій у вигляді емпіричних залежностей.

**Результати.** Ефективність процесу перероблення значною мірою залежить безпосередньо від конструкції котла, зокрема від контактної площі теплопередачі, а також режимів його роботи. Процес промодельовано при різних конфігураціях мішалки та швидкостях її обертання. В результаті визначено раціональні параметри, які забезпечують якісне перемішування сировини при її тепловому обробленні.

Моделювання при різних значеннях ширини лопатки перемішувача показало, що найбільш доцільним є варіант з лопаткою шириною 185 мм. При більшій ширині лопатки спостерігається переміщення матеріалу разом з лопаткою без перемішування, а при менших значеннях утворюються зони, де не відбувається якісного перемішування.

Процес переробки сировини є найбільш раціональним при частоті обертання перемішувача 62 об/хв. При збільшенні частоти обертання не спостерігається суттєвої інтенсифікації процесу теплопередачі, проте збільшуються енергетичні витрати безпосередньо на процес перемішування. Тому перевищення даного значення не є доцільним.

**Висновок.** Для забезпечення ефективного проведення процесу перемішування і нагрівання сировини у вакуум-горизонтальному котлі доцільно використовувати перемішувач з лопатками шириною 185 мм, частота обертання яке кого становить 62 об/хв.

#### **Література**

1. Вербицкий, С.Б. Оборудование для переработки вторичного мясного сырья: вчера, сегодня и завтра / С.Б. Вербицкий // Мясной бизнес. – 2012. – №4. – С.66-70.
2. Брік, Г.Б. Технологічні інструкції з виробництва борошна кормового тваринного походження, жирів для кормів і технічних потреб і борошна рогокопитного на підприємствах м'ясної та птахопереробної промисловості / Брік Г.Б., Михайлик С.С., Ткаченко Д.М. – К.: Національна асоціація «Укрм'ясо», 1999. – 106 с.

### 38. Модернізація комплексу для отримання мазевих лікарських засобів

Руслан Байрамов, Олена Бабанова

*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Метою дослідження є модернізація обладнання для отримання тетраметилетилендіаміну, яке направлене на зменшення енерговитрат, а отже зменшення собівартості готової продукції.

**Матеріали і методи.** Тетраметилетилендіамін (ТЕМЕД) –  $(\text{CH}_3)_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_3)_2$  – безбарвна рідина із густиною  $0.78 \text{ г/см}^3$ . Концентрація нерозведеного ТЕМЕД близько 6,7 моль/л. ТЕМЕД не є ініціатором полімеризації акриламід, але служить каталізатором цього процесу. Він ефективний лише у своїй неіонізованій формі, тому при полімеризації акриламід у кислому середовищі вміст ТЕМЕД слід значно збільшувати. У нейтральному або лужному середовищі ТЕМЕД можна додавати у кількості, еквімолярній у відношенні до персульфату.

**Результати і обговорення.** На сьогоднішній день на території України функціонує один завод по виробництву тетраметилетилендіаміну – ВАТ “Фармак”. Тетраметилетилендіамін (ТЕМЕДА) є продуктом для виробництва етонію, який використовується для загоєння після термічних, хімічних та променевих ожогів (має бактеріостатичні та бактерицидні властивості) в фармакології та для лікування бактеріальних шлунково-кишкових захворювань у ветеринарії.

Недоліком існуючої технології виробництва ТМЕДУ – є високі витрати енергії. Це досить вагомо впливає на собівартість кінцевого продукту. Тому постає необхідність модернізації комплексу для отримання мазевих лікарських засобів, що дозволить випускати більш дешевий продукт.

Модернізація комплексу полягає у заміні трьох кожухотрубних теплообмінників (двох для охолодження диметиламіну та одного для охолодження води) на один пластинчатий. Рух теплоносіїв в такому теплообміннику організовано таким чином, що розсіл виходячи після охолодження води в першій секції з тією ж температурою розділений на два потоки подається в другу та третю секції для охолодження дитетиламіна.

Кожухотрубні теплообмінники для охолодження парів диметиламіну, що надходять в поглинальну колонну де поглинаються охолодженою водою, яку теж потрібно охолоджувати, було замінено на пластинчатий теплообмінник, який складається з трьох секцій. Рух теплоносіїв організовано таким чином, що розсіл виходячи після охолодження води в першій секції з тією ж температурою розділений на два потоки подається в другу та третю секції для охолодження дитетиламіна.

Для покращення роботи обладнання була проведена додаткова модернізація пластинчатого теплообмінника, а саме зміна форми перерізу каналу. Зі зміною форми каналу зменшується і площа теплообміну.

**Висновок.** Таким чином зменшуються витрати розсолу, довжина трубопроводів та енергія яка необхідна для постачання охолоджуючого агенту до місця призначення, тобто до теплообмінника, а також кількість апаратів необхідних для охолодження.

Після модернізації об’єми виробництва лишаються незмінними, а витрати на електроенергію значно зменшуються в результаті зменшення потоків охолоджуючого агенту, а отже і зменшення потужності необхідної для постачання охолоджуючого агенту до теплообмінника. Також зменшується довжина трубопроводів, а отже й металоемність обладнання.

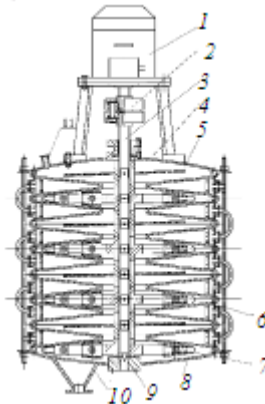
### 39. Удосконалення конструкції кристалізатора-концентратора харчових рідких середовищ виморожуванням

Ігор Фурса, Олена Бабанова, Ігор Бабанов  
*Національний університет харчових виробництв, Київ, Україна*

**Вступ.** В даний час пріоритети розвитку обладнання технологічних виробництв акцентовані на створення нової техніки, реалізує інноваційні та прогресивні способи оброблення вихідної сировини, що забезпечують перетворення в готовий продукт з максимальним збереженням початкового хімічного складу та біологічних властивостей.

**Матеріали і методи.** При отриманні концентрованих рідких біотехнологічних середовищ, деяких харчових рідких продуктів, а також у процесах очищення рослинних олій застосовується один із способів холодильного оброблення рідких середовищ – виморожування.

**Результати.** Удосконалений кристалізатор біотехнологічних і харчових середовищ виморожуванням, представлений на рис. 1. Відмінною особливістю апарату є збільшення питомої поверхні: теплообміну кожного елемента, зниження трудомісткості виготовлення, зменшення металоємності, зменшення кількості ущільнюючих місць, спрощення складання і розбирання кристалізатора.



**Рис. 1.** Загальний вигляд кристалізатора–концентратора: 1 – електродвигун; 2 – муфта; 3 – лопатевий вал; 4 – кришка; 5 – перфорований диск; 6 – корпус; 7 – лопатевий перемішувальний пристрій; 8 – нижній; 9 – опора нижня; 10 – розвантажувальний патрубок; 11 – завантажувальний патрубок

З метою запобігання утворенню застійних зон для холодоагенту, циліндрична обичайка забезпечена встановленою концентрично її перфорованою обичайкою вертикальних перегородок, встановленими діаметрально між циліндричною і перфорованою обичайкою.

**Висновки.** Таким чином, запропоноване удосконалення конструкції кристалізатора є ефективною і економічною за рахунок скорочення трудомісткості виготовлення, зниження металоємності, інтенсифікації процесу тепломасообміну і зменшення втрат часу в період монтажу і демонтажу кристалізатора.

#### 40. Проблемні аспекти управління науковою сферою в фармакологічній галузі України

Валерій Ющенко, Олена Бабанова, Ігор Бабанов  
*Національний університет харчових виробництв, Київ, Україна*

**Вступ.** Вивчення динаміки сучасних наукових процесів у фармації свідчить про те, що щорічно в світі синтезується близько 30000 нових молекул. При цьому лише 6,7% з них проходять етап доклінічних досліджень, 0,67% досягають I фази клінічних випробувань (КІ), II і III фаз КІ досягають 0,13 і 0,04% відповідно, а на фармацевтичний ринок виходять лише 0,027 % [1].

**Матеріали і методи.** Аналіз причин, за якими припиняється подальше розроблення нового лікарського засобу (ЛЗ), показав, що в 30% випадків це відбувається внаслідок виявлення високої токсичності, у 27% випадків – із-за недостатньої клінічної ефективності, 13 % розробок припиняються через неприйняттого профілю безпеки ЛЗ.

**Результати.** Проведені дослідження довели, що супроводжують весь НДДКР життєвий цикл (ЖЦ) фармацевтичної продукції, чим і обумовлений високий рівень її наукоємності [2].

На підставі аналізу сучасної нормативно-правової бази щодо питань регламентації сфери НДДКР в фармації, запропоновано концептуальну модель системи управління (СУ) в НДДКР фармації. Згідно моделі, законодавчої та регуляторної платформою СУ НДДКР у фармації є існуюче нормативно-правове забезпечення, вимоги настанов ІСН Q8 – Q10 і вимоги GMP. Зазначена СУ НДДКР також повинна враховувати принципи менеджменту знань, відповідальності керівництва, управління ризиками для якості і постійних поліпшень. Запропонована СУ НДДКР повністю відповідає вимогам діючих галузевих інструкцій і створює необхідні передумови для ефективного і результативного управління процесами наукових досліджень і розробок у фармації.

Оскільки базовим принципом сучасних концепцій управління є застосування процесного підходу, ефективне управління дослідженнями і розробками вимагає відокремлення НДДКР в фармації в окремий процес і побудови відповідної процесної моделі. Така модель повинна забезпечувати, з одного боку, управління НДДКР, як цілісним процесом, що супроводжує весь ЖЦ ЛЗ, а з іншого – можливість застосування фрагментів цієї моделі різними суб'єктами НДДКР.

**Висновки.** На підставі аналізу наукових джерел, інтернет-ресурсів і існуючої практики побудови процесних моделей, був запропонований алгоритм побудови процесної моделі НДДКР у фармації та обґрунтовано доцільна глибина декомпозиції [3]. Використовуючи запропонований алгоритм, була побудована і декомпозирована модель процесу НДДКР фармації.

#### Література.

1. Фармація України. Погляд у майбутнє: Матеріали VII Нац. з'їзду фармацевтів України (Харків, 15-17 верес. 2010 р.). У 2 т. / М-во охорони здоров'я України, Нац. фармац. ун-т; ред. кол.: В.П. Черних (голова) та ін. / Х.: НФаУ, 2010.
2. Посилкіна О. В. Наукові підходи до управління якістю досліджень і розробок у фармацевтичній галузі / О. В. Посилкіна, М. І. Сидоренко // Управління, економіка та забезпечення якості в фармації. – 2011. – № 4. – С. 13-24.
3. Сидоренко М.І. Впровадження процесних технологій в управління якістю НДДКР у фармації / М.І. Сидоренко, К.С. Світлична // Управління, економіка та забезпечення якості в фармації. – 2012. – № 5. – с. 39-47.

#### 41. Перспективи розвитку фармацевтичної галузі в Україні

Микола Ковтун, Олена Бабанова, Ігор Бабанов  
*Національний університет харчових виробництв, Київ, Україна*

**Вступ.** Завдання перетворення України в одного з глобальних лідерів світової економіки, виходу на рівень розвинутих країн за показниками соціального добробуту диктують принципово нові вимоги до всієї системи охорони здоров'я, зокрема до сектору створення фармацевтичних препаратів. Фармацевтичний ринок традиційно входить в число найбільш рентабельних ринків як в Україні, так і за кордоном. Протягом останніх років показник щорічного приросту споживання становить близько 25...30 % (фармацевтичні ринки США, Японії, Німеччини та Франції зростають в останні роки в середньому на 3...5 %), що свідчить про збільшення споживання лікарських засобів па душу населення.

**Матеріали і методи.** Проблема в тому, що частка української фармацевтичної продукції в натуральному вираженні в даний час складає близько 70 % ринку, в той час як у вартісному вираженні 80 % ринку займають західні фармацевтичні виробники, що розцінюється деякими експертами, як загроза для національної безпеки країни. Якщо не вживати заходів щодо розвитку вітчизняної фармацевтичної галузі, частка імпорту буде рости і в найближчі 10 років досягне 90 %.

**Результати.** Основними загрозливими факторами є: можливість припинення постачання в Україну імпортованих лікарських препаратів; зниження рівня керованості російського фармацевтичного ринку та фактична монополізація окремих сегментів зарубіжними виробниками призвела до того, що вони отримали дієві важелі контролю ринку; відсутність сучасних виробництв, здатних забезпечити базовими конкурентоспроможними продуктами.

Розвиток фармацевтичного сектору України передбачає рішення наступних завдань: відновлення на території України економічно доцільного синтезу найважливіших субстанцій лікарських засобів, які забезпечують безпеку країни на найближче майбутнє; ревізія всіх проведених в Україні науково-дослідних робіт за пошуку нових з'єднань і вибір пріоритетних напрямів; консолідація наукового потенціалу - створення на базі приватно-державного партнерства лабораторно-виробничого комплексу по розробці нових лікарських засобів.

Необхідними зовнішніми умовами розвитку фармацевтичного сектору є: стимулювання на державному рівні процесу проведення провідними міжнародними фармацевтичними корпораціями інноваційних досліджень в Україні; зміна закупівельної політики держави: закупівля замість аналогічних за якістю препаратів вітчизняних виробників.

**Висновки.** Необхідними умовами, які повинні бути створені всередині галузі, є створення вертикально інтегрованої структури (великої національної фармацевтичної компанії), націленої на подолання кризової ситуації і здатною організувати розробку і виробництво продукції для лікування найбільш соціально значущих захворювань; створення спеціалізованих наукових центрів (національних лабораторій): промислової біотехнології, нанобіотехнології, біотехнології ліків нового покоління. Так, Україна має в розпорядженні усіма ключовими ресурсами і конкурентними перевагами для відновлення і розвитку фармацевтичної промисловості.

## 42. Моделювання ущільнення порошкових фільтруючих елементів при радіально-ізостатичному пресуванні

Олександр Повстяной, Анатолій Михайлов

1 - Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

2 - Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Перспективним методом отримання фільтруючих елементів є радіально-ізостатичне пресування порошків. Для вибору оптимальних параметрів процесу все більш широко застосовується метод комп'ютерного моделювання.

**Матеріали та методи.** У даній роботі об'єм тіла, що деформується, розглядається як суцільне, безперервне середовище. Для опису поведінки цього середовища використовуються співвідношення теорії пластичності пористого тіла та метод скінчених елементів.

**Результати.** Розглянуто закономірності ущільнення виробів двох типів: у формі пустотілих циліндрів та фільтрів складної форми у вигляді колби.

При ущільненні фільтра, що має форму пустотілого циліндра, розподіл пористості нерівномірний. Зі збільшенням радіуса пористість зростає. По мірі збільшення ступеня деформації різниця між величинами пористості матеріалу у внутрішньої і зовнішньої поверхонь фільтра зменшується.

Товщиною і пористістю виробів можна управляти за рахунок зміни початкової пористості засипаного порошку, внутрішнього діаметра еластичного елемента, а також тиску пресування.

При пресуванні фільтруючих елементів складної форми у вигляді колби розглядалися дві схеми: радіальне та осьове ущільнення.

При радіальному застосуванні навантаження відбувається більш інтенсивне ущільнення матеріалу в області стінки фільтра. Дно фільтра ущільнюється меншою мірою.

У разі застосування схеми осьового навантаження спостерігається більш інтенсивне ущільнення дна фільтра. Стінка фільтра при цьому також ущільнюється, але менш інтенсивно.

Була розглянута схема ущільнення, при якій порошок спочатку ущільнювали в радіальному, а потім в осьовому напрямку. Застосування такої схеми дозволяє отримати більш рівномірний розподіл пористості.

**Висновки.** Метод комп'ютерного моделювання дозволив спрогнозувати кінцеві властивості фільтруючих елементів і вибрати оптимальну схему пресування виробів складної форми.

### Література.

1. Штерн М. Б. Модифицированные модели деформирования порошковых материалов на основе пластичных и труднодеформируемых порошков / О. В. Михайлов, М. Б. Штерн // Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія: Машинобудування. – 2011. – № 62. – С. 13–19.
2. Технології, структура, властивості пористих проникних матеріалів: / Монографія. / Рудь В. Д., Повстяной О. Ю., Заболотний О. В., Богінський Л. С. / Луцьк: РВВ ЛНТУ. – 2016. – 200с.

### 43. Кавітаційна деалкоголізація пива

Лубешко Андрій, Литвиненко Олександр, Удодов Сергій  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** В технологічних процесах харчової та фармацевтичної промисловості виникає потреба у розділенні водо-спиртових сумішей. Використання традиційних способів потребує значних витрат та великих обсягів виробництва, що для підприємств невеликої потужності нерационально.

**Матеріали і методи.** Відомі інші способи виготовлення безалкогольного пива, зокрема з використанням мембранного та вакуумного обладнання. Наприклад, при використанні мембранного методу застосовується зворотній осмос, а також діаліз, основою яких є мембрани модулі. При використанні термічного способу видалення спирту або дистиляції використовують випарні апарати з низхідним потоком рідини та вакуумні перегони установки в яких пиво нагрівається до 45°C, внаслідок чого пиво звільняється від летючих парів спирту [1].

**Результати та обговорення.** Однак, як показав аналіз літературних джерел, для розділення водо-спиртових сумішей, зокрема деалкоголізації пива, перспективним напрямом є використання ефектів, що супроводжують кавітацію [2,3]. Результати експериментів по розділенню водо-спиртових сумішей на компоненти під дією кавітації показали, що при цьому збільшується поверхня розділення за рахунок утворення та росту пульсуючих бульбашок, заповнених парами спирту.

За таких умов інтенсифікується масообмін і, як наслідок, швидкість розділення суміші на компоненти. Експерименти по апробації запропонованого способу проводили в роторному апараті типу гідродинамічної сирени, в якому здійснювали дію кавітації на весь об'єм суміші при атмосферному тиску. За 20 хв. концентрація спирту в суміші зменшилась з 60 до 20%, а вилучений спирт накопичувався в конденсаторі. Зі збільшенням інтенсивності кавітаційної дії, підвищується швидкість випаровування спирту з води.

Підвищення виходу спирту можна досягти її багатократному проходженні через зону кавітаційної дії. З цією метою пропонується процес розділення здійснювати в гідродинамічних кавітаційних апаратах статичного типу. При забезпеченні суперкавітаційних режимів течії за кавітаторами утворюється приєднана вакуумна камера, в яку дифундують (засмоктуються) пари спирту. Це дозволить збільшити відсоток його вилучення.

**Висновок.** Застосування запропонованого способу дозволяє знизити затрати енергії за рахунок того, що процес приводять при температурах менших, ніж мінімальна температура кипіння компонентів суміші, що дає можливість розділяти термічно нестійкі суміші. Крім того, гідродинамічні кавітаційні апарати відрізняються високою експлуатаційною надійністю.

#### Література

1. Kunze W. (2011), *Technologie Brauer und Mälzer*, LB Berlin, Berlin.
2. Патент 1699478, МПК В01 D 3/00 Спосіб ректифікації рідкої суміші / В.Ф.Юдаев та ін. – заявл. 05.05.89; опубл. 23.12.91, Бюл. № 47.
3. Зимин А. И. Кавитационная ректификация двухкомпонентных смесей / А.И. Зимин // Теоретические основы химической технологии, Т. 30, №4.



#### 44. Визначення раціональних режимів роботи хлібопекарських печей

Олександр Ковальов

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Хлібопекарська піч може працювати з різною продуктивністю  $G$ , при цьому величина питомої витрати палива  $b = f(G)$  буде змінюватися. Раціональна робота печі досягається тоді коли питомі витрати палива досягають мінімального значення. Мета наших досліджень – установлення залежності температури відпрацьованих газів від продуктивності печі і визначення найбільш раціональної продуктивності для печей даного типу.

**Матеріали і методи.** З метою визначення вхідних шуканих величин і функції відпрацьованих газів від продуктивності для хлібопекарських печей з рециркуляцією продуктів згоряння проведені дослідження, при перемінних режимах, на печі К-ПХМ-25. Дослідження проводили при випіканні хліба “Дарницького” подового масою 0,8 кг у всьому практично доцільному для цієї печі діапазоні змін продуктивності  $G = 0,069 \dots 0,079$  кг/с, ( $G = 100 \dots 115$  %, якщо за 100 % прийняте навантаження  $G = 0,069$  кг/год). У топці спалювали паливо пічне побутове (ТПБ) ТУ 38.101656-67.

**Результати.** В таблиці 1 показано отримані при експериментах зміни температури відпрацьованих газів  $t_{від}$  у залежності від продуктивності, і відповідна зміна втрати теплоти з відпрацьованими газами  $q_z$ .

Таблиця 1

Дослідні дані за результатом експерименту

№ пор	Продуктивність, кг/с	Температура відпрацьованих газів, °С	Втрати теплоти з відпрацьованими газами, %
1	0,069	302	7,6
2	0,072	318	7,9
3	0,076	322	8,2
4	0,079	340	8,5

З таблиці 1 видно, що залежності температури відпрацьованих газів і втрати теплоти з відпрацьованими газами від продуктивності виявилися лінійними. При цьому середня температура відпрацьованих газів, з урахуванням продуктивності пальника апроксимується розрахунковою залежністю

$$t_{від} = 219 + 1486 G, \text{ °С}$$

де  $G$  – продуктивність, кг/с.

Використовуючи аналітичні й експериментальні співвідношення знайдені витрати палива на холостий хід печі, тобто на роботу печі з нормальними теплотехнічними параметрами (температура в пекарній камері), але без вироблення продукції.

**Висновок.** Використовуючи аналітичні й експериментальні співвідношення нормальними теплотехнічними параметрами (температура в пекарній камері), але без вироблення продукції. Обрахунки витрат палива на холостий хід печі показали, що  $B_x = 9,13 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Величина витрати палива на холостий хід і коефіцієнт холостого ходу печі можуть бути використані в економічних розрахунках, пов'язаних із плануванням роботи печей і підтримки їх у гарячому резерві.

#### 45. Можливості використання комп'ютерного моделювання для оптимізації витрат при випічці хліб

Олександр Ковальов

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** В роботі розглядається можливість використання програмного пакету САПР Solid Works та ANSYS для зменшення витрат електроенергії в малорозмірній печі з інфрачервоним обігрівом пекарної камери. На сьогоднішній день в світі існує тенденція на здорожчання енергоносіїв, тому оптимізація енерговитрат харчових виробництв є актуальною метою. Класичні печі споживають значну кількість енергії тому доцільно використовувати "інфрачервоні" печі, як найбільш універсальні та економічні. Комп'ютерне моделювання дозволить покращити конструкцію пекарної камери такої печі.

**Матеріали та методи.** Розробка комп'ютерної моделі процесу випікання хліба в печі за допомогою найсучасніших програмних рішень САПР Solid Works та ANSYS Fluent. Для порівняння результатів комп'ютерного моделювання використано експериментальну піч з інфрачервоними випромінювачами і термопари та зразки пшеничного хліба масою до 1 кг.

**Результати та обговорення.** Час виходу на робочий режим з температурою 250 °С в пекарній камері складає 10-11 хв. Порівнювалися температури в середині заготовки та у пекарній камері.

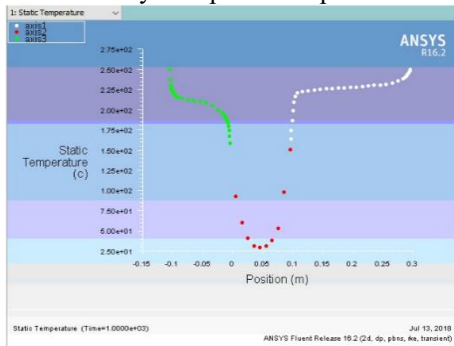


Рис. 1 Температурні поля заготовки.

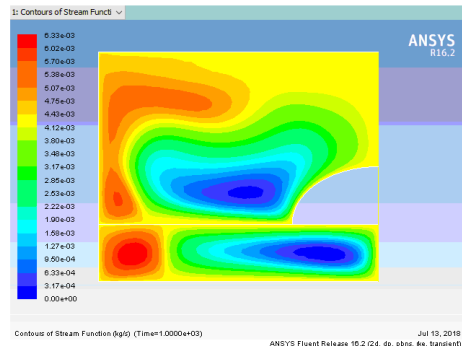


Рис. 2. Розподіл температури вздовж поперечного перерізу пекарної камери

Збіжність результатів досягається з похибкою 9-14%.

**Висновки.** При використанні наведених вище засобів можливо зменшити витрати електроенергії на 10-12%, оптимізувавши пекарню камеру та режими випікання під необхідну продукцію.

#### Література

1. Родіонов Є.В. Дослідження ефективності плоских інфрачервоних випромінювачів / Родіонов Є.В., Ковальов О.В., // Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової продукції – основні засади її конкурентоздатності : матеріали 4-ої Міжнародної спеціалізованої наук.-практ. конф. 8 вер. 2015 р., Київ, Україна. – К. : НУХТ, 2015. – С. 68-69.

#### 46. Удосконалення системи сервісного обслуговування фармацевтичного підприємства

Богдан Горбик, Максим Романовський, Олексій Губеня  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** У наявній навчальній і довідковій літературі недостатньо описані особливості системи сервісного обслуговування фармацевтичного підприємства. Проведені аналітичні дослідження з метою визначення основних особливостей системи сервісного обслуговування фармацевтичного підприємства та її удосконалення.

**Методика досліджень.** Дослідження системи сервісного обслуговування виконані на основі власного виробничого досвіду на посаді інженера з планування ремонтів АТ «Київмедпрепарат». Використані сучасні інформаційні матеріали провідних виробників обладнання та консультативних служб. Частина досліджень виконані на прикладі цеху пакування твердих лікарських форм і машини для пакування таблеток у блістери «MediSeal».

**Результати досліджень.** Система сервісного обслуговування фармацевтичного підприємства враховує особливі норми GMP до приміщень, технологічного процесу, обладнання, персоналу. Особливістю функціонування відділу технічного сервісу (далі – Відділу) є часткова відповідальність за кваліфікацію і валідацію обладнання. Відділ також несе відповідальність за організацію ремонту обладнання в умовах «чистих приміщень».

Основна функція Відділу – забезпечення безаварійної роботи обладнання та організація ППР. Відділ має повноваження прийняття рішень щодо роботи обладнання, його зупинки, залучення підрядних організацій до ремонту та експлуатації, розробки інструкцій та посадових обов'язків персоналу.

Розглянуте фармацевтичне підприємство АТ «Київмедпрепарат», яке виготовляє більшість видів лікарських форм, і, зокрема, цех пакування твердих лікарських форм і машина для пакування таблеток у блістери «MediSeal». Взята участь у розробці плану ППР на 2020 рік. Особливістю плану – відсутність капітальних ремонтів для більшості технологічного обладнання. Проведено дослідження (моніторинг) роботи машини. Визначено, що основним причинами аварійної зупинки були 4 фактори. Розроблено технологічну карту проведення ремонтних робіт машини, яка включає декілька стадій в залежності від відпрацьованого часу.

**Висновок.** Наведені дані та результати доцільно застосовувати у навчальному процесі для підготовки фахівців з інжинірингу фармацевтичних виробництв.

#### Література

1. Lelieveld H. Handbook of Hygiene Control in the Food Industry (Second Edition) / H. Lelieveld, J. Holah, D. Gabrić. – Elsevier, 2016. – 736 p.
2. Монтаж, експлуатація, діагностика та ремонт обладнання м'ясопереробних підприємств / І. Г. Бабанов, О. М. Гавва, О. І. Бабанова та ін. – Київ: Сталь, 2015. – 600 с
3. Пакувальне обладнання: підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. – Київ: Упаковка, 2010. – 744 с.

#### 47. Побутовий твердопаливний піролізний котел з вихроутворювачем

Дмитро Риндюк, Інна Беднарська

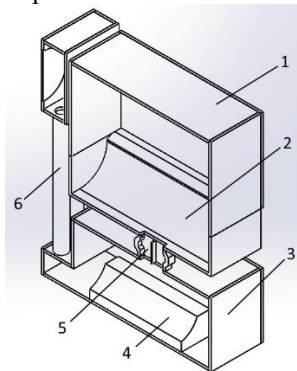
*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Вступ.** В зв'язку зі збільшенням ціни на природний газ набуває все більшої уваги проблема опалення. Економічно доцільно застосовувати побутові котли на біопаливі, як альтернатива газовим котлам.

**Матеріали і методи.** Дослідження спрямовані на модернізацію конструктивно-технологічних параметрів твердопаливних піролізних побутових котлів (ТППК) є актуальною проблемою. Піролізні котли на сьогоднішньому ринку опалювального обладнання вже досить давно перестали бути новинкою. Проте багато піролізних твердопаливних котлів мають один важливий недолік, що полягає в нестабільному процесі спалювання в результаті поганого перемішування газогенераторного газу та повітря через недосконалість подачі повітря. Авторами розглянуто конструкції та враховано основні конструктивні особливості ТППК: камери газогенерації, в яку завантажуються паливо та де відбувається процес піролізу, камери згорання, де відбувається догорання піролізних газів, теплообмінник, газовий пальник.

#### **Результати.**

Запропоновано, для покращення та стабілізації процесу горіння, внести ряд модернізацій конструкції ТППК, а саме встановити вихроутворювачі, які виконано у вигляді трапецієвидного заглиблення у бічних стінках пальника та стабілізаційну перегородку, що сприяє вихроутворенню.



**Рисунок 1. Побутовий твердопаливний піролізний котел з вихроутворювачем й стабілізаційною перегородкою**

На рис. 1 зображено побутовий твердопаливний піролізний котел 1 з піролізною камерою 2, камерою згорання генераторного газу 3, полум'яловлювачем 4, теплообмінником 6 та пальником 5 з вихроутворювачем й стабілізаційною перегородкою.

**Висновки.** Завдяки наявності трапецієвидного заглиблення, має місце вихроутворення з появою стійких турбулентних вихрових структур потоків генераторного газу та вторинного повітря, що забезпечують якісне сумішоутворення з відповідним рівнем концентрації палива та окисника.

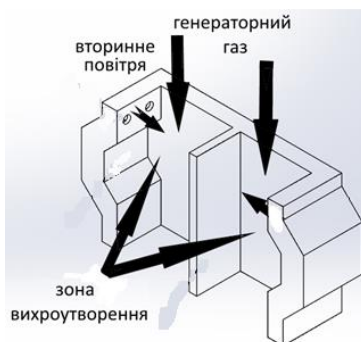
#### 48. Комп'ютерна симуляція роботи пальника модернізованого побутового твердопаливного піролізного котла з вихроутворювачем

Дмитро Риндюк, Інна Беднарська

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

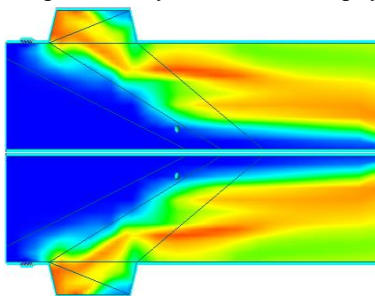
**Вступ.** Використання у проєктувальній практиці експериментальних фізичних моделей є економічно не вигідним, а класичні емпіричні залежності і експериментальний досвід, що традиційно застосовуються для проєктних розрахунків, не дозволяють врахувати у повній мірі всі технологічні та конструктивні особливості обладнання та дати кількісну оцінку взаємовпливу конструктивно-технологічних параметрів й поведінки потоків газів в процесі горіння.

**Матеріали і методи.** На базі котла Vissmann Vitolig 150 створено спрощену 3Д модель. Враховано основні конструктивні особливості пальника з вихроутворювачем й стабілізаційною перегородкою (рис. 1).



В програмному комплексі Flow Vision проведено симуляцію процесу горіння піролізного газу у модернізованому пальнику побутового твердопаливного піролізного котла.

**Результати.** На рис. 2 представлено результати моделювання у вигляді розподілу теплових потоків, де чітко прослідковуються зони вихроутворення.



**Висновки.** Отримані результати моделювання показують появу стійких турбулентних вихрових структур потоків, що забезпечують якісне сумішоутворення, а, отже, й стабільне горіння.

#### 49. Екологічні показники побутового твердопаливного піролізного котла з вихроутворювачем

Дмитро Риндюк, Інна Беднарська  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Вступ.** Проблема екологічного отримання теплової енергії постає все гостріше.

**Матеріали і методи.** Варто відзначити, що піролізні твердопаливні котли є не тільки економічні та прості в використанні та обслуговуванні, а ще й є екологічними.

**Результати.** Суть піролізного спалювання полягає в тому, що під впливом підвищеної температури і в умовах браку кисню деревина починає розкладатися на твердий залишок і летючу частину - піролізний газ. Піроліз деревини відбувається при температурі, що знаходиться в межах від 250 - 750 градусів. Слід врахувати, що цей процес є екзотермічним, іншими словами, він характеризується виділенням тепла, завдяки чому підвищується підсушування і прогрів палива в котлі. Процедура піролізного горіння відрізняється формуванням незначної кількості золи і сажі, саме тому це обладнання вкрай рідко вимагає очищення та є таким екологічним.

В запропонованому твердопаливному побутовому піролізному котлі завдяки наявності трапецієвидного заглиблення, має місце вихроутворення з появою стійких турбулентних вихрових структур потоків генераторного газу та вторинного повітря, що забезпечують якісне сумішоутворення з відповідним рівнем концентрації палива та окисника. Таким чином підвищується не тільки сталість факелу, інтенсивність та ефективність горіння палива, надійність роботи, техніко-економічні показники обладнання в цілому, а й екологічні показники.

Коефіцієнтом корисної дії побутового піролізного котла називають відношення корисної теплоти, що використовується для виробітку гарячої води, до всієї теплоти котла. Для визначення ККД використовували газоаналізатор, що визначив хімічний склад відхідних газів, після чого розраховували ККД котла за наступною формулою:

$$\eta_k = 1 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6 \quad (1)$$

де  $q_2$ , – втрати тепла, що відходять разом з продуктами згорання в атмосферу;

$q_3$  - тепловтрати, що пов'язані з неповним хімічним згоранням;  $q_4$  - втрати при механічному недопалі;  $q_5$  - втрати через зовнішнє охолодження;  $q_6$  - втрати тепла разом з видаленням шлаку з топки котла.

Зробили висновок, що після модернізації котла, зменшуються втрати  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$ .

**Висновки.** Отже, наявність в твердопаливному побутовому піролізному котлі вихроутворювача забезпечує якісне сумішоутворення з відповідним рівнем концентрації палива та окисника, що в свою чергу призводить до зниження викидів шкідливих речовин після спалювання біомаси та підвищення коефіцієнта корисної дії цього котла. Дослідження показали, що двоокис вуглецю буде викидатися в навколишнє середовище на 6-7% менше, ніж від звичайного піролізного котла. З формули (1) видно, що ККД котла збільшується на 2-4 %, а також при зменшенні  $q_2$  знижуються викиди  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  і  $\text{CO}_2$ .

## 50. Вплив структури продукту на енерговитрати процесу різання

Марія Аліпатова

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Вивчено впливу структури продукту на зусилля його різання.

**Матеріали і методи.** Досліджувались однорідні продукти – м'ясо, овочі (картопля, буряк, морква), модельні тіла (пінопласт), і неоднорідні багатошарові продукти (м'ясо з оболонкою) і модельні тіла – пінопласт з оболонкою із ПВХ. Різання відбувалось з постійною швидкістю – 0.2 мм/с, із різною орієнтацією шарів відносно руху леза. Зусилля різання визначалось на експериментальному стенді маятникового типу, та із застосуванням математичних моделей руху леза у продукті [1].

**Результати.** Для однорідних продуктів зусилля різання приблизно пропорційне швидкості ножа, а для багатошарових продуктів отримано більш складну закономірність (рис. 1). Якщо тонкий міцний шар багатошарових продуктів (м'ясо з жилистими прошарками, модельне тіло – пінопласт з оболонкою з полімерної плівки) розрізається лезом на початку, то тонкий міцний шар не значно впливає на зусилля різання, зміна зусилля під час проходження леза через тонкий шар не значна і не реєструвалася приладами. Якщо тонкий міцний шар розрізається в кінці різання, то відбувається стрімке збільшення зусилля різання в момент наближення до оболонки (криві 1, 2).

Результати пояснюються так – якщо на виході леза розміщено міцний шар іншого матеріалу, він не дозволяє деформуватись навколишнім шарам.

Так як лезо все одно деформує матеріал на величину своєї товщини, то зусилля стискування ним леза на межі контакту шарів значно зростає. Відповідно зростає зусилля тертя і загальний опір руху леза.

Отже, під час різання багатошарових продуктів доцільно спочатку розрізати оболонку, потім – основну частину продукту. Так зберігаємо енергоресурси на різання і забезпечуємо вищу якість зрізу, без викривлень та деформацій.

**Висновок.** Правильна орієнтація шарів багатошарового продукту відносно руху леза дозволяє знизити енерговитрати та підвищити якість різання.

### Література

1. Goots V., Gubenia O., Lukianenko B. (2013), Modeling of cutting of multilayer materials, Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies, 2(3), pp. 294–298

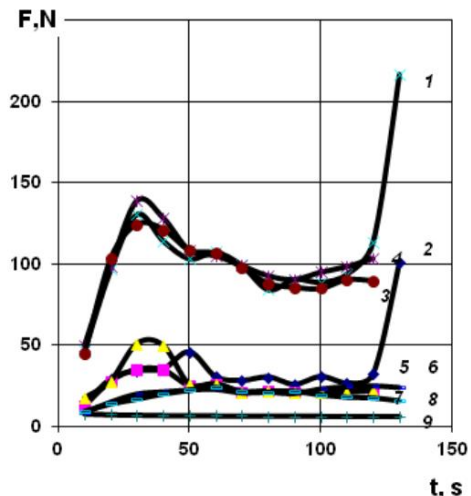


Рис. 1. Зміна зусилля різання в часі. Продукти:

1 – м'ясо з жилию на виході леза; 2 – м'ясо з жилию на вході леза; 3 – м'ясо без жили; 4 – модельне тіло – пінопласт з оболонкою на виході леза; 5 – модельне тіло – пінопласт з оболонкою на вході леза; 6 – пінопласт без оболонки; 7 – картопля; 8 – морква; 9 – буряк.

## 51. Удосконалення процесу і обладнання для гомогенізації мазей і паст

Святослав Михайлишин, Катерина Грінінг, Уляна Кузьмик, Олексій Губеня  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Проведені аналітичні та експериментальні дослідження з метою удосконалення процесу гомогенізації компонентів м'яких лікарських та косметичних засобів.

**Матеріали і методи.** Аналітичні дослідження базуються на аналізі сучасної наукової, інформаційної літератури, патентних баз України та світу, а також загальнодоступної інформації виробників фармацевтичної та косметичної продукції. Експериментальні дослідження полягали у визначенні реологічних показників м'яких лікарських і косметичних засобів, зокрема, мазей і зубної паст, на віскозиметрі Реотест 2.0. Енергетичні параметри процесу гомогенізації визначені з врахуванням результатів досліджень на основі відомих критеріальних рівнянь.

**Результати і обговорення.** Визначено основні переваги і недоліки наявних теорій процесу і обладнання для гомогенізації емульсій – мазей, паст і компонентів косметичних засобів. Основні недоліки наявного обладнання:

- низька ефективність перемішування і розбивання частинок емульсії, і як наслідок – низька продуктивність;
- наявність застійних зон, де продукт не гомогенізується;
- недостатньо даних про реологічні параметри досліджуваних продуктів і режимні параметри роботи обладнання.

Досліджено реологічні властивості рідких лікарських і косметичних засобів. Встановлено, що напруження їх зсуву зі збільшенням швидкості зсуву спочатку зростає, при значних швидкостях зсуву напруження зростає повільніше, тобто, в'язкість зменшується. Проте в'язкість деяких гелів у досліджуваному діапазоні швидкостей зсуву зменшується незначно. В'язкість всіх досліджених продуктів зі збільшенням температури зменшується. В'язкість зубних паст зі збільшенням температури знижується незначно, що пояснюється їх водною основою порівняно із жирною для більшості мазей. Отримані дані підтверджуються результатами інших дослідників на схожих продуктах, і дозволяють розрахувати потужність приводу гомогенізаторів на етапі проєктування.

Модернізація гомогенізатора полягає у встановленні турбінної мішалки і зовнішнього циркуляційного контуру. Це дозволило зменшити час гомогенізації з 4 до 1 години, і відповідно, збільшити продуктивність.

**Висновок.** Наукова новизна результатів полягає у отриманні ряду залежностей в'язкості мазей і паст від швидкості зсуву та температури. Практична цінність полягає в удосконаленні конструкції гомогенізатора, і, відповідно, зменшенні часу гомогенізації.



## 52. Енергетичні характеристики процесу надтонкого подрібнення в лабораторному бісерному млині

Катерина Грінінг, Руслан Гордейчук, Святослав Михайлишин,  
Олексій Губеня, Володимир Теличкун

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Мета дослідження - визначити надлишкову витрау енергії процесу подрібнення системи «бісер-продукт».

**Матеріали.** 1. Рицинова олія фармацевтична – рослинна олія з плодів рицини звичайної. 2. Пігмент червоний 120 залізоокисний ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) – порошкоподібний матеріал червоно-коричневого кольору, вологість менше 1%. Насипна густина 1-1,1  $\text{г}/\text{см}^3$ . Густина 5,0-5,1  $\text{г}/\text{см}^3$ . Форма частинок сферична. Переважний розмір частинок 0,11  $\mu\text{m}$ .

Використаний бісерний млин лабораторний. Робочий орган складається з вала, на якому закріплені 4 диска з 4-ма симетрично розташованими отворами діаметром 1 см. Робочі тіла - скляний бісер діаметром 2 мм. Частота обертів ротора 1350 об/хв. Показання приладів знімали протягом 62 хвилин. Маса продукту становила 250 грам (50 г пігмент та 200 г масла), а витрата охолоджуючої води - 0,0083  $\text{кг}/\text{с}$ .

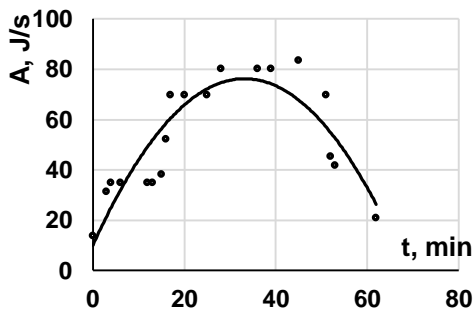


Рис. 1. Витрата надлишкової енергії в процесі експерименту

**Результати та обговорення.** На початку експерименту температура, а значить і енергія, зростає плавно, тому що зруйнуються первинні агломерати і великі частки твердої фракції. Далі спостерігається зростання в зв'язку зі збільшенням площі новоствореної поверхні, збільшенням в'язкості системи і, відповідно, надлишок енергії на подрібнення. В кінці експерименту витрата енергії згасає, суспензія вже подрібнена, і залишається постійна енергія, яка

виділяється в процесі тертя робочих тіл (бісеру) об стінки камери і робочих органів.

Питома енергія всього експерименту розраховувалася за формулою  $\int_{t_0}^{t_k} q(t)dt$  і чисельно дорівнює  $Q_{\text{пит.}} = 1,615 \times 10^3$  Дж.

### Література

1. Hrininh K. Investigation the process of superfine grinding of components of pharmaceutical and cosmetic products on the bead mill/ K. Hrininh, R. Hordeichuk, O. Gubenia // Proceedings of University of Ruse. – 2018. – Volume 57, Book 10.3.
2. Hrininh K., Hordeichuk R., Gubenia O. (2018), Comparative analysis of existing equipment for superfine grinding and investigation the process of superfine grinding on the bead mill suspension of titanium dioxide and quinacridone red, Ukrainian Journal of Food Science, 6(1), pp. 82–94.
3. Mende S. Rapl M. Mill performance matched to the task. Throughput enhanced by optimizing cooling and disc configuration // European Coatings Journal. – 2014. – №12. pp. 88–91.

### 53. Моделювання особливостей газодинаміки руху пари в складних об'ємах

Дмитро Риндюк, Микола Караваєв  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Вступ.** Представлено дослідження спрямовані на з'ясування особливостей роботи паротурбінного обладнання. Данні дослідження є черговим необхідним кроком для створення комплексної системи оцінки індивідуального ресурсу та продовження терміну експлуатації енергетичного обладнання блоків ТЕС та АЕС, що є досить актуальною тематикою. Проведено роботу по розгляду газодинаміки регулюючого клапана турбіни К-200-130.

**Матеріали і методи.** Опираючись на математичну модель газодинаміки руху пари, проведено ряд числових експериментів на базі розрахункових схем, що враховують реальні конструктивні та режимні особливості роботи відповідних вузів енергоблоку. Числові експерименти реалізовано в програмному комплексі Ansys R17.2 звикористанням розрахункового модуля Fluent.

**Результати і обговорення.** Як відомо, точність числових експериментів проведених на основі методів просторової дискретизації в значній мірі залежить безпосередньо від якості кінцевоелементної сітки. Сітка була побудована за методом CC-FVM (Метод кінцевих об'ємів з розрахунком невідомих в центрах комірок), тут грані контрольного об'єму збігаються з гранями комірок вихідної сітки і розрахунковим вузлом є центр геометричної комірки. Перевагою методу є те, що величини, отримані інтегруванням за об'ємом, мають більш високу точність. Розрахункова сітка складається з 1441159 елементів. Для врахування тонкого пограничного шару використано модель  $k-\epsilon$ .

Як початкові умови було задано масову витрату пари та температуру на вході в клапан згідно реальних даних роботи енергоблоку №5 Курахівської ТЕС ДТЕК «Східенерго».

На рис. 1-2 показано результати числових експериментів, а саме розподіли тисків та швидкостей по перерізу регулюючого клапана.

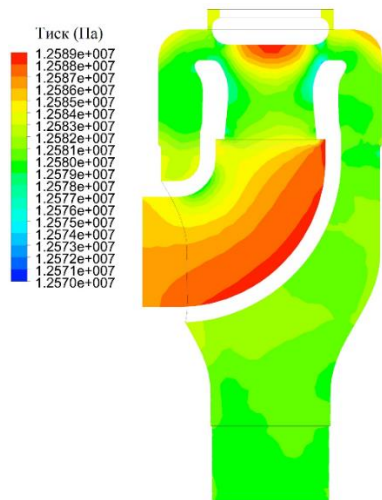


Рис.1 Розподіл тиску по перерізу клапана

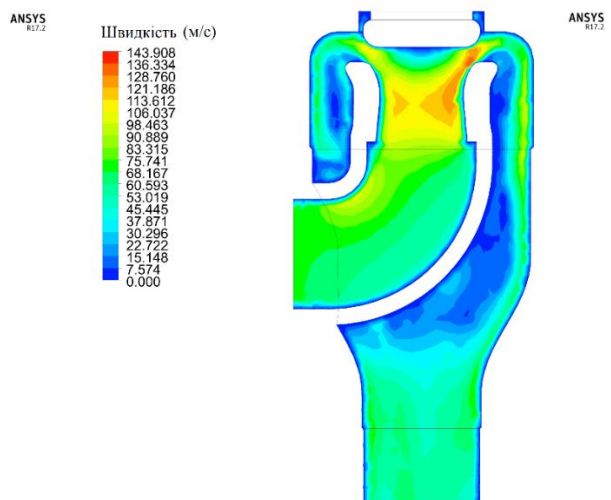


Рис.2 Розподіл швидкостей по перерізу клапана

**Висновки.** Отримані результати демонструють особливості поведінки теплоносія при протіканні через регулюючий клапан турбіни К-200-130 і є основою для подальших розрахунків теплового та напружено-деформованого стану високотемпературних товстостінних елементів (корпусу) розглянутого вузла, з наступною можливістю прогнозування ресурсних показників.

## **14.2.**

### **Technological equipment and computer design technology**

**Chairperson – professor Valerii Myronchuk**

**Secretary – Taras Pogorilyi**

## **14.2.**

### **Технологічне обладнання та комп'ютерні технології проектування**

**Голова – професор Валерій Мирончук**

**Секретар – Тарас Погорілий**

## Аналіз машинно-апаратурних схем кристалізації цукрози охолодженням в перемішувачах кристалізаторах

Дмитро Дудко, Валерій Мирончук

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

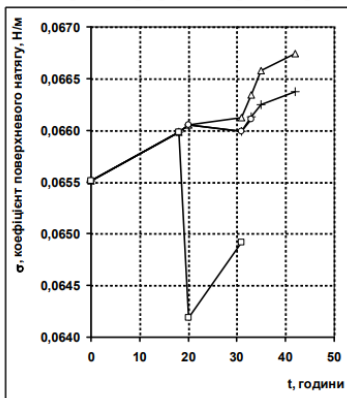
**Вступ.** Однією із головних задач цукрового виробництва, крім отримання високоякісного цукру, є зменшення вмісту сахарози в мелясі. Оскільки меляса є кінцевим продуктом виробництва і, здебільшого, не підлягає подальшій переробці в межах цукрового заводу, слід проводити процес знецукрення таким чином, щоб в ній залишилась мінімальна кількість сахарози.

**Матеріали і методи.** У сучасному виробництві цукру використовується три основні апаратурні схеми ведення додаткової кристалізації утфелю останнього продукту: охолодження утфелю у послідовно з'єднаних перемішувачах-кристалізаторах горизонтального типу, у вертикальних перемішувачах-кристалізаторах та комбінації цих двох способів. Однією із основних проблем кристалізації охолодженням є розбіжність між темпом охолодження та темпом кристалізації, що провокує вторинне кристалоутворення. Крім того, значне підвищення в'язкості при охолодженні утфелю погіршує подальші умови кристалізації сахарози і вимагає розбавлення (розкачки) утфелю водою або цукровим розчином.

Рис. Зміна коефіцієнту поверхневого натягу при різному режимі охолодження утфелю:

—+— за умов розбавлення цукровим розчином високої чистоти; —▲— за

умов розбавлення водою; —○— за умов розбавлення цукровим розчином низької чистоти; —□— за умов проміжного нагрівання.



**Результати.** Нами визначена в'язкість міжкристалного розчину після охолодження до 40 °С без розбавлення утфелю водою чи проміжного нагрівання, з розбавленням (розкачкою) без нагрівання і з проміжним нагріванням зі швидкістю 1 °С за хвилину. З цього графіка видно, що за умов проміжного нагрівання утфелю в перемішувачах-кристалізаторах від 50 °С до 60 °С

швидкість подальшої кристалізації охолодженням суттєво зростає.

Це пояснюється зменшенням в'язкості міжкристалного розчину.

**Висновки.** Використання проміжного нагрівання утфелю останнього продукту на 7÷10 °С взаємін розкачок його водою чи цукровим розчином зводить до мінімуму вторинне кристалоутворення, створює сприятливі умови для інтенсивної кристалізації утфелю останнього продукту в мішалках-кристалізаторах, збільшуючи ефект кристалізації в них майже в 2 рази.

### Література

1. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. Часть 2. под ред. В.О. Штангеева. – К.: Цукор України. 2004. – 320 с.
2. Мирончук В.Г., Єщенко О.А. Методика моделювання процесу промислової кристалізації цукрози. // Харчова промисловість – К.: НУХТ, 2009 – № 8, с. 87–90.

## **Intensification of separation by reverse osmosis and electro dialysis using ozone and sorption.**

**Volodymyr Zakharov, Yurii Zmievskiy, Valerii Myronchuk, Ludmyla Kornienko**  
*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine.*

**Introduction.** Organic compounds are the cause of the active growth of unwanted microflora, which speeds up the contamination of reverse osmotic and electro dialysis membranes and requires daily chemical cleaning of membranes, tanks for temporary storage of permeate and transport pipelines. To eliminate the negative effects of organic compounds, the authors propose to apply the ozonation process and subsequent sorption purification.

**Materials and methods.** The experimental installation consisted of a block of obtaining ozone (air dehumidifier, rotameters, ozonizer ), ozonation unit (contact capacitance, foam traps, two glasses of Drexel with KI solution) and a pump for pumping the gas phase. Solution of nanofiltration permeate of milk whey was used for research.

Experimental and theoretical studies have led to rational parameters of the nanofiltration permeate ozonation process: the rational duration of ozonation of nanofiltration permeate is 10 min, and the rate of the ozone gas mixture - 3 l/min [1].

The chemical oxygen demand that was used to determine the efficiency of the process was determined by the Kubel method. The amount of ozone was determined by the iodometric method [1].

**Results and discussion.** Organic compounds are oxidized during ozonation, which results in the formation of simpler compounds and the removal of a small amount of them in the form of carbon dioxide. However, the contact of ozone on the surface of polymer membranes is unacceptable, since it leads to damage of the selective layer and loss of their selective properties. Therefore, it is advisable for the nanofiltration permeate to pass through the activated carbon layer after ozonation. This will not only remove more organic matter but also degrade ozone. The solution thus treated can be concentrated by reverse osmosis at lower energy costs due to less contamination of the membranes and, accordingly, less resistance to mass transfer.

Further comparison of the performance of membranes when working with untreated whey nanofiltration permeate and after the ozonation and sorption purification showed a positive effect of the proposed intensification on the membrane separation. The productivity of reverse osmosis membranes when working with the treated solution increased by 25...30 %; the conductivity of the solution at the concentration of electro dialysis for the treated permeate decreased, on average, by 7...11 %. Thus, the efficiency of membrane separation of whey nanofiltration permeate was established.

**Conclusions.** The use of ozonation allowed to intensify the work of membrane plant, as a result, it was possible to achieve a productivity increase of reverse osmosis membranes by 25...30% and electro dialysis membranes by 7...11 %. Thus, the efficiency of membrane separation of whey nanofiltration permeate was established.

### **References.**

1. V.V. Zakharov, Yu.G. Zmievskii, O.A. Ustinov, Yu.S. Dzyazko, and V.G. Myronchuk, «Chapter 11 Deep processing of permeate after nano-filtration (NF) of milky whey», in Membrane and Sorption Materials and Technologies: Present and Future, Kyiv, IGIC, 2018, pp. 61–65.

### Каменевловлювач елеваторного типу

**Владислав Портянко, Анастасія Дубівко, Микола Пушанко**  
Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

**Вступ.** Потрапляння разом з буряками у бурякопереробне відділення важких домішок спричиняє швидке зношення бурякорізних ножів та негативно впливає на процес виробництва цукру. Тому актуальним є питання впровадження нових конструкцій уловлюючих пристроїв, що дозволять більш ефективно видаляти важкі домішки.

**Матеріали і методи.** В каменевловлювачах елеваторного типу використовується принцип роботи уловлювачів, що працюють на висхідних потоках води. Каміння та пісок, що рухаються по дну лотка гідротранспортера, через отвори на дні потрапляють у бункер з похилими стінками і сповзають до місця завантаження в кармани. Подача води в бункер утворює висхідний потік і заважає потраплянню в кармани буряків.

**Результати.** Каменевловлювач призначений для уловлення каміння та піску і їх підйому на будь-яку висоту. Він являє собою карманний елеватор, до нижньої частини якого приєднано ділянку лотка гідротранспортера з отвором у дні для проходження важких домішок (рис. 1). До дна лотка приєднані бункер і камера з патрубками для підводу висхідного потоку води і завантаження уловлених домішок в кармани елеватора, закріплені на двох тросогумових стрічках. У верхній та нижній частинах елеватора стрічки охоплюють два жорстко закріплені на валах шківів. При зміні напрямку руху карманів відбувається вивантаження домішок.

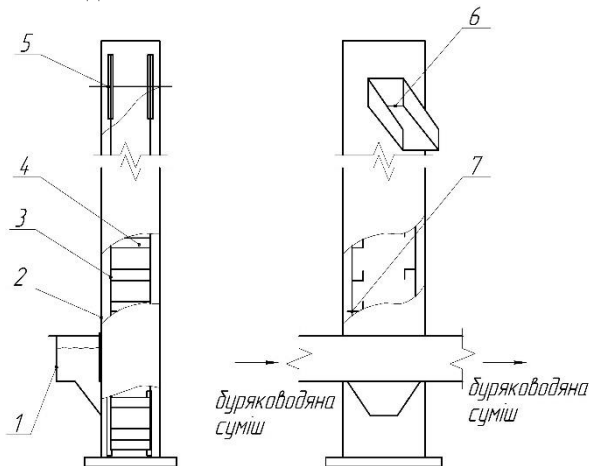


Рисунок 1. Каменевловлювач елеваторного типу:  
1 – лоток гідротранспортеру; 2 – шахта елеватора; 3 – тросогумові стрічки; 4 – кармани; 5,8 – шківів; 6 – вивантажувальний лоток; 7 – черпальний карман

Важкі домішки, що осіли в нижній частині видаляються черпальними карманами.

**Висновки.** Використання двох безкінечних тросогумових стрічок в якості тягового органу забезпечує плавну роботу пристрою. В підземних галереях, де проходять лотки гідротранспортера, використання каменеуловлювача елеваторного типу забезпечує уловлення і вивантаження важких домішок на будь-яку висоту без використання додаткових механізмів.

## Методи вдосконалення конструкцій барабанних охолоджувачів для термічно оброблених матеріалів

Дмитро Волошко, Юрій Вересоцький

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Основною олійною культурою в Україні є соняшник. Насіння соняшнику та продукти їх переробки містять багаті комплекси біологічно активних речовин, таких як вітаміни та провітаміни. Правильна організація та раціональна технологія переробки соняшникового насіння дозволить забезпечити, разом з найбільшим виходом олії, найменші втрати біологічно активних речовин [1].

**Методи досліджень.** Для вибору оптимальної конструкції барабанного охолоджувача для охолодження термічно оброблених матеріалів, проведено аналіз сучасних конструкцій такого типу охолоджувачів, що використовуються для охолодження зернових культур.

**Результат дослідження.** Після обсмажування соняшникових ядер їх необхідно швидко охолодити, щоб не допустити його пережарювання і не втратити смакові якості продукту. Цю операцію виконує охолоджувач барабанного типу [1].

Машина являє собою модель прохідного типу, що здатна працювати в безперервному режимі і може бути використана в автоматичних лініях. Інтенсивність обдування і час перебування насіння в охолоджувачі можна регулювати за допомогою частотного перетворювача обертів електродвигуна. Обладнання складається з барабана прохідного типу і відцентрових вентиляторів.

Для удосконалення конструкції барабанного охолоджувача було застосовано такі методи (рис. 1):

- відключення відцентрового вентилятора у нижній частині кожуха;
- цільний барабан було замінено на сітчастий для зменшення часу перебування насіння в барабані та для збільшення продуктивності;
- для кращого охолодження насіння соняшнику, всередині корпусу було вмонтовано дифузор (повітророзподільний елемент) для запобігання скупчення насіння в барабані.

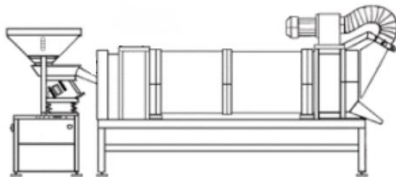


Рис. 1. Схема барабанного охолоджувача.

**Висновки.** Запропоновані методи удосконалення конструкції барабанного охолоджувача доцільні для впровадження на заводах, що сприятиме організації високопродуктивного виробництва з високим рівнем автоматизації, що у свою чергу приведе до зростання об'ємів виробництва.

### Література

1. Ткаченко О.В. Обґрунтування технологічних режимів сушіння насіння соняшнику вищих репродукцій і розробка обладнання для їх забезпечення : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Ткаченко О.В. // Таврійський держ. агротехнологічний ун-т. – Мелітополь, 2009. – 20с.

## Модернізація лінії виготовлення твердого сиру

Грицай Владислав, Вересоцький Юрій

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Спроби використовувати сироваткові білки у виробництві сиру з метою збільшення його виходу були зроблені ще до появи мембранної техніки, коли білки сироватки можна було виділити лише тепловим способом у денатурованому вигляді. Проте використання денатурованих сироваткових білків при виробленні сирів (російського, костромського, пікантного) за існуючою технологією призводило до одержання нетипового, гіркого, кислуватого і слабковираженого смаку, мажущейся консистенції, зайво розвиненого нехарактерного малюнка. Позитивні результати дало застосування таких білків тільки при виробництві плавлених сирів, сирної маси і ропних сирів. Застосування мембранних методів обробки молока дозволяє різко підвищити ефективність виробництва таких молочних продуктів, при виробленні яких за традиційною технологією деякі складові частини молока підлягають відділенню.

**Матеріали і методи.** Проведений аналіз існуючої лінії, зроблено опис техніко-економічної доцільності використання сироватки та соціального обґрунтування даної модернізації. Проведений технологічний, енергетичний, механічний розрахунок. Висвітлені питання охорони праці в сироробному цеху і аналіз екологічних проблем, які виникають при роботі розглянутого обладнання.

**Результати.** Для подальшого використання сироватки її доцільно очистити перед обробкою на мембранній установці. Технічне переоснащення лінії полягає у встановленні сепаратора ОТС після ванни, в якій виділяється сироватка. Звідти вона відкачується в танк. Для ефективного освітлення, перед подачею на сепаратор її підігривають на пластинчастому підігрівачі, щоб білок згорнувся. З допомогою сепаратора на першому етапі можна відокремити відносно великі частки згустку, які відводяться у бак, а потім йдуть на подальшу переробку. Сироватка направляється у танк, а потім на мембранну установку. Як результат ми отримуємо додатково білковий згусток (дрібний) і розчин з лактозою.

**Висновки.** Розвиток нанотехнологій, зокрема мембранної, дозволяє значно збільшити ступінь переробки вторинної сировини харчової промисловості та одночасно сприяти зниженню частки викидів у навколишнє середовище. Особливо це актуально для подальшого формування системи комплексної переробки сирної сироватки мембранні методи обробки сировини.

### Література

1. Брык М.Т. і ін. Мембранна технологія в харчовій промисловості/ М.Т. Брык, В.Н. Голубев, А.П. Чагаровский. - К.: Урожай, 1991. - 224
2. Н.И. Томбасв. Справочник по оборудованию предприятий молочной промышленности, 1972 – 544 с.
3. Машкін М.І., Париш Н.М. технологія виробництва молока і молочних продуктів,- 2006.-347



## **Визначення впливу коливань потоків теплоносія на час перебування частинок продукту в дискових розпилювальних сушарках промислового типу.**

**Валентин Туфекчі, Юрій Вересоцький**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Сушіння розпилюванням - це перетворення продукту з рідкого стану в висушений шляхом розпилення в гаряче сушильне середовище (Masters, 1972). Така техніка сушіння використовується в ряді технологічних виробництв для виробництва харчових продуктів, миючих та косметичних засобів, фармацевтичних препаратів. Так компанія Fonterra Co-operative Group Ltd., найбільший у світі експортер молочної продукції, використовує близько 40 сушарок для розпилення на 25 виробничих площах в Новій Зеландії.

**Матеріали і методи.** Сушіння розпилювачем є технікою, яка широко використовує камери сушіння типу «циліндр на конусі». Структури повітряних потоків всередині таких камер зазвичай регулюються тимчасовими коливаннями, які впливають на рух частинок. Самостійні коливання посилювалися великою швидкістю основного входу гарячого повітря (теплоносія), тоді як нижча температура їх призводила до більш плавних коливань.

**Результати.** Імітаційні роботи показали, що ці самостійні коливання в першу чергу можна віднести до дисбалансу тиску в областях, прилеглих до центрального струменя. Числові дослідження показали, що більший діаметр камери при відносно меншій швидкості вхідного струменя потенційно полегшить дисбаланс тиску, врешті-решт усунувши самостійне коливання. Проведено моделювання і ряд досліджень зміни швидкостей, температури та напрямків руху потоків теплоносія усередині камери сушіння.

**Висновки.** Моделювання показали, що головна особливість сушильної камери- це головний осьовий струмінь, що надходить у верхню частину камери.

Струмінь сповільнюється, коли він рухається далі в сушарку і рухається навколо центральної осі.

### **Література**

1. Храмов А.Г., Нестеренко П.Г. Технология продуктов из молочной сыворотки.- М.: Делипринт, 2004.
2. H. Jubaer, S. Afshar, J. Xiao, XD Chen, C. Selomulya, MW Woo, On the effect of turbulence model on CFD simulations of a counter-current spray drying process, Chem. Eng. Res. Des., 141 (2019) 592-607.
3. ANSYS® FLUENT, Help System, ANSYS FLUENT Theory Guide, Release 2019R2, ANSYS, Inc., USA, 2019.

## **Переваги застосування процесу ультрафільтрації при переробленні молока**

**Бузовський Олександр, Змієвський Юрій**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Однією з головних проблем сучасного молочного виробництва, являється постійне отримання молока зі стандартного складу молока-сировини протягом усього року. Виробникам молочних продуктів добре знайомі проблеми, пов'язані з сезонним коливанням рівня білка і якості сировини. Інтенсивний шлях вирішення проблеми стандартизації молока - метод ультрафільтрації, який дозволяє з легкістю подолати проблему коливання складу сировини і дає позитивні результати.

**Матеріали та методи.** У молочній промисловості ультрафільтрацію (УФ) використовують для виділення білків з молока або молочної сироватки. В процесі УФ, деяка частина молока (фільтрат) проходить через мембрани, залишаючи при цьому на фільтрі білки. Отриманий фільтрат складається, головним чином, з води, лактози і мінеральних солей. Інша частина молока (концентрат 17-22% сухих речовин) проходить над мембранами, несучи при цьому всі молочні білки. За рахунок високої селективності мембрани, в концентраті залишається понад 97% білків, в тому числі і сироваткових, що знижує їх втрати при виробництві сиру.

При першій обробці обсяг готового продукту збільшується за рахунок істотного зменшення втрат білка. Концентровані білки краще коагулюють, утворюють більш щільний згусток, запобігаючи високим втратам білка, а також сприяють утриманню частини молочних білків в складі продукту (сир, творог та кефір). В результаті описаного процесу є збільшення вихідного продукту на 2-3% при незмінній кількості обробленого молока-сировини.

Завдяки концентруванню білкової складової молока, відкривається можливість збільшення продуктивності технологічної лінії по готовому продукту без нарощування потужності самого обладнання. Адже в разі обробки молока після ультрафільтрації, обсяг вихідної сировини залишається незмінним, проте вміст білка в ньому вище і, отже, готового продукту - сиру, творогу - буде отримано більше.

### **ПЕРЕВАГИ ТЕХНОЛОГІЇ:**

1. Зменшення витрат закваски і ферментів до 60%.
2. Зменшення тривалості утворення сирного суслу за рахунок підвищення кількості сухих речовин в початковому продукті.
3. Немає проблеми сезонного зниження концентрації білків в молоці.
4. Збільшення виходу сиру на 2-3% за рахунок зниження втрат білків.
5. Зменшення втрат білка і закваски, знижується кількість сироватки на 30%.
6. Можливість нормалізувати молоко по білку, використовуючи отриманий фільтрат
7. Вихід сиру кисломолочного при цьому способі на 1,5–2 % вище, чим при класичному.

**Висновок.** Застосування процесу ультрафільтрації в молочній промисловості дає відчутний приріст в економії сировини (2-3%) при незмінній кількості використаної сировини, а також на 1.5-2 % більший вихід сиру кисломолочного, ніж при класичних методах.

## Модернізація конструкції соломогичкоуловлювача СБГМ-700

Микола Анікін, Євген Бабко, Валентин Олішевський

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Видалення легких домішок із сировини, є важливим процесом, особливо коли сировина далі подрібнюється, тобто зустрічає ножі в тих чи інших пристроях. Легкі домішки просто псують ножі, погіршують проходження процесу висолоджування та збільшують втрати цукру.

**Матеріали і методи.** Проведений аналіз конструктивних та технологічних особливостей соломогичкоуловлювача СБГМ-700 для видалення легких домішок із сировини шляхом встановлення між граблями додаткових перфорованих пластин для збільшення поверхні уловлювання і, відповідно зменшення кількості легких домішок які надходять разом із буряком у виробництво.

**Результати.** Провівши аналіз роботи соломогичкоуловлювача СБГМ-700, встановлено, що ефект вловлювання домішок в такому вловлювачі значно підвищується, так як на перфорованих пластинах, які практично повністю перекривають буряководяний потік, затримуються майже всі короткі органічні домішки, що протікають в верхніх шарах буряководяного потоку. Крім того згин перфорованих пластин дозволяє покращує процес затримування домішок.

Для уловлювання рослинних домішок до плоских гребінок додатково шарнірно на осях прикріплені зігнуті перфоровані пластини, а для фіксації їх від повертання встановлено штифт (рис.1).

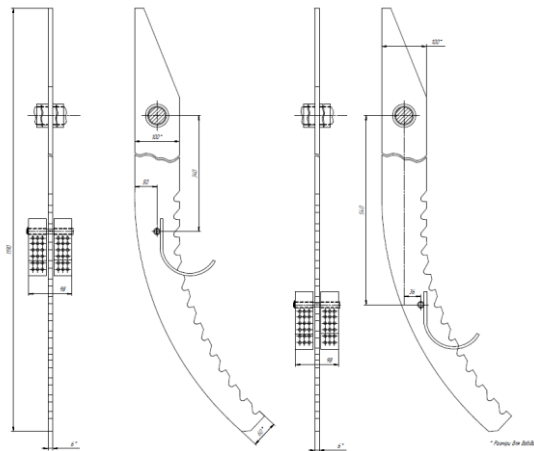


Рис.1. Загальний вигляд модернізованих гребінок

**Висновки.** Усунення домішок є досить складною проблемою, особливо при великих потужностях підприємств. У проєкті проаналізовано конструкцію соломогичкоуловлювача СБГМ-700 та запропоновано модернізацію робочих органів

### Література.

1. Гребенюк С.М. Технологічне обладнання цукрових заводів, М.: КолосС, 2007. - 520 с.
2. Мирончук В.Г., Орлов Л.О. та ін. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості, Навчальний посібник. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 288 с.

## **Інтенсифікація процесу пресування жому бурякоцукрового виробництва**

**Олексій Бебешко, Євген Бабко, Валентин Олішевський**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** На швидкість та якість протікання масообмінних процесів під час екстрагування сахарози з бурякової стружки найбільш суттєво впливають структурно-механічні властивості бурякової тканини, а саме її міцність, пружність та стійкість. Одним із сучасних напрямків підвищення структурно-механічних характеристик бурякової тканини є застосування кальцієвмісних реагентів в процесі екстрагування [1...3].

**Матеріали і методи.** При проведенні досліджень використовували водні розчини гіпсу  $[\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$  вітчизняного виробництва та стружку прямокутного перетину з цукрового буряку, яку отримували за допомогою лабораторної установки [4].

### **Результати.**

Проведено аналіз сучасних додаткових реагентів, які використовуються для підвищення пружних характеристик бурякової стружки в процесі екстрагування та пресування.

Отримані результати свідчать ефективність використання гіпсу в кількості 0,04 % до кількості бурякової стружки для покращення показників жому. Досягнутий ефект пояснюється тим, що іони металу  $\text{Ca}^{2+}$  в процесі екстрагування по каналам пошкоджених під час різання поверхневих клітин бурякової стружки проникають в їх будову, укріплюють клітинні стінки (пружно-міцнісний каркас) за рахунок утворення комплексів з пектинами, і як наслідок, покращують пресувальні властивості жому

**Висновки.** Встановлено, що використання розчину гіпсу в кількості 0,04 % до кількості бурякової стружки покращує структурно-механічні властивості бурякової тканини, в результаті чого спостерігається підвищення вмісту сухих речовин в пресованому жомі.

### **Література**

1. Asadi M. (2007), Beet Sugar Handbook, John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, pp. 162–163, pp. 435–450.
2. Bogdanovic, Branislav V., Seres, Zita I., Gyura, Julianna F. (2013), The influence of extraction parameters on the quality of dried sugar beet pulp, *Hemijaska industrija*, 67(2), pp. 269-275.
3. Ermanno Prati, Franco Maniscalco (2013), How to improve the performance of pulp pressing. *Sugar industry-zuckerindustrie*, 138(3), pp. 171–174.
4. Bosse E.D. (1997), Increase in dry substance of pressed pulp by addition of pressing aids into the pulp press, 29th General Meeting of the American Society of Sugar Beet Technologists Phoenix, Arizona March 2 to 5, pp. 233–235.
5. Люлька, О. М. Удосконалення робочих органів бурякорізальних машин цукрового виробництва: дис. канд. техн. наук: 05.18.12 / Олександр Миколайович Люлька // НУХТ. - К., 2015. - 140 с.

## Інтенсифікація процесу отримання сирного зерна

**Власенко Володимир, Діана Бабко, Валентин Олішевський, Євген Бабко**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Теплова обробка сирного зерна - один з основних процесів при отриманні його для виробництва сирів. Теплова обробка у сировиготовлювачах характеризується процесом конвективного теплообміну в робочій суміші молочному згустку, сирному зерні і сироватці. Практично ці процеси не достатньо досліджені. Важливими умовами реалізації процесу теплообміну є рівномірна передача теплоти від теплоносія до робочої суміші з певною швидкістю нагрівання.

**Матеріали і методи.** Проаналізовано загальні характеристики апаратів для виготовлення сирного зерна та теплообмінні процеси, що протікають при його отриманні. Розглянуто основні переваги та недоліки апаратів для отримання сирного зерна. Проаналізовано методи визначення теплофізичних характеристик харчових продуктів. Враховуючи специфіку теплообмінних процесів, що протікають при виготовленні сирного зерна та функціональні особливості апаратів для його виготовлення, зроблено висновок про доцільність розробки нової конструкції сировиготовлювача з покращеними теплотехнічними характеристиками.

**Результати.** Досліджено вплив основних технологічних параметрів робочої суміші сировиготовлювача на її теплофізичні властивості. Проведені експериментальні дослідження процесу теплообміну у вертикальних сировиготовлювачах і визначено вплив технологічних режимів виробництва сирного зерна на процес теплообміну і встановлено, що максимальне значення величини коефіцієнта тепловіддачі сировиготлювача знаходиться в діапазоні частоти обертання різально-вимішувального інструмента від 0,15 до 0,23 с-1.

**Висновки.** На основі дослідження теплообмінних процесів встановлено вплив основних технологічних параметрів робочої суміші на її реологічні властивості в результаті чого покращується процес отримання сирного зерна, скорочуються втрати теплоти та сировини при виробництві сиру.

### Література

1. Єресько Г.О., Орлюк Ю.Т., Савченко О.А. Вертикальний сировиготовлювач нового покоління. Харч. і переробна пром. 2001. № 4.С.26-27.
2. Пат. № 4721 Україна, МКІ А 01 j 25\02. Сыроизготовитель / Генинг В.Г., Кимачинський С.І., Орлюк Ю.Т., Савченко О.А., Черняк С.І.- №94240441; Заявл. 15.06.93; Опублик. 28.12.94. – Бюл. №7-1- с.19.

## **Інтенсифікація процесу очищення жомпресової води для екстрагування сахарози з цукрового буряка**

**Олег Розумний, Валентин Олішевський, Євген Бабко**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Екстрагування сахарози з бурякової стружки та якість дифузійного соку одержаного в процесі екстрагування, значною мірою залежать від якості екстрагента (жомпресової води) та визначають ефективність подальших технологічних стадій виробництва, впливають на якість та вихід цукру, витрати вапна та умовного палива на виробництві [1...3].

**Матеріали і методи.** При проведенні досліджень використовували водні розчини сульфату алюмінію та хлориду алюмінію вітчизняного виробництва та стружку прямокутного перетину з цукрового буряку, яку отримували за допомогою лабораторної установки [4].

**Результати.** Проведено аналіз сучасних додаткових реагентів, які використовуються для підвищення чистоти жомпресової води в процесі екстрагування та пресування.

Встановлено, що величина середнього гідродинамічного радіусу розчинів сульфату алюмінію та хлориду алюмінію відповідно становить 147,5 нм та 225 нм, вони мають від'ємний заряд електрокінетичного потенціалу, а величина водневого показника відносить їх відповідно до середньо- та сильнокислого середовища. Результати досліджень показали, що застосування даних реагентів дозволяє підвищити чистоту жомпресової води. Запропоновано апаратурно-технологічну схему очищення жомпресової води з підготовкою до використання реагентів.

**Висновки.** Встановлено, що використання розчинів сульфату алюмінію та хлориду алюмінію в кількості 0,02 % до кількості бурякової стружки покращує чистоту жомпресової води, в результаті чого спостерігається підвищення чистоти дифузійного соку.

### **Література**

1. Asadi M. (2007), Beet Sugar Handbook, John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, pp. 162–163, pp. 435–450.
2. Гребенюк, С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов. М.: Пищевая промышленность, 2007. – 580 с.
3. Современное свеклосахарное оборудование свекло сахарного производства. В 2-х частях. Ч.1 / В.О.Штангеев, Л.Г.Белостоцкий, В.Т.,Кобер и др.: под ред. В.О. Штангеева. – К.: Цукор України, 2003. – 352с.
4. Люлька, О. М. Удосконалення робочих органів бурякорізальних машин цукрового виробництва: дис. канд. техн. наук: 05.18.12 / Олександр Миколайович Люлька // НУХТ. - К., 2015. - 140 с.

## **Модернізація установки для термічної обробки при плавленні твердого сиру з розробкою подрібнюючого механізму**

**Лявданський Артем, Олішевський Валентин, Євген Бабко**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Актуальною задачею в харчовій промисловості є збільшення продуктивності, надійності роботи обладнання для виготовлення плавлених сирів та покращення якості готового продукту. Тому актуальним напрямом є удосконалення конструкцій існуючих конструкцій апаратів для термічної обробки твердого сиру молочного виробництва.

**Матеріали і методи.** Проведений аналіз конструктивних та технологічних особливостей подрібнювачів-змішувачів для одержання плавленого сиру. Також був проведений більше детальний аналіз різального механізму даних установок та встановлені їх основні недоліки та переваги.

**Результати.** Проаналізовано основні недоліки роботи подрібнюючого механізму апаратів для термічної обробки твердого сиру молочного виробництва та визначено шляхи підвищення ефективності механізму подрібнення та змішування твердого сиру. Запропонована модернізація різального механізму, що полягає в зміні форми лез та їх конструкції на V-подібну форму. Таке технічне рішення дозволить отримувати більшу дисперсність подрібненого твердого сиру, що в свою чергу покращить плавильну здатність сиру за рахунок перемішування сировини профілем ножів.

Встановлено, дана модернізація різального механізму підвищує різальну здатність сиру на 3%, в результаті чого підвищується довговічність різального механізму за рахунок зменшення навантаження на леза ножів.

Показано, що за рахунок запропонованого профілю леза відбувається додаткове змішування сировини, що збільшує якість процесу змішування, який в свою чергу підвищує продуктивність роботи установки.

**Висновки.** Запропонована модернізація різального механізму, що полягає в зміні форми лез та їх конструкції на V-подібну форму. Таке технічне рішення дозволить отримувати більшу дисперсність подрібненого твердого сиру, що в свою чергу покращить плавильну здатність сиру за рахунок перемішування сировини профілем ножів та підвищить продуктивність лінії з виготовлення плавлених сирів.

### **Література.**

1. Мирончук В.Г., Орлов Л.О. та ін. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості, Навчальний посібник. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 288 с.
2. Дьяченко П. Ф., Коваленко М. С, Грищенко А. Д., Чеботарев А. И. Технология молока и молочных продуктов, - М. : "Пищевая промышленность", 1974. -447 с.
3. Молочна промисловість : традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс] [упоряд. : О. В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технолог., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2018. – 240 с.

## **Модернізація системи вивантаження жому нахиленої дифузійної установки**

**Андрій Шукін, Євген Бабко, Валентин Олішевський**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Процес екстрагування сахарози з бурякової стружки передбачає протитечіну обробку сировини спеціально підготовленим екстрагентом [1]. При цьому, одними із основних технологічних показників, які характеризують ефективність даного процесу залишаються чистота дифузійного соку та інших напівпродуктів, та ефект очищення. Тому, актуальним залишається питання зниження вмісту вологи свіжого жому перед його глибоким пресуванням.

**Матеріали і методи.** На швидкість та якість протікання масообмінних процесів під час екстрагування сахарози з бурякової стружки найбільш суттєво впливають структурно-механічні властивості бурякової тканини, а саме її міцність, пружність та стійкість. Найбільш простим і ефективним способом інтенсифікації процесу екстрагування є застосування методів попередньої обробки бурякової стружки, в тому числі з використанням хімічних реагентів, що підвищують пружні характеристики бурякової стружки та перешкоджають переходу розчинних нецукрів, зокрема білкових та пектинових речовин, в дифузійний сік [2, 3]. Тому, використання додаткових фізичних та хімічних способів дозволить підвищити структурно-механічні характеристики бурякової стружки, і як наслідок, покращити технологічні показники процесу екстрагування.

**Результати.** Отримані результати свідчать про те, що використання запропонованої модернізації вивантажувального шнеку дозволяє додаткове водовідведення дифузійного соку з жому. Досягнутий ефект пояснюється тим, що за рахунок утворення додаткової площі фільтрування в днищі шнеку підвищується ефект самопресування жому, в результаті чого покращуються пресувальні властивості знесолодженої бурякової стружки.

**Висновки.** В ході запропонованих конструктивних рішень модернізації вивантажувально-транспортуючого шнеку досягається додаткове видалення дифузійного соку від свіжого жому, в результаті чого покращується процес пресування жому.

### **Література**

1. Сапронов, А. Р. Технология сахарного производства. / А. Р. Сапронов. // – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: Колос, 1999. – 495 с.
2. Гусятинська, Н. А. Наукове обґрунтування та розроблення фізико-хімічних методів інтенсифікації вилучення сахарози з цукрових буряків : дис. д-ра техн. наук: 05.18.05 / Наталія Альфредівна Гусятинська // – К., 2008. – 627 с.
3. Asadi M. (2007), Beet Sugar Handbook, John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, pp. 162– 163, pp. 435–450.



## Використання кавітаційного розпилювача для інтенсифікації процесу мийки сировини (буряку)

Дмитро Борей, Оксана Єщенко

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

**Вступ.** Одним із способів інтенсифікації процесів мийки сировини є створення раціональних гідродинамічних умов роботи обладнання шляхом активації дії струмину на сировину, що можливо при збільшенні міжфазової поверхні взаємодії та її активного оновлення шляхом диспергування рідини.

**Матеріали і методи.** Більшість досліджень процесу диспергування рідин виконані для форсунок малої одиничної потужності при роботі на чистих, попередньо підготовлених рідинах. Форсунки досить добре вивчені експериментально, так як застосовуються при розпилюванні палива в двигунах внутрішнього згоряння, топкових пристроях котлів, реактивних двигунах та інших пристроях. Для них розроблені теоретичні основи процесів течії рідини в камері змішування, сопловому каналі, запропонована теорія розпаду струменя рідини на краплі.

**Результати.** Кавітаційний розпилювач (СК-змішувач) (рис. 1) являє собою циліндричний корпус з боковим патрубком і вихровою камерою (сопло) у вигляді втулки з тангенціальними вхідними каналами, має верхній фланець з кільцевою вітбортовкою і загостреною кромкою. Усередині вихрової камери встановлений циліндричний шток.

Характеристики дисперсності СК-розпилювачів зображена на рис. 2 у вигляді фіктивного монодисперсного розпилу, який описується середнім діаметром крапель. Результати випробувань показали, що дисперсний розмір крапель рідини значно знижується при підвищенні тиску подачі води. Після досягнення кавітаційного режиму течії води в вихровому СК-розпилювачі значення дисперсності ставали автомодельні по відношенню до тиску подачі.

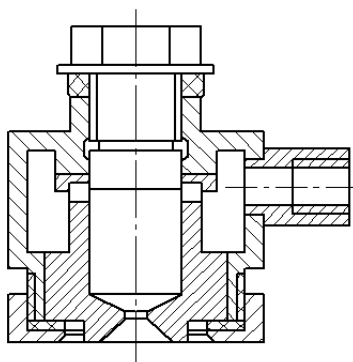


Рис. 1. Вихровий СК-розпилювач

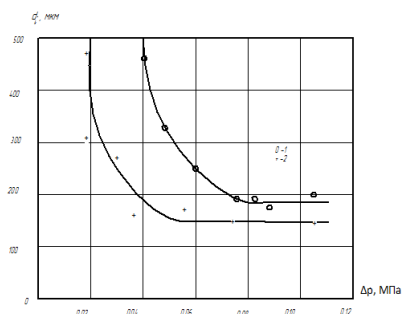


Рис. 2. Залежність дисперсності розпилу від тиску подачі рідини при температурі: 1 – 20°C; 2 – 50°C.

**Висновки.** Розподіл щільності зрошення факела розпилу по перетину факела характеризується мінімальною величиною по осі вихрового СК-розпилювача і підвищенням щільності зрошення до максимальних значень на периферії факела і зниженням до нуля за межами факела розпилу.

## **Вивчення оптимальних конструкцій вакуум-апаратів періодичної дії з природньою та примусовою циркуляцією утфелю**

**Роман Дербета, Оксана Єщенко**

*Національний Університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Цукробурякова промисловість є однією зі стратегічно важливих галузей харчової промисловості України. Вона поєднує в собі виробників елітного та фабричного насіння, цукрового буряку, насінневі заводи, цукрові заводи й сервісні підприємства галузі. Кінцевими продуктами цього величезного агропромислового комплексу є цукор в асортименті, а також побічна продукція – меляса (патока), жом. Головними задачами для галузі є: підвищення обсягів виробництва, зменшення кількості ручної праці, підвищення якості продукції та підвищення екологічності обладнання та технологій. Актуальним питанням, на сьогоднішній день, є перехід цукрових заводів від вакуум-апаратів з природньою циркуляцією, до апаратів з примусовою циркуляцією, для забезпечення кращої якості отриманого цукру та для забезпечення роботи на більш низьких потенціалах грючої пари.

**Матеріали і методи.** Для дослідження даного питання було переглянуто та проаналізовано досвід великих виробників цукрового обладнання, а також вивчення багаторічних напрацювань цукрових заводів, користувачів даного обладнання.

**Результати.** Конструкція вакуум-апарата – це питання оптимізації двох функцій: випаровування води із розчину та кристалізації цукру з досягненням бажаної якості продукції, тобто розміру кристалів цукру і чистоти утфелю.

Для вакуум-апаратів оптимальної конструкції, мають бути виконані наступні основні вимоги:

- Мінімальний обсяг первинного набору, щоб забезпечити можливість отримати необхідний розмір кристалів цукру протягом однієї варки.
- Змінна в широкому інтервалі інтенсивності випаровування для підтримки необхідного рівня перенасичення.
- Циркуляція утфелю повинна бути інтенсивною протягом всього процесу варіння, особливо під час заведення кристалів та одразу після цього в цілях запобігання утворення конгломератів. Градієнти температур утфелю повинні бути наслідком тільки статичного тиску в залежності від висоти шару утфелю.
- Слід дотримуватися мінімальної різниці температур грючої пари та киплячого утфелю.
- Для регулювання процесу варки потрібне правильне розташування датчиків для вимірювання температури, рівня, перенасичення, густини, в'язкості і т. д. Таким чином, щоб вони представили дійсні умови процесу у вакуум-апараті.

**Висновки.** Конструктивні особливості вакуум-апаратів періодичної дії, як з природньою так і з примусовою циркуляцією, дозволяють отримувати більш якісний цукор, що у свою чергу приведе до зростання об'ємів виробництва та економічного процвітання галузі.

## Вплив ПАР на зміну теплофізичних параметрів теплоносія (води)

Євген Педченко, Оксана Єщенко

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

**Вступ.** Поверхнево-активні речовини - хімічні речовини, які знижують поверхневий натяг рідини, полегшуючи розтікання і знижуючи міжфазний натяг на межі двох рідин. ПАР сприяють змочуванню тіл водою, впливають на стійкість суспензій, емульсій і пін, мають високу миючу дію. За типом утворених у розчинах часток поверхнево—активні речовини розподіляють на два класи: іоногенні ПАР (катіонактивні ПАР, аніонактивні, амфолітні); неіоногенні ПАР (алкілполіглюкозиди, алкілполіетоксилати). Неіоногенні ПАР, більшість з яких є нетоксичними і біологічно розкладаються, є особливо цікавими для харчової, косметологічної і фармацевтичної промисловості.

**Матеріали і методи.** Для досліджень використовували неіоногенні ПАР з додаванням його до теплоносія в кількості (0,05...0,15)% до кількості теплоносія.

**Результати.** Величину коефіцієнта поверхневого натягу для розчинів, що є теплоносієм визначали методом зважування краплі. Обчислювали значення величини коефіцієнта поверхневого натягу за формулою:  $\sigma = Q/2\pi r$ , де  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу, Н/м;  $Q$  – вага краплі, кг;  $r$  – радіус піпетки, з якої крапали рідину, м. Масу краплі визначали за формулою:  $Q = Q_n/n$ , де  $Q_n$  – загальна маса крапель, кг  $10^{-6}$ ;  $n$  – кількість крапель.

В якості поверхнево-активної речовини використовували неіоногену ПАР. Потім визначали середню масу краплі для запропонованих розчинів та коефіцієнт поверхневого натягу для них. Величину коефіцієнта поверхневого натягу для теплоносія, що використовується при виробництві визначали методом максимального тиску бульбашки (метод Ребіндера). Результати дослідження наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Зміна теплофізичних параметрів теплоносія (води) під впливом неіоногенної ПАР

Параметри	Вода	Вода + (0,05...0,15)мас. неіоногенної ПАР
$\mu$ , Па·с	$1,31 \cdot 10^{-3}$	$1,26 \cdot 10^{-3}$
$\sigma$ , Н/м	$74,22 \cdot 10^{-3}$	$31,47 \cdot 10^{-3}$
$\cos\theta$	0,86	0,975
Re	14037	14538
$\delta_{пл}$ , м	$3,62 \cdot 10^{-4}$	$2,43 \cdot 10^{-4}$
$\delta_{пл1}/\lambda_{пл1}$	$6,29 \cdot 10^{-4}$	$4,23 \cdot 10^{-4}$
K, Вт/м <sup>2</sup> ·К	915	1130

Аналіз результатів досліджень, що представлені в табл.3.1 показують, що введення раціональних концентрацій ПАР до теплоносія значно змінює його гідродинамічні параметри. Дещо зменшується його в'язкість, а відповідно зростає число Рейнольдса, тобто турбулізується потік теплоносія. Суттєво зменшується коефіцієнт поверхневого натягу теплоносія

**Висновки.** Додавання до теплоносіїв невеликої кількості неіоногенної ПАР приводить до підвищення коефіцієнта теплопередачі на 23,4 %. Гідравлічний опір при цьому не зростає, а зменшується в межах статистичної похибки. Тому інтенсифікація теплообмінних процесів з використанням ПАР є доцільною і актуальною.

### Дослідження процесу зворотного осмосу при розділенні фугату післяспиртової зернової барди

Євгеній Карпенко, Людмила Корнієнко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Застосування мембранних процесів для вилучення поживних речовин з фугату барди дозволяє не тільки знизити вміст органічних речовин у стічних водах, тим самим підвищити рівень екологічної безпеки виробництва, а й отримати додатково концентрат високомолекулярних сполук і значну кількість очищеної води.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводили на установці тупікового типу. Ефективна площа мембрани становила  $1,38 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ . Експериментальні дослідження були проведені на зразках післяспиртової зернової барди, отриманої на заводі ДП «Червонослобідський спиртзавод» Київської обл. при виробництві спирту етилового. Використовували зворотно осмотичні мембрани НаноРо серії К (ЗАТ «РМ Нанотех»).

**Результати.** Експериментально встановлено залежність питомої продуктивності мембрани НаноРо серії К від тиску. Збільшення тиску в межах від 4 до 8 МПа при розділенні фугату післяспиртової зернової барди мало впливало на продуктивність мембрани (Рис.1). Можна припустити, що відбувалось явище концентраційної поляризації. Селективність мембрани зростала з підвищенням тиску, внаслідок ущільнення мембрани. Найбільша селективність (рис. 2) досягалась при тиску в діапазоні  $4,0 \pm 6,0$  МПа. Разом з тим, із збільшенням тиску зростають енерговитрати, тому в подальших дослідженнях, як раціональний, був прийнятий тиск 4,0 МПа.

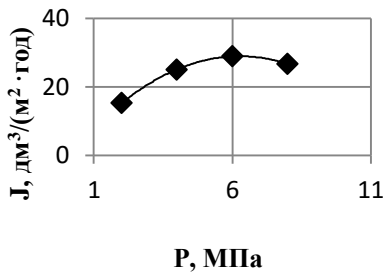


Рис.1 Залежність питомої продуктивності мембрани НаноРО від тиску під час процесу зворотного осмосу

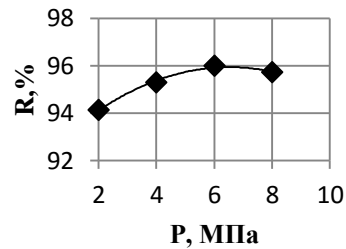


Рис.2 Залежність селективності мембрани НаноРО по мінеральним речовинам від тиску

За умов експерименту ( $P=4,0$  МПа,  $t=20^\circ\text{C}$ ) встановлено, що продуктивність зворотно осмотичних мембран НаноРо при зростанні коефіцієнту концентрування ( $k$ ) поступово зменшувалась. Це пов'язано з підвищенням в'язкості розчину, а також із поступовим забрудненням мембран.

**Висновки.** Встановлено, що найбільш інтенсивно процес зворотного осмосу фугату післяспиртової барди відбувається за умов тиску 4,0 МПа, при цьому селективність мембрани марки НаноРо по мінеральним речовинам становить 95-96%.

**Література.** Корнієнко Л.В. Застосування мембранних методів при переробці післяспиртової зернової барди / Л.В. Корнієнко, Мирончук В.Г.// Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Мембранні процеси та обладнання в харчових технологіях та інженерії», 25 – 26 листопада 2014р.- К.:НУХТ 2014.- С.11.

## **Модернізація вантажного ліфта для встановлення системи пристроїв, що збільшує продуктивність відвантаження харчової пакованої продукції**

**Валентина Гущик, Дмитро Люлька**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Актуальна модернізація вантажного ліфта для удосконалення системи пристроїв переміщення харчової пакованої продукції із стрічки конвеєра в кабінку ліфта. Для підвищення ефективності та якості машинобудівного виробництва, яке тісно пов'язане з харчовою промисловістю є сучасний підхід до машинобудування та харчової промисловості в цілому.

**Матеріали і методи.** Проведено аналізи робіт існуючих вантажних ліфтів, виявлено недоліки цього обладнання в призмі сучасного машинобудування. А саме, участь людини в процесі завантаження та розвантаження.

**Результати і обговорення.** На першому етапі дослідження з врахуванням найбільш впливових факторів ( розмірів упаковок і ящиків, габаритів конвеєра тари і вузла формування шару, наявності зон обслуговування та ін.), було запропоновано спроектувати більш інтенсифіковану модель ліфта в сучасних системах автоматизованого керування. Вантажні ліфти можуть бути виконані в різних виконаннях: в класичному або з висувними платформами для зручності при горизонтальному переміщенні. Стандартна висота кабіни і дверей для механізмів вантажопідйомністю 5<sup>о</sup>т складає 2,5<sup>о</sup>м. Поверхня дверей покрита напиленням електростатичного шару (ЕСП-RAL) або облицьована нержавіючої сталлю. Було запропоновано встановити фотоштору в дверному прорізі дверей для того, щоб вона автоматично відкривала і закривала двері. На завантаження ліфта буде виділено певну кількість часу, яке буде керуватись від станції керування, в якій буде знаходитись реле часу. Дверні затвори змонтовані на дверях шахти і дозволяють відкрити двері тільки тоді, коли біля неї знаходиться кабіна ліфта. Кінцеві вимикачі встановлюють на 100<sup>о</sup> мм вище і нижче крайніх положень кабіни ліфта в шахті. При спрацьовуванні цих контактів привід ліфта відмикається. Дверні контакти змонтовані на дверях кабіни і шахти. Вони запобігають увімкненню привода з відкритими дверима

**Висновок.** Ліфти успішно застосовуються в нашій сфері життя не тільки для перевезення людей, але і для перевезення вантажів. Такі вантажні ліфти мають власні умови і стандарти для установки і монтажу. Вантажні ліфти- найефективніше рішення при виконанні завдань вертикального транспортування вантажів. Ліфти їздять безшумно, споживають на 30% менше електрики, мають ультрасучасний вид і обладнані антивандальними негорючими кнопками.

### **Література:**

1. «АТЛАС КОНСТРУКЦИИ ЛИФТОВ» Д.П. Волков А.А. Ионов П.И. Чутчиков (2003 року);
2. <https://liftportal.com.ua/ua/lifti-ta-eskalatori/lifty-mohylevlyftmash/vantazhni-ta-malovantazhni.html>

### Модернізація пластинчастого маслоготовлювач РЗ-ОУА1 з збільшенням довговічності

Валентин Польовий, Дмитро Люлька

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Актуальною задачею в харчовій промисловості є збільшення продуктивності, надійності роботи обладнання для виготовлення масла та покращення якості готового продукту. Тому перспективним напрямом – удосконалення конструкцій пластинчастого маслоготовлювача моделі РЗ-ОУА1.

**Матеріали і методи.** Проведений аналіз конструктивних та технологічних особливостей пластинчастого маслоготовлювача безперервної дії. Також був проведений більше детальний аналіз з виявленням недоліків та переваг маслоготовлювача моделі РЗ-ОУА1.

**Результати.** Провівши аналіз роботи пластинчастого маслоготовлювача моделі РЗ-ОУА1, встановлено, що основний недолік його роботи є гвинтовий натягувач паса клинопасової передачі, який при ремонті міг перетягнути паса, що призводить до перенавантаження шківів та швидкому зношуванню та руйнуванню вузла в результаті чого може виникнути вібрація, яка негативно впливає на роботу всього апарата, що призведе до зупинки апарата та втрати продукції.

Запропонована модернізація натягувача паса методом заміни його на гідравлічний натягувач (рис.1), який широко використовується в апаратах та механізмах для того, щоб не допускати провисання та перетягування паса під час роботи

Після модернізації механізму було визначено, що довговічність та зносостійкість вузла була збільшена на 7% за рахунок зміни натягувача паса клинопасової передачі.

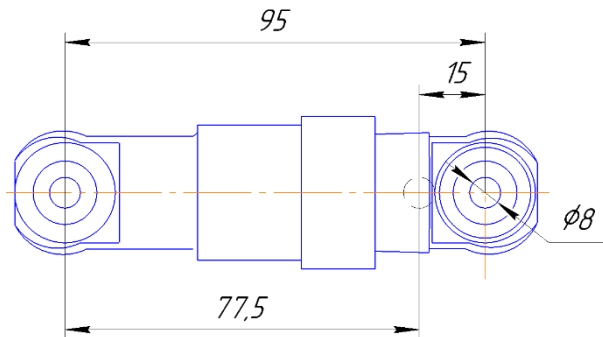


Рисунок 1. Гідравлічний натягувач паса клинопасової передачі

**Висновки.** Заміна гвинтового натягувача на гідравлічний та усунення недоліків надає більшу надійність вузла, що дозволяє покращити та полегшити заміну паса, без ризику пошкодити шківів та підшипники.

#### Література.

1. Мирончук В.Г., Орлов Л.О. та ін. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості, Навчальний посібник. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 288 с.
2. Дьяченко П. Ф., Коваленко М. С, Грищенко А. Д., Чеботарев А. И. Технология молока и молочных продуктов, - М. : "Пищевая промышленность", 1974. -447 с.

## **Інтенсифікація процесу уварювання утфелю в вакуум-апараті ВАЦМ-40 шляхом модернізації вузла завантаження.**

**Цимбал Максим, Люлька Дмитро**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Необхідність інтенсифікації тепломасообмінних процесів у вакуум-апаратах періодичної дії викликана зростанням концентрації і в'язкості утфелю на кінцевій стадії уварювання, коли вміст вологи значно зменшується. Високий рівень утфелю в апараті і слабка його циркуляція не забезпечують нормальних умов масової кристалізації цукру.

**Матеріали і методи.** Методом реалізації поставленої задачі є модернізація вакуум-апарата, шляхом розробки нового вузла завантаження. Умовою проведення модернізації даного обладнання необхідно для подачі сиропу безпосередньо під парову камеру; для рівномірного розподілу закачок в утфелі під час циркуляції; для покращення якості виходу кристалів цукру із апарата та прискорення процесу уварювання. Проведений аналіз існуючого обладнання та технології процесу утфелеваріння. Проведено розрахунки, викладені основні вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту обладнання. Висвітлені питання техніки безпеки та охорони навколишнього середовища. Найбільш перспективним напрямком в інтенсифікації уварювання утфелю – посилення циркуляції і її рівномірна організація в циркуляційному контурі вакуум-апарата.

**Результати.** Модернізація вакуум-апарата полягає у вдосконаленні вузла подачі утфелю. На дно апарата монтується труба, яка зварена із сегментів. До одного сегмента приварений патрубок, який виведений на зовні. Через цей патрубок і буде подаватися утфель та підкачки під час кристалізації. Завдяки тому, що вузол завантаження буде знаходитись безпосередньо під паровою камерою та під мішалкою, підкачки, які будуть виходити через отвори у сегментах, будуть рівномірно розподілятися по всьому утфелю. Це забезпечить рівномірний ріст кристалів, поліпшить їх форму та зменшить час кристалізації.

**Висновки.** Запропоновано модернізація вакуум-апарата ВАЦМ-40, шляхом розробки нового вузла завантаження. Це дає змогу збільшити швидкість уварювання утфеля, покращити структуру кристалів цукру, зменшити експлуатаційні витрати, викладений аналітичний огляд існуючих конструкцій обладнання, проведений перевірючий розрахунок параметрів вакуум-апарата, показано будову та принцип роботи апарата, описані правила монтажу, ремонту, налагодження, охорона праці обладнання.

### **Література**

1. Гребенюк, С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов : підручник / С.М. Гребенюк. – 2-е вид., перероб. і доп. - Київ : Лёгкая и пищевая промышленность, 1969. - 527с.

## **Удосконалення повітряно-ситового сепаратора для розділення несолоджених матеріалів у пивоварному виробництві**

**Іван Кузь, Іван Миколів**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Несолоджені матеріали застосовують для збільшення екстрактивності, створення певного смаку та зниження собівартості пива. Як несолоджену сировину використовують ячмінь, рис подрібнений, кукурудзяну знежирену крупу, сою, пшеницю, обрушений ячмінь.

Сепарація це розділення сипких матеріалів на фракції, що відрізняються властивостями часток, процес сепарування відбувається на машинах, що зветься сепараторами.

**Матеріали і методи.** Сепаратор – складна повітряно-ситова зерночисна машина. Повітряно-ситові сепаратори – це агрегати (комбінація повітряного і ситового сепараторів). Комбінування двох сепараторів дозволяє не лише спростити технологічну схему і уникнути зайвих транспортних операцій, але й підвищити техніко-економічні показники (питомі енерговитрати, питому металоємність, займану площу приміщень, питому вартість тощо), при цьому зберегти якісні показники.

**Результати.** У науково-дослідній роботі нами запропоновано встановлення після живильника двох пустотілих абразивних валків та одного чешуйчастого з зазором, а також досягти підвищення сипкості та прискорити фракціонування вологої несолодженої сировини.

Оскільки зерна несолодженої сировини мають тонку тверду оболонку яка при подрібненні складає основну частину відходів, то чому б від неї не позбутися до того як сировина не подається на дробарку. Також при поступленні несолодженої сировини на підприємство є ризик того, що її вологість буде вище норми тому аби повернути її у необхідні межі пропонується здійснювати короткочасний конвективний тепло масообмін з диференційовано-встановленими параметрами течії робочих газів під час перебування сировини на ситах.

Відомо, що найбільшого застосування у вітчизняній та зарубіжній практиці отримали дві групи машин: очищення зернової маси за геометричними розмірами (ситові сепаратори) та аеродинамічними показниками (аспіратори) її компонентів.

**Висновки:** Для позбавлення від тонкої твердої оболонки було прийнято рішення встановити послідовно два пустотілих абразивних валки та один чешуйчатий валок з зазором. В зазор між абразивними та чешуйчатим валками подається стиснене повітря для попередньої аспірації.

На абразивних валках відбувається руйнація оболонки зерна. Чешуйчатий валок слугує для рівномірної подачі зерна на сита.

### **Література.**

1. Гапонюк І.І., Шаповаленко О.І. Сучасний стан та перспектива інтенсифікації сепарування зернової суміші підвищеної вологості (Наукові праці, випуск 38, том 1) Національний університет харчових технологій, м.Київ.



## Модернізація прес-гранулятора, для виробництва комбікормів з метою підвищення надійності роботи

Сергій Бондаренко, Іван Миколів

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** В останні роки, як виробники комбікормів, так і споживачі стали краще розуміти, що без вироблення повнораціонних збалансованих за поживністю комбікормів, не можна домогтися ефективності виробництва птахівничої і тваринницької продукції.

**Матеріали і методи.** Для виробництва комбікорму необхідно сучасні прогресивні схеми технологічного процесу на ваговому дозуванні з використанням тензометричної техніки і автоматичною системою управління технологічним процесом.

Необхідні методи при виробництві комбікормів: очищення сировини від металоманітних і інших випадкових некормових домішок; подрібнення компонентів; системи зважування (дозування) компонентів; змішування компонентів (дискретне, безперервне); контроль крупності продуктів подрібнення і розсипного комбікорму; гранулювання розсипних комбікормів; введення рідких компонентів; теплова обробка (експандуванні, експандуванні з гранулювання і введенням рідких компонентів); виробництво преміксів; автоматизовані системи управління технологічним процесом (АСУТП).

**Результати.** Аналіз моделі прес-гранулятора в умовах замкнутого клиновидного простору показує, що введення додаткових контактних поверхонь забезпечують при тому ж опорі фільтр зміщення зони відставання в напрямку, зворотньому обертанню робочих органів з одночасним розширенням кордонів зони видавлювання в фільтри матриці.

Інтенсивність бокового видавлювання поблизу торців робочих органів вище, ніж в центральній частині контактних поверхонь. Таким чином, має місце нерівномірний розподіл контактних напружень по ширині робочих органів, яке обумовлює погіршення умов захоплення пресованого матеріала (як наслідок, знижується продуктивність прес-гранулятора), різну продуктивність в крайніх і центральних фільтрах матриці, неодинакову якість гранул в них і нерівномірне зношування по ширині матриці і обичайки пресо-ролика.

Ефективним конструктивним рішенням відповідно до рис. може бути пристрій у вигляді двох кілець, що обмежують торцеві поверхні шару пресованого матеріалу. Бічні поверхні обмежувальних кілець, звернені до торців пресуючих роликів і контактують з продуктом, а також робоча поверхня матриці утворюють кільцеву порожнину з вхідними всередину неї пресуючими роликами.

Запропонований нами пристрій розроблений таким чином, що в ньому змінні обмежувальні кільця прикріплені до планшайби прес-гранулятора і конусу для подачі продукту в зону пресування, що задовольняє викладеним вимогам. При цьому передбачається, що висота торцевих контактних поверхонь обмежувальних кілець обрана оптимальною, виходячи з її впливу на енергоємність процесу і навантаження на робочі органи механізму, що пресує.

**Висновки.** Покращення робочого процесу преса-гранулятора, шляхом торцевого обмеження клиновидного простору додатковими контактними поверхнями забезпечують значне збільшення продуктивності і зниження енергоємності за рахунок запобігання бічного видавлювання продукту.

## Математичний опис процесу рідинно-газової ежекції згідно теорії приєднаної маси

Андрій Слюсенко, Дмитро Товстолужський, Віталій Пономаренко  
Національний університет харчових технологій, Київ, НУХТ

**Вступ.** Для реалізації задач по інтенсифікації процесів необхідно мати достатньо надійний, простий в використанні математичний апарат, що дозволяє розраховувати і проектувати струминні апарати з високим коефіцієнтом корисної дії.

**Матеріали та методи.** Дана робота містить результати теоретичного опрацювання різних джерел. Запропоновано математичний опис процесу рідинно-газової ежекції на основі моделі Бутакова-Хемеона.

**Результати.** Враховуючи конструктивну простоту, відсутність рухомих елементів, всмоктування іншого потоку в доволі значних об'ємах без додаткових затрат енергії, струминні апарати є одними з перспективних видів обладнання, що суміщають в собі всі переваги гідродинамічного способу інтенсифікації процесів.

В останні роки значно зріс інтерес до струминних апаратів, в зв'язку з чим в літературі з'явилися нові експериментальні дослідження гідродинаміки ежекторів, масообмінних процесів в них. Що стосується теоретичного обґрунтування їх роботи, то до теперішнього часу закінченого опису не має.

Для теоретичного знаходження коефіцієнта ежекції пропонується застосовувати теорію приєднаної маси, що має просту фізичну суть та дає задовільні результати при його визначенні. Основні положення теорії засновані на тому, що під дією зовнішніх сил краплини рідини рухаються так, як вони рухались би під дією цих сил в вакуумі, якби їх маса збільшилася на величину приєднаної маси або зміна кінетичної енергії системи відбувається за рахунок приєднання газу, що однозначно дає можливість вирахувати коефіцієнт ежекції.

Математичний опис процесу рідинно-газової ежекції побудовано на основі моделі Бутакова-Хемеона, яка розроблялась для випадку ежекції повітря твердим матеріалом. При застосуванні даної теорії до рідинно-газових ежекторів були введені наступні допущення: краплини рідини рівновеликі та квазістаціонарні. Основні положення моделі: частина кінетичної енергії частинок втрачається на подолання опору середовища; величина втрат визначається через силу аеродинамічного опору цих частинок. Математичний вираз моделі:

$$dE_0 = nR_0 dx = nR_0 v_i d\tau$$

де:  $E_0$  – енергія, що втрачається (Дж);  $n$  – кількість падаючих частинок за секунду (шт./с);  $R_0$  – сила аеродинамічного опору;  $dx$  – координата шляху, що проходить частинка;  $v_i$  – швидкість  $i$ -тої частинки (м/с);  $\tau$  – час польоту частинки (с).

В подальшому при запису математичних виразів необхідно враховувати специфіку течії рідинно-газової суміші та її фізичні властивості. Неврахування цього призводить до значного зниження точності розрахунків.

**Висновки.** Теоретично розглянута робота ежектора на основі принципу приєднаної маси, згідно якого зміна кінетичної енергії системи відбувається за рахунок приєднання іншої фази. Розрахунок коефіцієнта ежекції згідно даної теорії дає задовільний результат, що підтверджується експериментальними даними.

## Струминний апарат з комбінованою камерою змішування

Андрій Слюсенко, Дмитро Товстолужський, Віталій Пономаренко  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Камера змішування є одним з основних елементів струминного апарату в якій відбувається обмін енергією між активним і пасивним середовищем, взаємне перемішування та вирівнювання всіх параметрів змішаного потоку.

**Мета роботи.** Дослідити роботу струминного апарату з комбінованою (конічно-циліндричною) камерою змішування.

**Матеріали та методи.** Дослідження проводились на лабораторній установці кафедри ТОКТП. Система вода-повітря, температура 20°C, вологість 85%. Обробка результатів здійснювалась в програмах OriginPro та Microsoft Excel.

**Результати та обговорення.** Зазвичай камера змішування струминного апарату має циліндричну форму. Її недоліком є наявність зворотно-циркуляційних потоків (течій), які особливо виражені на початковій ділянці, що призводять до зниження коефіцієнта ежекції ( $K_{еж}$ ).

На основі аналізу руху потоку в циліндричній камері змішування та проведення аналогії з течією рідини трубопроводом з раптовим розширенням, нами було запропоновано та запатентовано комбіновану конструкцію камери змішування, початкова частина якої виконана в вигляді конічного розхідного насадка з кутом його розкриття меншим на 3...8° за кут факелу розпилення рідини з сопла та наступною циліндричною частиною. Такий струминний апарат був спроектований, виготовлений та досліджений.

На основі експериментальних даних побудовано графік (рис.1) залежності  $K_{еж}$  від тиску  $P$  подачі активного середовища для струминного апарату з циліндричною та комбінованою конструкціями камери змішування.

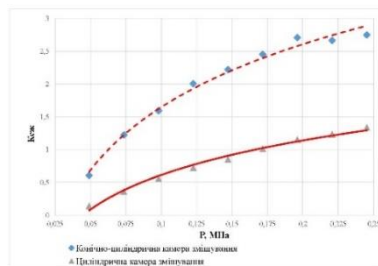


Рис.1. Залежність  $K_{еж}$  від тиску  $P$  подачі активного середовища при різних конструкціях камери змішування

З представлених результатів видно підвищення  $K_{еж}$  ежектора, камера змішування якого має конічно-циліндричну форму (в даному випадку кут розкриття конічної частини становить 25° і є меншим на 5° за кут розпилення рідини з сопла). Коефіцієнт ежекції такого струминного апарату перевищує в 2–4,2 рази значення  $K_{еж}$  для ежектора з циліндричною камерою змішування в залежності від режиму роботи.

**Висновки.** Нами спроектовано, виготовлено, досліджено та запатентовано нову комбіновану конструкцію камери змішування струминного апарату, яка виконана конічно-циліндричною з кутом розкриття конуса на 3...8° меншим за кут факелу розпилення рідини з сопла. Це усуває зону зворотно-циркуляційних течій, що призводить до збільшення коефіцієнта ежекції в 2–4,2 рази.

## **Режим запирання струминного апарату при низьких тисках подачі робочої рідини**

**Дмитро Товстолужський, Андрій Слюсенко, Віталій Пономаренко**  
*Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна*

**Вступ.** Даних щодо зворотних потоків в камері змішування ежектора та про їх вплив на ефективність його роботи в літературі доволі мало. Їх наявність вказує на прямі втрати енергії, а отже і частково пояснює низький ККД струминного апарату.

Дослідження [1] вертикально розміщеного водоповітряного ежектора на прозорій моделі виявили зворотні потоки водогазової суміші, причому тим більше виражені, чим більше відношення перерізу камери змішування до площі сопла форсунки. Збільшення протитиску також приводить до збільшення зворотних потоків. Дане явище описано також Соколовим Е.Я., Зінгером Н.М. [2], які підтверджують залежність зворотних потоків від відношення діаметра камери змішування до діаметра сопла. При збільшенні протитиску скачок тиску переміщується проти руху струменя і при деякому  $p_{max}$  досягає початку камери змішування, ежекція повітря припиняється. Пояснення цього явища, на жаль, авторами не надано.

**Матеріали і методи.** Для виявлення зворотних потоків були проведені лабораторні дослідження та проведено аналітичний огляд відомих джерел.

**Результати досліджень.** Зворотний рух рідини можливо пояснити тим, що струмінь рідини, який торкнувся нижньої сторони камери змішування, швидко втрачає момент кількості руху і під дією розрідження в приймальній камері міняє напрям руху. На гальмування та зміну напрямку руху рідини втрачається значна частина енергії, що знижує ККД струминного апарату. Раніше дослідниками не зверталась увага на цей факт, а в основному мова була про циркуляційні потоки водоповітряної суміші, які не можуть пояснити низьку ефективність роботи ежектора (низький ККД), так як кінетична енергія частини газу, яка приводиться в рух, менша за енергію рідини майже в 1000 разів.

Кількісну оцінку зворотних потоків рідини провести доволі складно. Необхідно встановити закономірність їх утворення, що потребує додаткових досліджень з використанням сучасного обладнання та технологій. При математичному чи комп'ютерному моделюванні процесів, що відбуваються в камері змішування ежекторів необхідно враховувати наявність зворотних потоків рідини та водоповітряної суміші, оскільки нехтування ними веде до зниження достовірності результатів.

**Висновок.** Проведені аналітичні та експериментальні дослідження виявили наявність зворотних циркуляційних потоків вкрай хаотичних та непрогнозованих. Однак неврахування таких потоків приводить до значних похибок. Напрямок досліджень – комп'ютерне моделювання гідродинамічних процесів, що відбуваються в камері змішування ежекторів.

### **Література.**

1. Яценко А. Ф. Теоретические и экспериментальные исследования водовоздушного эжектора / А. Ф. Яценко, Т. А. Устименко. // Наукові праці ДонНТУ. Серія Гірнично-електромеханічна. – 2012. – с. 247 – 253.

2. Соколов, Е.Я. Струйные аппараты / Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер. 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. –352 с.

## **Спосіб переробки пивної дробини**

**Гущик Валентина, Свідерська Олександра**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Переробці пивної дробини, вторинної сировини пивоварного виробництва, хоча і присвячено достатньо наукових і практичних досліджень, але й досі певні аспекти залишаються не вирішеними. Це і висока вартість її термічного висушування, і значні сезонні коливання кількості даного продукту.

**Матеріали і методи.** Проведено аналіз конструктивних та технологічних особливостей обладнання для сушіння пивної дробини.

**Результати.** В результаті аналізу обладнання для зневоднення харчової сировини рослинного походження: шнекових пресів, фільтрпресів, стрічкових фільтр пресів, барабаних сушарок, сушарок з завихреними потоками фаз, зроблено висновок про можливість і доцільність комбінованого підходу для вирішення даної задачі. Пивна дробина має значну початкову вологість, до 90 – 92 %. За таких значень вологості виправданим є її механічне зневоднення двоступеневим пресуванням. на першому ступені до вологості 70 – 75 %, на другому – до вологості 40 – 45 %, і сушіння в два етапи, на першій стадії – до вологості 20 – 25 %, а на другій – до вологості 10 % з отриманням сухої кормової добавки [1]. Фільтрат, що отримується після пресування на фільтр пресах має високий вміст білків, що доцільно відділити ультрафільтрацією.

Отже запропонований процес сушіння рідкої пивної дробини відбувається в наступній послідовності. Рідка пивна дробина віджимается до вологості 75 % шнековим пресом і завантажуються в накопичувальний бункер, далі стрічковим транспортером подається в стрічковий фільтрпрес, де набуває вологості 60 %. Після цього дробина вологістю 60 % проходить процес інфрачервоного опромінювання (мікронізації) під галогеновими лампами мікронізатора, що дає можливість не тільки підвищувати поживність її в якості корму, але й покращувати його санітарно-ветеринарні якості [2]. Потім опромінена під галогеновими лампами кормова маса вологістю 60 % похилим транспортером подається до горизонтального транспортеру дозатору, з якого дробина надходить у барабанну сушарку.

**Висновки.** Провівши аналіз конструкцій та режимів роботи обладнання для зневоднення пивної дробини [4], встановлено оптимальні режими її віджимання і сушіння, запропоновано технологічно-апаратурну схему проведення процесу.

### **Література.**

1. Патент РФ № 2215426, Спосіб переработки отходов пивоваренного производства / А. Д. Рекало, А. В. Иванов. Опубликовано 10.11.2003 г.

2. Славов В. П. Екологічна енергоресурсозберігаюча технологія сушіння рідкої пивної дробини. Славов В. П., Дідківський А. В., Дєдова Л. О., Кебко В. Г. і др. Науково-технічний бюлетень ІТ НААН, Житомирський національний агроекологічний університет, Житомир, 2018. - № 12 - с. 130-138.

3. Луц П. М., Алієв Е. Б. Результати експериментальних досліджень процесу віджимання пивної дробини двогвинтовим пресом // Збірник наукових праць ІМТ НААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві». – Запоріжжя, 2011. – Вип. 1 (8). – С. 205–213.

4. Свідерська О. І. Яровий В. Л. Сучасні методи й обладнання для зневоднення пивної дробини механічним шляхом // Харчова промисловість: науковий збірник Національного університету харчових технологій – К., 2010. – № 9. – С. 141 – 143.

## Вплив кольору на сприйняття інформації

Сергій Галанзовський, Вадим Серпученко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Колір є важливим елементом загального рішення візуалізованої інформації.

**Матеріали і методи.** Встановлено, що певний колір викликає у людини цілком певні емоції і реакції. Наприклад, жовто-червоні тони створюють почуття схвильованості, збудження, активності. Сині, сірі колірні тони, навпаки, діють заспокійливо. Чорний або сірий колір має значення вишуканості, культурності.

**Результати.** Кількість використовуваних кольорів також безпосередньо впливає на ефективність сприймання візуальної інформації. Якщо ефективність сприймання чорно-білого зображення прийняти за 100%, то ефективність двокольорового зростає на 20%, а багатокольорового – на 40%. Звичайно при візуалізації інформації рекомендується застосовувати не більш двох кольорів, які, в свою чергу, можна урізноманітнити за рахунок родинних їм відтінків, оскільки така спорідненість створює відчуття колірної послідовності і не роздратовує зір.

По мірі комфортності колірні поєднання розташовуються в трьох зонах - зоні комфортності, зоні нейтрального сприймання і зоні дискомфорту. Відповідно і фарби співвідносяться одна з іншою і оточуючим простором; і саме це мають на увазі, коли говорять про їх «функціональність».

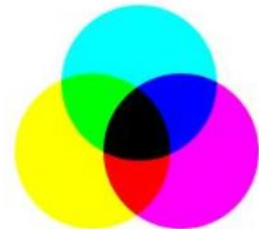
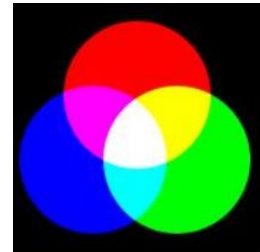
Основою трикомпонентної теорії кольору є припущення про те, що в центральній частині сітківки ока людини знаходяться три типи чутливих до кольору фоторецепторів. У комп'ютерній графіці застосовуються дві системи змішування основних кольорів:

- адитивна — червоний, зелений, синій (RGB);
- субтрактивна — блакитний, пурпурний, жовтий (СМУ).

**Висновки.** Тривимірна природа світла дозволяє представити сукупність кольорів у вигляді деякого простору, причому кожний з компонентів буде представлений координатою цього простору. Таке представлення кольору називається колірною моделлю.

### Література:

1. Федоров О. В. Комп'ютерна графіка. Конспект лекцій (для студентів інженерних спеціальностей) — Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 112 с.
2. Сайт Львівського національного медичного університету ім. Д. Галицького – Режим доступу до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/5280766/page:2/>



## Технології фракталів

Костянтин Герашенко Вадим Серпученко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Фрактал (лат. fractus — подрібнений, дробовий) — нерегулярна, самоподібна структура або фігура, малі частини якої в довільному збільшенні є подібними до неї самої.

**Матеріали і методи.** Фрактальна графіка — технологія створення зображень на основі фракталів. Фрактальна графіка базується на фрактальній геометрії. Фрактальне зображення складається з подібних між собою елементів. Побудова відбувається шляхом автоматичного генерування зображень за формулами.

**Результати.** Існують три поширені методи створення (генерування) фракталів:

Перший метод — ітераційні функції, які будуються відповідно до фіксованого правила геометричних заміщень, в результаті яких утворюються геометричні фрактали, наприклад: сніжинка Коха.

Другий метод — рекурентні відношення, це фрактали, що визначаються рекурентним відношенням у кожній точці простору (такому як площина комплексних чисел). Отримані таким методом фрактали називають алгебраїчними.

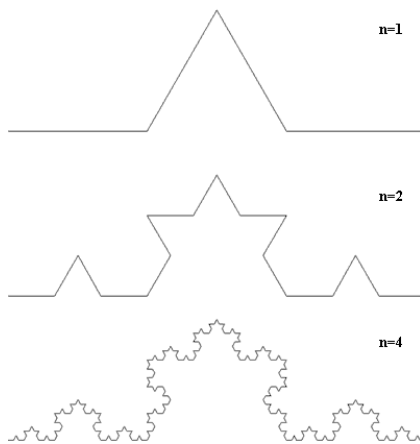
Третій метод — випадкові процеси, це фрактали, що генеруються з використанням стохастичних, а не детермінованих процесів, наприклад: фрактальні ландшафти.

Оскільки фрактал складається з нескінченного числа елементів, що повторюються, неможливо точно виміряти його довжину. Це означає, що чим точнішим інструментом ми будемо його вимірювати, тим більшою виявиться його довжина. Тобто можна сказати, що фрактальна лінія виходить за межі одновимірного простору у двовимірній.

**Висновки.** В нашому житті такі структури зустрічаються досить часто. У живій природі: корали, морські зірки та їжаки, квіти та рослини (капуста броколі), гілля дерев тощо. У неживій природі: гірські хребти, сніжинки, блискавки, хмари тощо. Фрактали також широко використовуються при моделюванні об'єктів за допомогою комп'ютерної графіки.

### Література:

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. — М.: «Институт компьютерных исследований», 2002.
2. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. Миниатюры из бесконечного рая. — Ижевск: «РХД», 2001.
3. Фрактал [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B0%D0%BB>



## Аналіз обладнання для очищення зернових культур

Тарасенко Володимир, Якобчук Роман

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Актуальною задачею при зберіганні і переробці зернових культур є їх попереднє очищення від домішок та забруднень. Вибір ефективного обладнання – запорука якісної продукції.

**Матеріали і методи.** Проведено аналіз конструктивних та технологічних особливостей обладнання для очищення зернових культур та встановлено їх переваги та недоліки.

**Результати.** Зроблено аналіз обладнання: пневмостоли марки G30, G40, сортувальні пневмостоли марки KD60, KD120, KD200. Це обладнання майже схоже одне на одного, крім технічних характеристик. Кожне обладнання має свої характеристики сортування певного види зерна.



Рис. 1. Пневмостіл компанії PETKUS

однорідними величинами швидкості, тиску у всіх точках робочої поверхні. Це дозволяє підвищити точність поділу матеріалу на фракції і збільшити потужність сортувальних пневмостолів нового покоління, що випускаються компанією PETKUS.

**Висновки.** Провівши аналіз конструкцій та режимів роботи обладнання для очищення зернових культур, встановлено, що дане обладнання потребує детального вивчення та дослідження процесу повітряного очищення зернових культур.

### Література.

1. Ялпачик, В.Ф. Машины, обладнання та їх використання при переробці сільськогосподарської продукції. Лабораторний практикум. Навчальний посібник / В.Ф. Ялпачик, В.О. Олексієнко, Ф.Ю. Ялпачик, К.О. Самойчук, О.В. Гвоздев, В.Г. Циб, Н.О. Паляничка, В.І. Шевченко, Ю.О. Борхаленко, С.Ф. Буденко. – Мелітополь.: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2015. с.

2. Сортировальный пневмостол G 30 / G 40. – Режим доступу: WWW. URL: <https://ltvukraine.com.ua/product/sortirovalnyj-pnevmostol-g-30--g-40>

3. Сортировальный пневмостол KD. – Режим доступу: WWW. URL: <https://altaypetkus.ru/uploads/KD.pdf>.

Нове покоління сортувальних пневмостолів компанії PETKUS укомплектовано новітньою аеродинамічною системою і системою врівноваження мас. За допомогою найсучасніших інструментів симуляції аерогідродинамічних характеристик конструкцій пневмостолів в зоні між вентилятором і робочою поверхнею було оптимізовано таким чином, щоб забезпечити створення ламінарного повітряного потоку з однаковими і



### Розподіл теплофізичних характеристик теплоагента та казеїну в сушильній установці ВС-150 в залежності від кутів нахилу перегородок

Стрілець Богдан, Погорілий Тарас

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Сучасний інтенсивний розвиток промисловості по переробці природних сировинних матеріалів ставить все більш жорсткі вимоги до якості виробів, та продуктивності при одночасному зменшенні енергоресурсів. Сушіння казеїну є складний процес, що потребує дотримання певних температурних режимів та швидкостей подачі гарячого повітря для підтримання псевдозрідженого шару в якому відбувається процес видалення вологи.

**Матеріали та методи.** Було розглянуто процеси гідродинаміки та тепло масообміну при сушінні казеїну сирцю в модернізованій сушарці ВС-150 з фонтануючим шаром продукту шляхом встановлення газорозподільної перегородки (для керування потоками гарячого повітря).

В зв'язку зі складністю розв'язання такої задачі аналітичними методами розрахунків сушарки з перегородками з псевдозрідженим шаром гранульованого казеїну сирцю проведено з використанням сучасних програмних комплексів.

Розрахунки було проведено при різних кутах нахилу перегородок (від  $15^\circ$  до  $90^\circ$  з кроком в  $15^\circ$ ), при різних розмірах частинок казеїну (від 0,2 мм до 2,0 мм), та при різних швидкостях вдування гарячого повітря в сушарку (від  $1,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  до  $5,0 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ).

**Результати.** В результаті проведених розрахунків по кожному із зазначених вище варіантів нахилу перегородок було знайдено: розподіли швидкостей гарячого повітря, розподіли швидкостей руху частинок казеїну всередині камери, розподіли температур

гарячого повітря та розподіли температур часточок казеїну.

На основі обробки отриманих результатів проведених досліджень отримали остаточну залежність розподілу середніх значень температур частинок казеїну в всередині сушарки в залежності від куту нахилу перегородок для більш ефективного процесу сушіння казеїну.

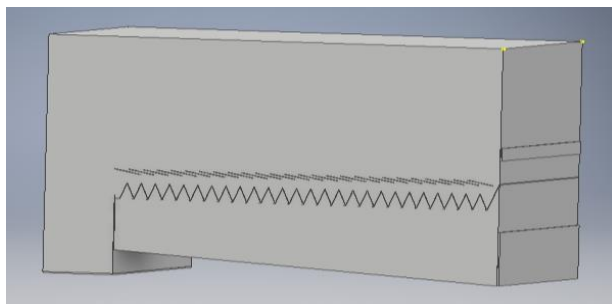


Рис. 1. Приклад 3D-моделі сушильної установки зі встановленими перегородками при куті їх нахилу  $15^\circ$

В результаті отримали, що найкращий ефект сушіння казеїну відбувається при кутах нахилу перегородок  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  та  $75^\circ$ .

Впровадження запропонованих конструкційних змін дозволять більш рівномірно розподіляти продукт всередині камери та на основі цього регулювати процес сушіння у всьому об'ємі сушарки та покращити якісні показники вихідного продукту.

**Висновки.** На основі проведених досліджень отримали, що модернізація сушарки шляхом встановлення перегородок є доцільною.

## Дослідження впливу конструкційних параметрів при розливі безалкогольних напоїв з метою інтенсифікації процесу

Олександр Степовий, Тарас Погорілий

Національний університет харчових технологій, м.Київ, Україна

**Вступ.** На сьогоднішній день досить широко розвивається виробництво безалкогольних напоїв. Однак, для випуску високоякісної продукції необхідно використовувати сучасні види технологічного обладнання розроблені на основі останніх наукових досліджень в області гідродинаміки.

**Матеріали і методи.** Оцінку досконалості обладнання забезпечує знання суті всіх фізико-хімічних процесів, котрі відбуваються на різних стадіях виробництва. В свою чергу, такий підхід також сприяє ще й підвищенню довговічності та надійності обладнання. В основу досліджень впливу конструкційних параметрів при розливі безалкогольних напоїв, котрі необхідно провести, покладено визначення впливу різних конструкційних параметрів на гідродинамічні процеси наповнювача пляшок з метою інтенсифікації процесу на основі математичного моделювання.

Зазначимо, що описати аналітично такого роду процес (розливу) на основі диференціальних рівнянь в частинних похідних Нав'є-Стокса є надзвичайно важкою справою. Далі, в силу складності як геометричних характеристик, так і самого процесу розливу, а також, в силу знаходження розв'язків таких рівнянь аналітичними методами є практично неможливою задачею, в даному випадку математичне моделювання проводили на сонові сучасних комп'ютерних програм. Для даних програмних комплексів необхідно створити 3D-модель, що й було пророблено (Рис. 1).

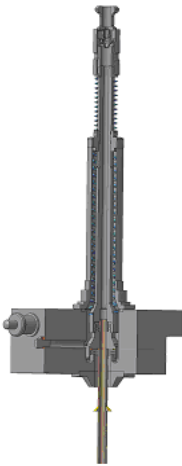


Рис. 3D-модель  
наповнювального  
клапана

Процес заповнення, пляшки складається з декількох етапів. Спочатку, при виконанні операції заповнення, пляшка наповнюється  $\text{CO}_2$  для вирівнювання тиску в пляшці і баку. Процес створення попереднього тиску закінчується при врівноваженні тиску між баком і упаковкою. Далі, на другому етапі пружина відкриває клапан, і відбувається наповнення пляшки напоєм під дією сили тяжіння. Кільце на трубі запобігає утворенню турбулентності рідини. По мірі того, як напій заповнює пляшку, газ витісняється з упаковки. Наповнення завершується, коли рідина в пляшці досягає горловини вихідної трубки, та блокуючи повернення газу. Після заповнення пляшки рідиною подається на коркування.

Основними недоліками більшості наповнювачів є доступ повітря до продукту, який розливається, а також втрати рідини під час розливу. Для усунення цих недоліків було проведено модернізацію наповнювального клапана.

**Результати.** Створена математична модель, побудована 3D-модель та проведена модернізація дасть змогу провести дослідження впливу конструкційних параметрів при розливі безалкогольних напоїв з метою інтенсифікації процесу.

**Висновки.** Створена 3D-модель дасть змогу провести математичне моделювання по дослідженню впливу конструкційних параметрів при розливі безалкогольних напоїв з метою інтенсифікації процесу.

# Section 15

## **Mechanical engineering, reliability and durability of food production equipment**

**Chairperson – professor Oleksandr Lytvynenko**  
**Secretary – Bohdan Pashchenko**

# Секція 15

## **Машинобудування, надійність та довговічність обладнання харчових підприємств**

**Голова – професор Олександр Литвиненко**  
**Секретар – Богдан Пащенко**

## 1. Електроерозійне різання металів та його використання

Лапко Марія, Литвиненко Олександр, Штефан Євгеній  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** В основу процесу електроерозійного різання металів покладено вплив на деталь іскрових розрядів, що утворюються внаслідок протікання імпульсного струму з частотою близько 240 кГц між електродом-дротом і деталлю, що знаходяться в безпосередній близькості один від одного в середовищі рідкого діелектрика. В результаті цих розрядів з матеріалу деталі вибиваються мікрочастинки, які виносяться з міжелектродного зазору (GAP) струменем діелектрика.

**Матеріали і методи.** Технологія електроерозійної обробки продовжує розвиватися за двома основними напрямками: дрове електроерозійне різання (wire electric discharge machining) і копіювально-прошивна електроерозійна обробка (ram (die sinking, electric discharge machining). Залучення сучасних інформаційних технологій (CAD / CAM-системи) в технологічний процес дозволило збільшити точність обробки – нові установки з усім комплексом сучасного оснащення гарантували повторення закладеної в програмі геометрії з великим ступенем точності. Сучасні моделі верстатів на 75% дешевше і в 3-5 разів точніше.



Рис. 1. Вироби, одержані електроерозійною обробкою

### Результати та обговорення.

Що стосується електроерозійної прошивки, то відповідні поліпшення були досягнуті завдяки істотному збільшенню кількості годин, які здатний працювати CNC-верстат протягом дня. Обидві технології багато виграли від зниження нормочасів на кожній деталі. Перехід з ручного управління на числове програмне дозволив верстатам працювати практично всю першу зміну, інтенсивно в другу і третю в безлюдному режимі. З огляду на характер процесу формоутворення при електроерозійній прошивці,

точність обробки більшою мірою буде залежати від якості і точності виготовлення електрода. Графіт – дешевший і зручнооброблюваний матеріал – в поєднанні з сучасними технологіями високошвидкісної фрезерної обробки дозволяє отримувати електроди великої складності і високої точності. Певних успіхів було досягнуто і щодо площинності оброблених поверхонь. Наприклад, сумарне відхилення для прямокутної порожнини 150x200 мм, отриманої на сучасному верстаті, становить всього 0,008 мм.

**Висновки.** За останні роки електроерозійна обробка не тільки остаточно закріпила свої позиції в сучасному інструментальному виробництві, а й продовжує розвиватися швидкими темпами в напрямку поліпшення якісних показників і пропозиції нових конструктивних рішень.

## 2. Use of polymeric materials in food engineering

Aryna Kashchonak

*Belarusian national technical university, Minsk, Republic of Belarus*

**Introduction.** The review article discusses the main features and prospects of the use of polymeric materials in food engineering.

**Materials and methods.** Analysis of the influence of polymers on foodstuffs and equipment operation.

**Results and discussion.** Food engineering is a large consumer of polymeric materials. Their use shows a good technical and economic effect. The peculiarity of the applying of polymeric materials in the food industry and public catering, is that they come in contact with food and food raw materials. Polymers must not change the organoleptic product properties such as taste, smell, color and other. Toxic components are also unacceptable. Often technological operations are time limited; this can fetch it may cause defects. Therefore, specific requirements are imposed on polymeric materials which depend on the direction of their use.

Polymers are synthetic or natural. The second can be modified by chemical methods. The article will be discussed about synthetic polymers in food engineering. Polymeric materials can be used in pure form and various combinations. Also various additives are added to improve material properties.

The use of polymers in the food industry is possible only with the permission of the sanitary services. A series of tests must be carried out for each material or additive. According to the degree of suitability for contact with food, polymeric materials are divided into groups: allowed without restriction; approved for interaction with certain products and in certain conditions; not approved for use, as they change their properties in contact with products.

Polymers are widely used because of their lightness and ductility, they easily take the form of a product. The thermal conductivity of polymeric materials is lower than of metals, which allows you to save heat. The main disadvantage of polymers is the aging of the materials.

An example is the following equipment: grain augers; elements and bearings of transport belts which are used in fish processing, canning, dairy industry; fiberglass equipment is used in contact with products with high alkaline and acid aggressiveness; spacers for pasteurizers are made from special types of rubbers; spacers for tumble machines are made of heat-resistant rubber.

Often employ polymer release agent coatings. They are applied to metal structures to prevent product from sticking to the equipment surface. Coating is used for conveyor belts, molds and other equipment. Such coatings are also applied to the inner surface of the hoppers, from which the loose components enter the packaging machines. Release agents coating improves productivity and machine life. The use of coatings allows you to not lubricate details, which leads to lower costs and improves the sanitary condition of the workshops.

Polymeric materials are used for decorative protective coatings of machines. Polymers are often used for packaging various products, as well sealing pastes.

**Conclusion.** In recent years, the number of polymers used in the food industry has been increasing. First of all, polymeric materials were widely used in packaging products. To improve equipment in food engineering, polymer materials are used because of their corrosion resistance, frost and heat resistance.

### 3. Застосування електроерозійної обробки при виготовленні деталей м'ясопереробної промисловості

Смельянов Дмитро, Кадомський Сергій

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Фундаментальні дослідження в галузі підвищення зносостійкості та захисту металів від різних пошкоджень привели до розробки ряду технологій – застосування електрофізичних методів обробки, нанесення двошарових металокерамічних покриттів, хіміко-термічної та інших методів, спрямованих на підвищення продуктивності, скорочення тривалості обробки та застосування у випадках, коли традиційні методи виявляються непридатними.

**Матеріали і методи.** Високоєфективні електрофізичні методи оброблення конструкційних матеріалів.

**Результати та обговорення.** До важкооброблюваних матеріалів відносяться: високолеговані сталі аустенітного та мартенситного класів, жаро- та кислотостійкі сталі, деякі види спеціальних сплавів. Ці матеріали найчастіше використовуються для виготовлення деталей м'ясопереробного обладнання. Зокрема, в шпигорізці TREIF виробництва Німеччини застосовані ріжучі рамки із корозійностійкої сталі аустенітного класу, марка якої є невідомою. В результаті зношування напрямних (рис. 1), виготовлених із вищезгаданої сталі, розміри кубика шпігу після нарізання перестали відповідати нормативним.



Рис. 1. Напрямна рамки шпигорізці після 1000 годин експлуатації

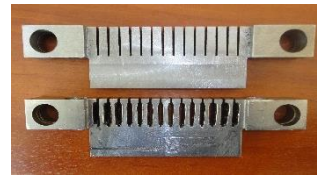


Рис. 2. Нова (матеріал – сталь 40X13 (DIN X38Cr13) після 300 годин експлуатації та зношена напрямна рамки шпигорізці

З метою виявлення хімічного складу деталі був здійснений спектральний аналіз, що дозволило встановити марку сталі. Виявилось, що напрямні рамки виготовлені зі сталі, аналогом якої є хромо-нікелева сталь аустенітного класу марки 08X18Ni10T (DIN X5Cr18Ni10). Застосування цієї сталі не зовсім обґрунтовано, оскільки характер зношування деталі вказує на її недостатню твердість і як наслідок, недостатню зносостійкість. Вимірювання твердості показало, що зміцнення матеріалу деталі за рахунок пластичної деформації не відбувається, що можна пояснити специфічним характером роботи деталі (присутність на її поверхні тонкого шару шпігу). В якості альтернативної була запропонована корозійностійка сталь мартенситного класу 40X13, що зміцнюється термічною обробкою (фото 2).

**Висновки.** Аналіз конструкції деталі показав, що фінішною операцією є нарізання направляючих пазів після гартування. Враховуючи це (HRC 54), було запропоновано застосувати електроерозійну різку. Її застосування при виготовленні деталей з легваної сталі мартенситного класу 40X13, що змінило традиційну технологію виготовлення і привело до збільшення зносостійкості деталі і терміну її служби приблизно в 3,5...5 разів.

#### 4. Ротаційне витягування циліндричних заготовок

Теняєва Марія, Курінний Богдан, Литвиненко Олександр  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Важливою проблемою на сучасному етапі формування вітчизняної економіки є виробництво конкурентоспроможної продукції. Забезпечити високу якість і низьку вартість виробів можна шляхом впровадження у промисловість маловідходних та енергозберігаючих технологій. Досягти цього у сфері обробки металів під тиском можливо впровадженням технологічних процесів із локальним прикладанням деформуючого зусилля. Саме до процесів такого типу відноситься ротаційне витягування.

**Матеріали і методи.** Під час дослідження використовувався апарат марки Repkon RFFM 330-138-300 CNC (рис. 1). У якості досліджуваного матеріалу була використана циліндрична заготовка із Ст. 3, яка розкатується двома способами: *прямим*, при якому напрямком течії матеріалу збігається з напрямком переміщення ролика; *зворотнім*, при якому напрямком течії матеріалу протилежний напрямку переміщення ролика.

**Результати і обговорення.** Характерною особливістю процесу ротаційного витягування є локальна зона деформації і задане зменшення товщини стінки вихідної заготовки.

Ротаційне витягування проводиться із заготовки, закріпленої на поворотній оправці, роликками, що обертаються у напрямку протилежному заготовці. Ролики переміщуються уздовж твірної оправки з необхідним заданим зазором. При їх зіткненні із заготовкою в місці контакту виникає великий питомий тиск, під дією якого відбувається пластичне витікання металу заготовки у зазор між роликом і оправкою, що формує виріб. Внутрішня поверхня деталі приймає форму зовнішньої поверхні оправлення, а її зовнішній контур повторює траєкторію переміщення робочої кромки ролика.



Рис. 1. Ротаційне протягування апаратом Repkon RFFM 330-138-300 CNC

Ролики встановлюються на спеціальних верстатних пристроях, обертаються на валу в підшипниках, при цьому відбувається їх зіткнення з оброблюваним матеріалом заготовки. Пристосування для установки ролика на верстаті – це жорсткий пристрій, що встановлюється та надійно закріплюється після вивірки на салазках верстата. Воно повинно відповідати жорсткості, витримувати робочі зусилля верстата без значних деформацій та забезпечувати стійку роботу.

**Висновки.** Отримано спосіб ротаційного протягування циліндричних заготовок, що дозволяє отримувати вироби покращеної якості. Визначено, що такий спосіб дозволяє зменшити капітальні витрати, спростити технологію виготовлення та підвищити ефективність виробництва елементів для підприємств харчової та переробної промисловості.

На сучасних апаратах ротаційне витягування проводиться розкочування одним, двома, трьома або шістьма роликками. Вони застосовують в якості робочого інструменту. Ролики виготовляють з високоякісної інструментальної сталі марок У10, У8, або їх закордонних аналогів: С 80W2, С 105W2.



## 5. Врахування структурно-механічних параметрів фільтрувальних елементів та осаду при мембранному розділенні рідких дисперсних систем

Пашенко Богдан

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Ефективність впровадження мембранних технологій у харчовій промисловості часто обмежується складністю врахування структурно-механічних параметрів як сировини так і фільтрувальних елементів та осаду, що утворюється на поверхні цих елементів при заданих технологічних умовах процесу. Особливо це стосується розчинів, що мають різну дисперсність.

**Матеріали та методи.** Автором розроблено метод теоретичного дослідження мембранного розділення рідких дисперсних систем за допомогою фільтрувальних елементів з врахуванням структурно-механічних параметрів керамічних мембран та шару осаду. Для його реалізації було використано теоретичні та експериментальні методи: фізичне моделювання процесу ультрафільтрації; математичне та імітаційне (числове) моделювання деформації керамічних фільтрувальних елементів та ущільнення шару осаду; аналітична оцінка параметрів процесу ультрафільтрації.

**Результати та обговорення.** Розроблений метод теоретичного дослідження мембранного розділення рідких дисперсних систем дозволяє визначати коефіцієнт проникності мембранного елемента та закономірності його зміни від деформування часточок шару осаду та пористості каркасу елемента. Отримано числові значення розподілу пористості під дією експлуатаційного навантаження. Визначено, що пористість мембранного елемента змінюється з 0,51 до 0,46, а коефіцієнт проникності змінюється у межах від 1,10 до 0,9 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с·Па). Це явище зумовлено зміною пористості мембрани під час її деформування внаслідок дії робочого тиску.

Проведена апробація розробленого теоретичного методу дослідження шляхом зіставлення отриманих результатів імітаційного та фізичного моделювання. Апробація здійснена на прикладі розділення модельного розчину за допомогою керамічної трубчастої мембрани «Inpor ultra». При імітаційному моделюванні час до повного блокування проходження рідкої дисперсної системи крізь пори склав 1595 с, а при проведенні фізичного експерименту – 1610 с. Значення критичного зниження продуктивності за фізичного експерименту становили від 14,121 до 3,05 кг/(м<sup>2</sup>·год), а при імітаційному моделюванні – від 12,850 до 2,775 кг/(м<sup>2</sup>·год). Числові значення коефіцієнту проникності за фізичного експерименту становили – від 2,386 до 0,054 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с·Па), а при імітаційному моделюванні – від 1,940 до 0,044 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с·Па). Співставлення значень імітаційного та фізичного моделювання показують розбіжність у межах 9 %. Підтвердження адекватності розробленого математичного описання проводилося за статистичним критерієм Фішера при обробленні результатів обчислювальних експериментів. Він становить 1,21, що задовольняє умову  $F_p < F_{кр}$  ( $F_{кр} = 3,79$  при відповідних дисперсіях вибірки і  $\alpha = 0,05$ ), при цьому відповідна ймовірність становить  $\alpha_p = 0,41$ , що відповідає наступній вимозі адекватності:  $\alpha_p > \alpha$ .

**Висновки.** Розроблений метод теоретичного дослідження розділення рідких дисперсних систем дозволяє визначити закономірності зміни структурно-механічних параметрів і проникності керамічних мембран та шару осаду при його ущільненні. Це дозволяє більш ефективно використовувати мембранні методи розділення у харчових технологіях і, як наслідок, отримувати продукцію покращеної якості для забезпечення належного рівня харчування населення.



## 6. Особливості роботи пневмомеханічного фасувального автомату з ваговим дозатором

Нікітіна Тетяна, Васильківський Костянтин  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Пневмомеханічні фасувальні автомати є оптимальними для фасування продуктів будь-якої сипучості за винятком тих, які мають високу запиленість (мука, цукрова пудра). З огляду на спосіб дозування і характеристики вагового дозатора, фасувальне обладнання дозволяє довільно змінювати порції фасованого продукту, а також досягати максимально точного дозування. При їх експлуатації відсутні обмеження на заміну фасованого продукту, які присутні у автоматах з об'ємним дозатором [1].

**Матеріали та методи.** Для дослідження та порівняння обрали обладнання для фасування моделей АФ-50-В, АФ-35-В і АФ-45-В. Відмінність обраного обладнання, а саме АФ-50-В для фасування, від аналогічних полягає у застосуванні пневмомеханічного пакувального автомата, у якого використовуються комбіновані приводи.

**Результати та обговорення.** З аналізу використання комбінованих приводів (протягування плівки відбувається за допомогою електродвигуна і ременів, а стискання і розстискання зварних елементів паєчного вузла – за допомогою пневматичних систем) зроблений висновок, що таке поєднання значно збільшує швидкість роботи автомата і дозволяє використовувати більший діапазон пакувальних плівок, ніж на АФ-35-В і АФ-45-В. У той же час наявність пневмоприводів вимагає використання компресора, внаслідок чого збільшується гучність роботи фасувального автомата. Порівняння показало, що навіть із підключеним компресором рівень шуму АФ-50-В значно менший, ніж створений автоматом АФ-35-В. Фасувальний автомат випускається модельним рядом АФ-50-В1, АФ-50-В2, АФ-50-В3, АФ-50-В4 [2]. Їхня відмінність між собою полягає в кількості дозаторів («потоків»): в АФ-50-В1 один «потік» продуктивністю до 600 уп/год, а в АФ-50-В4 відповідно чотири «потоків» продуктивністю до 2700 уп/год.

Окремою модифікацією даної фасувальної машини є можливість використання дворівневого вагового дозатора, що дозволяє більш точно і ефективно дозувати продукти, які не мають постійної сипучості. Наприклад, чіпси здатні або застрягати в горловині бункера (вібрлотка), або просіюватися великими зчепленими порціями. Відповідно розмір дози може мати небажані відхилення від заданого. Для запобігання цього в дозаторі використовуються два рівня вібрлотків.

**Висновки.** Результати дослідження показали перевагу застосування пневмомеханічного пакувального автомата з використанням комбінованих приводів. Крім того, доцільною є модернізація даного обладнання у вигляді дворівневого вагового дозатора.

### Література

1. Гавва О.М., Беспалько А.П., Волчко А.І., Пакувальне обладнання в 3 кн. – 1 кн. Обладнання для пакування продукції у споживчу тару. Київ : ІАЦ «Упаковка», 2008. 436 с.
2. Фасувальний автомат з ваговим дозатором АФ-50-В : веб-сайт. URL: <https://packtech.com.ua/uk/obladnannya/fasovalne/avtomaty-seriyi-stabilo/af-50-s-v> (дата звернення: 12.01.2020).

## Дослідження режимів різання та впливу вібрації при чистовій обробці отворів

Головишин Роман, Бойко Юрій

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Оброблення різанням є універсальним методом розмірного оброблення. Даний метод дозволяє обробляти поверхні деталей різних форм та розмірів. Він має невелику енергоємність і високу продуктивність. Внаслідок цього оброблення різанням є основним та найбільш застосованим у машинобудівній промисловості процесом розмірного оброблення деталей [1-2].

**Матеріали і методи.** Для виконання роботи було використано сучасний токарно-фрезерний центр з ЧПК HAAS DS-30Y. У якості інструменту використовувалась кінцева фрези виробництва фірм «Seco» 654080Z4.06-SIRON-A, «PRAMET» 06E3S75-гвинторізного верстаті моделі 16K20BФ1. Візуалізація дослідження проводилася у прикладному програмному забезпеченні Siemens NX [3].

**Результати.** Збільшення частоти обертання при постійній величині глибини різання (0,05 мм), подачі (0,05 мм/об) і вильоті різця (50 мм) призводить до збільшення частоти коливань. Однак це явище є незначним. Така ж тенденція простежується при токарній обробці алюмінію і чавуну. При обробці цих матеріалів суцільнометалевим різцем збільшення подачі призводить до значного збільшення частоти коливань.

При використанні різця з отворами у державці частота коливань навпаки – зменшувалася. Збільшення глибини різання також призводить до збільшення частоти коливань. Підвищення вильоту різця зменшує частоту коливань. Це можна пояснити тим, що державка з горизонтальними отворами має неоднорідну структуру. При проходженні хвиля коливань постійно долає границю розділу середовищ: метал - повітря - метал - повітря. Відбувається гасіння коливань, їх часткове відбиття, зміна напрямку руху. Це пояснюється технологічним виконанням розташування отворів у шаховому порядку. У результаті коливання згасають, що стабілізує положення державки в просторі та призводить до підвищення якості обробленої поверхні.

**Висновки.** У порівнянні з іншими чинниками виліт різця значно впливає на частоту коливань оброблення. Значення частоти коливань при використанні металевого різця з отворами в державці значно менші ніж із використанням суцільнометалевого різця. Оптимальний режим різання, при якому частота коливань має найменше значення, для всіх випробовуваних матеріалів однаковий.

### Література

1. Вовк В.В., Красновид Д.А. Визначення геометричних параметрів передньої поверхні кінцевого інструмента. *Вісник донбаської державної машинобудівної академії: зб. наук. праць.* 2007. № 3(9). С. 32-38.  
Prediction of regenerative chatter by modelling and analysis of high-speed milling. *International Journal of Machine Tools & Manufacture.* 2003. №14. С. 1437-1446.
3. Siemens NX : веб-сайт. URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/products/nx/> (дата звернення: 18.01.2020).

## 8. Проектування та технологія отримання глибоких отворів

Волошко Дмитро, Бойко Юрій

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Найбільш складним і відповідальним завданням при проектуванні операцій глибокого свердління є вибір параметрів режиму різання робочого інструменту. Запропонована методика дозволяє вибрати оптимальні значення швидкості різання та хвилинної подачі для глибокого свердління отворів діаметром до 50 мм у заготовках корпусів із інструментальної сталі марки 45.

**Матеріали і методи.** При проектуванні операцій глибокого свердління за умов оброблення міцних інструментальних сталей (сталь марки 45) важливого значення набуває фізичне моделювання процесу дроблення стружки канавкою на поверхні леза [1].

**Результат дослідження.** Дослідження були проведені при свердильному оброблюванні зразків різної твердості із варіюванням швидкості різання та подачі. Значення ширини і глибини канавки:  $1,7^{+0,05}$  і  $0,5^{+0,05}$  мм. Зазначена ширина канавки відповідає її значенню для периферійної ріжучої кромки різця свердильної головки та забезпечує зменшення ширини при переточуванні леза по задній поверхні. Для обробки результатів використана методика повнофакторного експерименту. Діапазони варіювання факторів швидкості різання і подачі встановлені за даними пробного свердління.

У результаті проведеного експерименту отримана залежність довжини елементів стружки  $l_c$  від параметрів режиму різання ( $v$ ,  $S$ ) і твердості матеріалу НВ (МПа). Встановлено, що в діапазоні 20-40 м/хв швидкість різання порівняно мало впливає на довжину стружки. Утворення С-образних елементів стружки спостерігалось при подачі не менше 0,15 мм/об на зразок твердістю 2400 МПа та не менше 0,2 мм/об на зразок з меншою твердістю (1800 МПа).

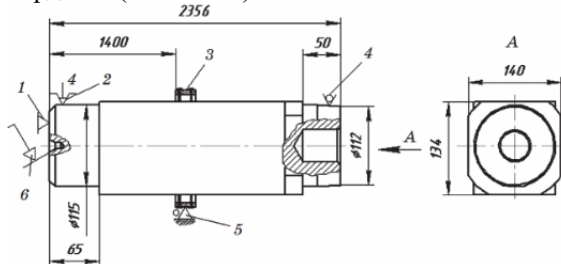


Рис. 1. Схема встановлення заготовки: 1 – упор; 2 – патрон 4-х кулачковий; 3 – втулка під люнет; 4 – центруюча втулка маслоприймача; 5 – люнет роликівий 3-х кулачковий; 6 – центр пристосування

**Висновки.** Результати дослідження вказують на складність забезпечення дроблення стружки при рекомендованій для даного діаметра свердління подачі ( $S \leq 0,15$  мм/об) і необхідність ретельного підбору режимів різання з урахуванням відмінності твердості матеріалу по довжині заготовки.

### Література

1. Кижняев Ю. И., Немцев Б. А. Проектирование инструментов для обработки глубоких точных отверстий диаметром 60 мм в деталях «Корпус» из титанового сплава. *Металлообработка*. 2011. № 6. С. 42-54.

## 9. Моделювання поведінки пористого каркасу фільтрувального елемента при мембранному розділенні рідких дисперсних систем

Пашенко Богдан

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Однією з основних проблем соціально-економічного розвитку сучасного суспільства у XXI є вдосконалення харчової промисловості, як однієї з провідних ланок світового господарства. Особливе місце у її структурі займають мембранні технології, які дозволяють створювати енергетично- та екологічно раціональні варіанти розділення та концентрування рідких дисперсних систем із застосуванням широкого спектру фільтрувальних елементів на основі неорганічних матеріалів (в тому числі керамічних мембран).

**Матеріали та методи.** Проведено імітаційне моделювання поведінки керамічного фільтрувального елемента із визначенням розподілу його пористості та зміни коефіцієнту проникності під час ультрафільтрації. Результати наукових досліджень отримані за допомогою програмного забезпечення MathCad V15, систем CAE PLAST та GiD, пакетів аналізу даних Microsoft Excel та Origin.

**Результати та обговорення.** У результаті імітаційного моделювання поведінки керамічного фільтрувального елемента були отримані відповідні ізограми (рис. 1).

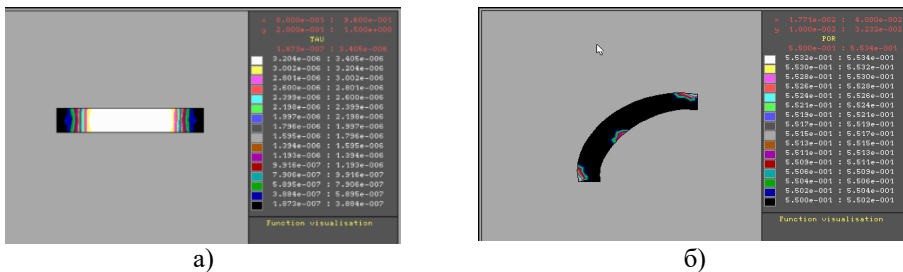


Рис. 1. Ізограми розподілу пористості в точках мембрани: а) по повздовжній; б) по окружній координатах

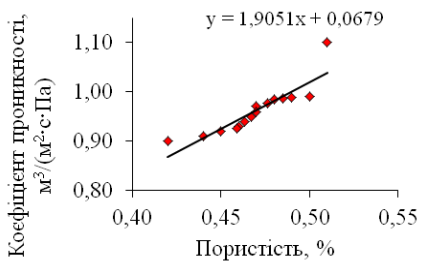


Рис 2. Залежність коефіцієнту проникності мембрани від пористості

**Висновки.** За допомогою імітаційного моделювання отримано числові значення розподілу пористості фільтрувального елемента під дією експлуатаційного навантаження. Також визначено зміну коефіцієнту проникності – від 1,10 до 0,9 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с·Па). Це дозволяє більш ефективно використовувати мембранні методи розділення у харчових технологіях, шляхом врахування апаратурно-технологічних режимів їх роботи.

## 10. Метод піскоструменевого очищення металевих поверхонь

Бондаренко Сергій

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** На кожній поверхні при контакті з навколишнім середовищем відбуваються процеси, які пошкоджують її структуру, зовнішній вигляд та знижують експлуатаційні характеристики. Аналогічних змін від дії зовнішнього середовища зазнає метал і різноманітні металеві конструкції, відновити які можна методом піскоструменевої очистки.

**Матеріали і методи.** Використовують зерна піску величиною від 1 - 1,5 мм до 2 - 2,5 мм залежно від товщини матеріалу. Піскоструменевий метод – дуже делікатний спосіб очищення, який використовується у різноманітних сферах народного господарства, особливо при окремих деталях та частин харчового обладнання. Також за допомогою даного методу нежирюють поверхні, а також проводять попередню обробку при складанні арматури електровакуумного устаткування.

**Результати та обговорення.** Сутність методу піскоструменевого очищення полягає в розпорошенні частинок абразивного порошку під тиском потоком стисненого повітря або рідини (гідроабразивне оброблення). При цьому поверхневий шар металу разом із забрудненнями видаляється з поверхні оброблюваної деталі. За рахунок меншої вартості устаткування і його невеликої енергоємності процес піскоструменевого очищення обходиться набагато дешевше порівняно з іншими методами. Піскоструменеве очищення проводиться швидко, за його допомогою можна очистити значну площу за короткий період часу. Розглянута технологія очищення металевих поверхонь застосовується у різноманітних цілях. Технологічно процес очищення проводиться в спеціальній камері та дозволяє зняти з поверхонь виробу зіпсований поверхневий шар (рис. 1). Шліфувальною речовиною виступає дрібний пісок і спеціальна дробина, під впливом яких за допомогою стисненого повітря відбувається процес оброблення.



Рис. 1. Піскоструменеве очищення металевих поверхонь у спеціальній камері

**Висновки.** Вибір ступеня піскоструменевого очищення металевих поверхонь необхідно визначати заздалегідь, зважаючи на те покриття, яке було нанесено на поверхню: антикорозійне, емальоване, цинкове, ґрунтувальна фарба тощо. У сучасних технологіях машинобудування даний метод є одним з найбільш ефективних і продуктивних способів оброблення поверхонь, метою якого є їх подальший захист та відновлення. Такий підхід є економічно вигідним та доцільним, адже при помірних фінансових витратах поверхня повертається до вихідного стану та не потребує цілковитої або часткової заміни.

## 11. Дослідження конструкції державки розточного токарного різця

Розумний Олег

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Оброблення різанням є універсальним методом розмірного оброблення. Метод дозволяє обробляти поверхні деталей різних форм та розмірів. Він характеризується невеликою енергоємністю та високою продуктивністю [1-2].

**Матеріали і методи.** Однією з основних проблем, що виникають при обробленні заготовок різанням є вібрації ріжучого інструменту. Вони значно знижують якість готових виробів, зменшують продуктивність процесу та стійкість інструменту. Особливо сильно ці показники залежать від інтенсивності автоколивань. Тому завдання підвищення вібростійкості технологічної системи «верстат-приспособування-інструмент-деталь» (ВПД) набуває важливого значення. Основним способом зменшення вібрації є демпфірування енергії коливань. Демпфуюча здатність інструменту може бути підвищена за допомогою конструктивного демпфування.

**Результати та обговорення.** Для визначення оптимальної конструкції віброгасильної вставки державки розточувального токарного різця була створена 3D-модель та проведено імітаційне моделювання на основі методу скінченних елементів у програмному модулі APM Structure 3D, що входить до складу системи APM WinMachine. Моделювання проводилося з метою визначення величини переміщення робочого кінця ріжучої пластини при статичному та термічному навантаженні, визначення першої резонансної частоти власних коливань, а також амплітуд вимушених коливань вершини ріжучої пластини різця.

Імітаційно змодельовано поведінку розточного токарного різця марки S32X-MCLNL 12-Bh 12 (рис. 1) з державкою виготовленою із сталі 40x у експлуатаційних умовах. У результаті моделювання були отримані розрахункові дані максимальної амплітуди віброзміщення вершини ріжучої пластини різця при декількох значеннях його вильоту (40, 80, 120 мм) по осях OX, OY, OZ.



Рис. 1. Розточний токарний різець марки S32X-MCLNL 12-Bh 12

**Висновки.** Встановлено, що збільшення і зменшення амплітуд вимушених коливань вершин державки моделі відбувається внаслідок невідповідності фізико-механічних характеристик матеріалу умовам експлуатації. Відповідно до вище зазначеного, даний матеріал не може бути рекомендований для використання при виготовленні елементів ріжучого інструменту.

### Література

1. Армарего І.Дж.А., Браун Р.Х., Обработка металлов резанием. Москва : Машиностроение, 2003. 325 с.
2. Косилов А.Г., Мещерикова Р.К., Справочник технолога-машиностроителя в двух томах. – 2 том. Москва : Машиностроение, 1986. 496 с.

## 12. Технологія порошково-полімерного фарбування

Хробатенко Євгеній, Дзюб Олександр

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Станом на сьогоднішній день метод порошкового фарбування в електростатичному є досить поширеним, незважаючи на те, що запропоновано цей метод майже п'ятдесят років. Це пояснюється високими показниками тривалої стійкості поверхні та естетичним виглядом пофарбованої деталі.

**Матеріали і методи.** Процес полімерно-порошкового фарбування відбувається наступним чином:

- для початку готують поверхню, її очищують від корозії, забруднень та знежирюють;

- наступний етап – це нанесення фарби (порошкова фарба має вигляд суміші фарбувальних пігментів та полімеру); покриття наноситься спеціальним інструментом (рис. 1), який заряджає частинки електричним зарядом, завдяки чому вони надійно осідають на поверхні виробу);

- останній етап – це полімеризація (процес відбувається в спеціальній термокамері, де деталь нагрівають, що забезпечує оплавлення частинок фарби, які в свою чергу, рівномірно розтікаються по поверхні, забезпечуючи високі адгезійні властивості).

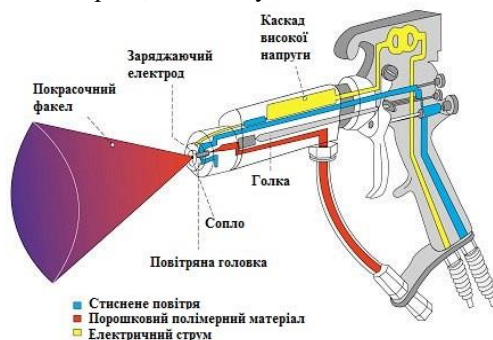


Рис. 1. Електростатичний пістолет для нанесення порошкової полімерної фарби

**Результати.** На підприємстві ТОВ «Пакувальні технології» завдяки використанню порошково-полімерного покриття металевий виріб надійно захищений від появи на ньому корозії та суттєвих механічних пошкоджень. Також порошкове покриття характеризується безпекою в екологічному плані, оскільки він не містить небезпечних та шкідливих сполук. Крім того, фарбування здійснюється з використанням «водяної завіси», що забезпечує екологічну безпеку використання розглянутого способу. Це, безумовно, вигідно виділяє даний метод фарбування з цілої низки різних захисних покриттів, які використовуються в промисловості.

Також даний метод підвищує хімічну стійкість та фізико-механічні показники покриття, забезпечує його ударостійкість та високі антикорозійні та електроізоляційні властивості.

**Висновки.** До переваг даного методу можна також віднести високу швидкість нанесення порошкових матеріалів, рівномірне розподілення фарби по товщині без утворення прошарків, якісну фарбування виробів складної конфігурації, можливість збільшення товщини покриття та нанесення багат шарових покриттів.



## **. Оптимізація процесу виготовлення штуцера пляшкоминої машини з використанням САМ/СAD технологій**

Горайчук Андрій, Литвиненко Олександр

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Окремі підприємства не завжди можуть організувати випуск запасних частин самостійно через низку організаційних та економічних обставин. Виготовлення відносно невеликих партій однотипних деталей вигідно і підприємству-виробнику, оснащеному сучасним устаткуванням, що дозволяє ефективно його завантажувати і виготовляти продукцію високої точності при найменших витратах машинного часу.

**Матеріали та методи.** Як приклад використання САМ/САМ технологій обрано розроблення технологічного маршруту та виготовлення виробу на обладнанні з ЧПК, а саме – штуцера клапана для шприцювальної труби пляшкоминої машини. В даній роботі нами досліджено вибір раціональних режимів різання (швидкості різання, подачі) та вплив кута загострення свердла на якість отримання отвору в штуцері та швидкість спрацювання його ріжучої кромки. На оптимальний вибір режимів обробки отвору також впливає правильний вибір геометричних параметрів інструменту, а саме кут при вершині ( $2\varphi$ ) та передній кут різання свердла [1].

**Результати та обговорення.** Відомо, що при механічному обробленні багатьох кольорових сплавів в тому числі і латуні ЛС-59-1 при неправильно підібраних режимах обробки спостерігається адгезія стружки на поверхні інструмента. Зважаючи на це нами було прийнято рішення збільшувати швидкість різання та подачу. При досягненні значень  $n_{\text{шп}}=2600$  об/хв;  $S=0,1$  мм/хв спостерігається зменшена шорсткість оброблюваної поверхні до Ra 3,2, підвищується стійкість свердла.

При подальшому підвищенні обертів шпинделя верстата до  $n_{\text{шп}}=3000$  об/хв;  $S=0,1$  мм/хв спостерігалось намотування стружки на свердло.

Отже, за оптимальні режими різання прийняли:  $n_{\text{шп}}=2600$  об/хв;  $S=0,1$  мм/хв., при яких виконували подальші дослідження впливу кута загострення свердла на процес обробки.

В процесі дослідження проаналізували наступні кути при вершині свердла:  $118^\circ$ ,  $125^\circ$  і  $130^\circ$ . При куті загострення  $125^\circ$  спостерігалось покращення шорсткості отриманої поверхні, яку визначали візуально за допомогою мікроскопа УИМ-21, а також за зразками шорсткості. Це пояснюється тим, що збільшується розміри ріжучої кромки і товщина стружки.

**Висновки** Показано, що програмне забезпечення в системі Creo Parametric [2] дозволяє, зокрема, забезпечити кращу візуалізацію технологічного процесу, програма більш функціональна, може швидко корегувати режими різання. Визначено раціональні режими різання при свердлінні отвору в штуцері відповідно до запропонованої програми. Підібрано раціональний кут загострення при вершині свердла, що сприяє покращенню умов оброблення та підвищенню стійкості свердла.

### **Література**

1. Родин П.Р., Металлорежущие инструменты. Київ : Вища школа, 1986. – 656 с.
2. Creo Parametric : веб-сайт. URL: <http://www.ptc.ru.com/cad/creo/parametric> (дата звернення: 18.02.2020).



#### 14. Рациональний вибір способів високоточної обробки поверхонь деталей

Бутик Тарас, Кадомський Сергій

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Традиційний підхід до шліфування, як завершувального методу обробки заважає побачити і оцінити безсумнівні переваги іншого методу - лезвівної обробки інструментами з надтвердих матеріалів, що пояснюється недостатньою інформацією, внаслідок недостатньої кількості теоретичних робіт з аналізом границь і умов застосування.

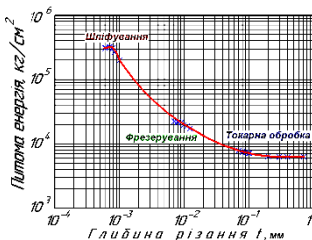


Рис. 1. Витрати питомої енергії при обробці сталі SAE-1112 в залежності від глибини різання

Нітрид бору має характеристики, що дещо поступаються алмазному інструменту, але за показниками теплостійкості і ударної міцності, ці інструменти перевершують алмазні. Інструменти з нітриду бору мають цей поріг майже у два рази вище, що істотно розширює можливості використання. Алмазний інструмент, крім низького коефіцієнта тертя з багатьма матеріалами, має високу гостроту ріжучої кромки (малий радіус округлення), що забезпечує малу деформацію зрізаного шару, що наближає процес алмазної обробки до умов чистого зрізу. Мала деформація при високій теплопровідності алмазного інструмента не сприяють розвитку високих температур у зоні різання, такий процес можна умовно назвати «холодним», оскільки температура в зоні різання не перевищує 200°C. Низький рівень температур дозволяє вести обробку без температурних перетворень в обробленій поверхні, максимально зберігаючи структуру основи. При цьому алмазна обробка інструментом з синтетичних алмазів дозволяє забезпечити шорсткість обробленої поверхні Ra 0,2 мкм, а інструментом з натуральних алмазів Ra 0,1-0,05 мкм.

**Висновки.** Аналіз схем різання при шліфуванні, точінні і розточуванні показує переваги лезової обробки і локальність контакту інструмента з деталлю при точінні. Площа контакту шліфувального кола з деталлю значно перевищує площу контакту різця з деталлю, що зумовлює значно більші енерговитрати і тепловиділення при шліфуванні ніж при точінні. Швидкість обробки (окружна) деталі при шліфуванні менше, ніж при точінні, що зумовлює короткочасність впливу високої температури на оброблену поверхню, відповідно, менший вплив високої температури на поверхню деталі при точінні.

## 15. Врівноваження зусиль на деталь при обробленні різанням

Тарасенко Андрій, Кадомський Сергій

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** При обробленні різних виробів виробник постійно змушений балансувати між якістю одержуваної поверхні і зменшенням тривалості. Ця проблема ще яскравіше проявляється при різанні деталей, які в результаті тиску інструмента можуть деформуватися. Дана схема дозволяє взаємно врівноважувати вплив кожного інструмента на деталь.

**Матеріали і методи.** Профілограф-профілометр, віброаналізатор.

**Результати та обговорення.** Одночасне різання двома інструментами не лише скорочує цикл обробки, але і завдяки спрямуванню зусиль в діаметрально-протилежні сторони врівноважує їх, що в підсумку зберігає деталь від деформації та зменшує вібрації. Одночасна обробка двома інструментами суттєво покращується за рахунок можливостей САМ-програм, внаслідок чого скорочується час обробки, врівноважуються сили різання, синхронізується рух двох інструментів.

У тому випадку, коли два інструмента обробляють один і той же елемент деталі одночасно, один – над віссю обертання, а інший – під нею, швидкість подачі кожного інструменту може бути подвоєна, незважаючи на зусилля, з яким вони діють на оброблювану деталь.

Деформація – серйозна проблема, коли тонкі або довгі заготовки обробляються одним інструментом. Одночасне застосування двох інструментів з двох боків заготовки врівноважують сили різання, протидіючи деформації в результаті тиску інструменту. Такий спосіб попередження деформації помітно скорочує час циклу і покращує якість виробу. У режимі повторюваного профілю верхній і нижній чорнові інструменти мають однаковий контур руху з однаковою глибиною різання. По суті використовуються дві операції чорнкової обробки за один і той же час. Таким чином, подвоюється швидкість подачі при збереженні того ж навантаження на інструмент.

У режимі спостереження або синхронізації (одночасної та послідовної) один інструмент провідний, а другий слідує за ним на фіксованій відстані. Обидва інструменти починають роботу з однієї і тієї ж позиції, але другий інструмент «чекає» досягнення заданого користувачем відстані, пройденого першим інструментом, перш ніж почне різання. В цьому випадку інструменти можуть працювати на різних глибинах, виконуючи тим самим чорнову і чистову обробку.

Збалансована чистова обробка використовується для виконання тільки фінішної операції, замість чорнкової, генеруються проходи по контуру. Фіксовану відстань зазвичай використовується для фінішної обробки. У режимі стеження для кожного інструменту може бути заданий різний припуск на чистову обробку. Перший інструмент може виконувати напівчистову обробку з встановленим припуском, в той час як інший буде використовуватися для чистового різання.

**Висновки.** Сучасні системи САМ-технології дозволяють не тільки прискорювати обробку деталі двома інструментами але і суттєво знизити зношування обладнання за рахунок врівноваження зусиль обробки, зменшення вібрацій під час обробки та зносу інструмента та шорсткості поверхонь.

# Section 16

## **Machines and technologies for packaging**

**Chairperson – professor Anatolii Sokolenko**

**Secretary – V.S. Kostyuk**

# Секція 16

## **Машини та технології пакування**

**Голова – професор Анатолій Соколенко**

**Секретар – В.С. Костюк**

**Лабораторна установка для студентів НУХТ**  
**Роман Смоляр, Анатолій Соколенко, Геннадій Валіулін, Володимир Костюк**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

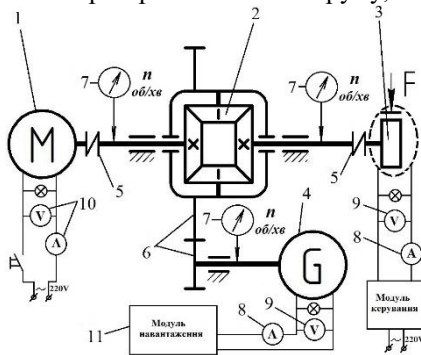
**Вступ.** Сучасний розвиток техніки та технологій не обходиться без того, що сьогодні будь-яке виробництво неможливе без залучення технічних пристроїв, а вони в свою чергу використання приводу.

**Матеріали і методи.** Лабораторна установка для студентів НУХТ саме таку назву має проєкт №733, який минулого року був поданий до Громадського бюджету міста Києва з метою впровадження розробок кафедри в навчальному процесі.

**Результати.** У травні 2019 року проєкт успішно пройшов експертну оцінку відповідального підрозділу і був допущений до участі у голосуванні, за результатами якого увійшов до числа переможців з реалізацією в 2020 році. На рис. 1 зображена принципова схема установки для визначення кінематичних і силових параметрів приводних механізмів. Впровадження дозволить покращити проведення лабораторних робіт під час вивчення кінематики та динаміки приводних механізмів, способів регулювання швидкостей, дослідження ефективності роботи електричних машин, можливостей та режимів роботи диференціально-зубчастого механізму, встановлення діапазонів регулювання вихідних параметрів приводу, пошук оптимальних режимів механічного приводу, встановлення меж можливих передаточних відношень, та наукових досліджень студентами технічних і технологічних спеціальностей.

**Рис. 1. Принципова схема установки**

- 1 - двигун асинхронний однофазний з короткозамкненим ротором,
- 2 - диференціально-зубчастий механізм;
- 3 - муфта електромагнітна порошкова;
- 4 - генератор постійного струму;
- 5 - муфта з'єднувальна,
- 6 - прямозуба зубчаста передача,
- 7 - тахометр оптичний,
- 8 - амперметр постійного струму,
- 9 - вольтметр постійного струму,
- 10 - амперметр-вольтметр однофазний змінного струму,
- 11 - модуль навантаження



**Висновки.** Все нове потребує особливої уваги і відповідних умов для своєї реалізації. В Українських реаліях впровадження вимагає узгодження питань комунальної власності про передачу майна державному навчальному закладу.

## Автоматизація пакування сипких продуктів схильних до пиління у ламіновані паперові мішки

В'ячеслав Тодавчич, Віталій Мамчур

*Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

**Вступ.** Розвиток пакувальної галузі є одним із пріоритетних напрямків розвитку промисловості України, зокрема тих її складових, що торкаються продуктів, харчування і торгівлі, тобто мають безпосередній дотик до здоров'я людини.

**Матеріали і методи.** Матеріалом для досліджень слугували сипкі продукти харчування, чи їх суміші, що мають схильність до пиління - такі, наприклад, як цукор-пудра, крохмал, порошок морозиво, різного роду ароматизатори та інші. Перелічені продукти мають свою специфіку, як в реалізації процесів дозування, міжопераційного транспортування та заупорювання в тару. При проведенні досліджень використовувався метод багатфакторного експерименту.

**Результати.** Лабораторною базою для проведення досліджень була напівавтоматична лінія комбінованого об'ємно-вагового дозування продукту у паперові ламіновані мішки місткістю 2,5...10 кг з подальшими операціями зварювання ламінованого покриття в середині мішка поверх насипаного продукту та зашивання горловини (торця) мішка через складену вдвоє стрічку, котра герметизує як торець мішка, так і отвори від голки при прошиванні мішка ниткою.

За своєю структурою лінія дозування продукту в паперові мішки була побудована так, що на один вагопроцесорний термінал конструкції ТзОВ «Завод «Техноаґи»» (м. Львів) можуть почергово або одночасно працювати три об'ємні шнекові дозатори з частотним регулюванням швидкості і котрі системою керування зв'язані з вагопроцесором. При одночасній роботі всіх шнеків з одним і тим самим продуктом діставали вигреш в продуктивності, при послідовній роботі шнеків, що транспортують різні продукти – можливість отримувати в одному мішку суміш трьох продуктів. Предметом експерименту стало дослідження точності дозування в залежності від режимів транспортування [2], характеристик самого продукту та геометрії відносного розташування пристроїв [1] та їх елементів, котрі приймають участь у дозуванні. Результати експерименту заносились в таблицю, оброблялись і за їх результатами визначались найбільш впливові чинники, котрі потребували корекції чи видозміни.

З метою збільшення міцності мішка, упередження поширення витоків пилу продукту через складки, гофри та голкові отвори отримані при зашиванні мішка нитками, існуюча модель лінії була доукомплектована пристроями зварювання внутрішніх шарів ламінованої плівки та пристроєм подачі і формування герметизуючої стрічки безпосередньо під лапку швейної машини.

**Висновок.** Вироблено рекомендації щодо проектування пристроїв дозування сипких продуктів схильних до пиління. Розроблено модернізовану конструкцію зварної та мішко-зашивальної лінії для ламінованих паперових мішків.

### Література

1. О.М. Гавва, А.В. Деренівська, М.А. Масло Рациональне розташування зважувальної місткості у вагових дозаторах для сипкої продукції Упаковка. – 2013р. – № 2. – С. 54-57.
2. О.М. Гавва, А.В. Деренівська, Л.О. Кривопляс-Володіна Шляхи зменшення динамічної складової похибки дозування сипкої продукції - Науковий журнал «Харчова промисловість». – 2013 р. – № 14. – С. 176-179.

**Дослідження характеристик приводу ножової дробарки для подрібнення полімерної тари**

**Анна Харкевич, Микола Якимчук, Світлана Мироненко**  
 Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Серед основних недоліків переробки ПЕТ пляшок є великі енергетичні затрати на процес їх подрібнення. Для розробки нових зразків дробарок, важливим завданням є дослідження впливу конструкції ножів на якість подрібнення.

**Матеріали і методи.** Конструкція роторно-дискових ножів на зусилля різання ПЕТ пляшок суттєво впливає на миттєву потужність привода дробарки. Зміна стану полімерного матеріалу у вигляді величини напруження на розрив  $\sigma_p$ , Па, становить:

$$\sigma_p = K * v^m * \exp\left[\frac{U}{(m * R * T)}\right]$$

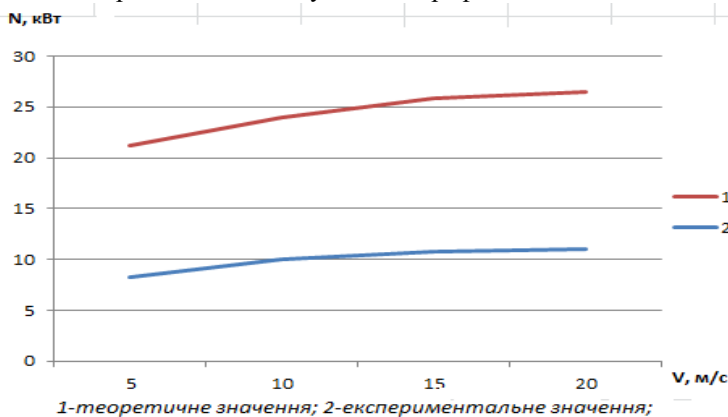
де  $K$ ,  $m$  - постійні, що залежать від виду полімеру;  $v$  - швидкість деформації розтягування, м/с;  $U$  - енергія активації процесу руйнування; кДж/моль;  $R$  - універсальна газова постійна,  $R = 8,31$  Дж / Кмоль;  $T$  - абсолютна температура, К.

Остаточна потужність ножової дробарки з урахуванням геометричних і кінематичних параметрів роторно-дискових ножів, зміни фізико-механічних властивостей полімерного матеріалу тари визначається за формулою:

$$N = \frac{K_3 * K * v^m * \exp\left[\frac{U}{(m * R * T)}\right] * (h + b) * z_n * \delta^2 * \omega * z}{2 * \pi * \eta}$$

де  $A$  - робота різання, що здійснюється за один раз, Дж;  $\omega$  - кутова швидкість дискових ножів,  $\omega = 2\pi * n, c^{-1}$ ;  $n$  - кількість оборотів дискових ножів, об / с;  $z$  - число зубів дискового ножа;  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії,  $\eta = 0,75$ .

**Результати.** Аналітичні та експериментальні дослідження зміни потужності від швидкості обертання показано у вигляді графіка.



**Рис.1.** Залежність потужності дисково-роторної дробарки від швидкості різання ПЕТ пляшок.

**Висновки.** Проведено дослідження характеристик навантаження на двигун ножової дробарки з використанням роторно-дискових ножів. Отримано математичну залежність визначення потужності привода дисково-роторної дробарки від технологічних параметрів процесу подрібнення.

## Експериментальні дослідження мехатронних модулів дозування на основі пневматичних шлангових затворів для рідкої харчової продукції

Данііл Філозоф, Микола Якимчук, Ольга Горчакова

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Розвиток способів дозування харчової продукції безпосередньо пов'язаний із вдосконаленням технології виробництва, з підвищенням вимог до точності дозування, надійності та швидкодії дозаторів. Одним з перспективних напрямків створення нових дозаторів для рідкої харчової продукції є мехатронні модулі дозування на основі пневматичних шлангових затворів.

**Матеріали і методи.** Авторами розроблено експериментальну установку згідно патенту України №139488. Для дослідження було використано змінні насадки з різними кутами конусності та однаковими діаметрами вхідного і вихідного отворів. Об'ємні витрати рідкого харчового продукту визначались:  $Q = Q_M/\rho$ , де  $\rho$  – густина рідкого харчового продукту,  $\rho = 998 \text{ кг/м}^3$ ;  $Q_M$  – масові витрати рідкого харчового продукту,  $\text{кг/с}$ .

**Результати.** Аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень (рис. 1) показав, що найвищі витратні характеристики має насадка з кутом конусності  $24^\circ$  при умові найвищого рівня рідкого харчового продукту, тому для дослідження витратних характеристик мехатронних модулів дозування на основі пневматичних шлангових затворів (ПШЗ) було обрано насадку з кутом конусності  $24^\circ$  та рівнем рідкого харчового продукту в бункері дозатора  $h = 1 \text{ м}$ .

В подальших дослідженнях було визначено зміну витратних характеристик від керуючого тиску у ПШЗ (рис. 2). З врахуванням того, що робота ПШЗ підпорядковується закону гістерезису, було проведено дослідження відкривання ПШЗ (від 0 до 6 бар) та закривання (від 6 до 0 бар).

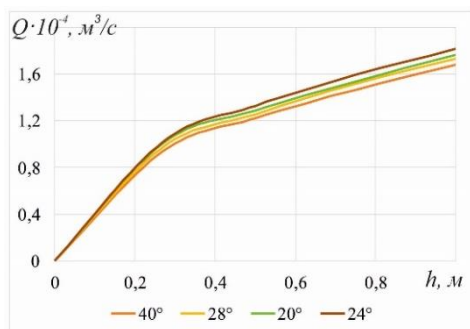


Рис. 1. Залежність зміни витратних характеристик дозуючої системи від рівня рідкого харчового продукту при різному куті конусності насадки

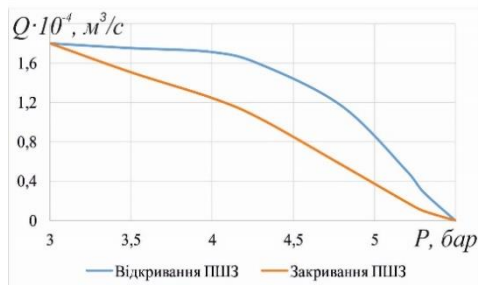


Рис. 2. Залежність зміни витратних характеристик дозуючої системи від керуючого тиску у ПШЗ для насадки з кутом конусності  $24^\circ$  з врахуванням гістерезису

**Висновки.** Встановлено залежність зміни витратних характеристик дозуючої системи від керуючого тиску у ПШЗ, що дозволяє скоригувати заданий закон руху мехатронних модулів дозування та підвищити їх точність.

**Література.** 1. Патент України на корисну модель UA 139488, G01F 11/16 (2006.01). Шланговий дозатор для рідких харчових продуктів / Якимчук М. В.; Горчакова О. М. – № u201906052; заявл. 31.05.2019; опубл. 10.01.2020. – Бюл. № 1/2020.

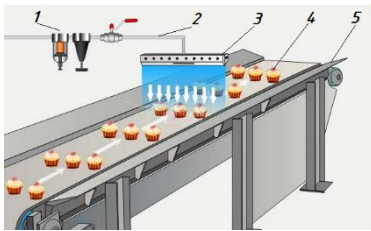
**Методика синтезу інтегрованих пневмосоплових модулів у пакувальних машинах**

**Максим Чепур, Людмила Кривопляс-Володіна**

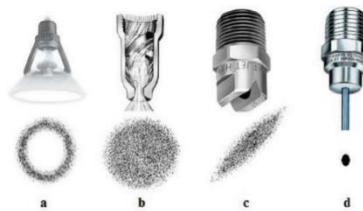
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** За способом нагнітання рідини у пакувальних машинах, форсунки тиску можуть бути розділені на три типи: звичайні, насос форсунки і форсунки з гідроаккумуляторами. Незважаючи на можливість отримувати надтонкі струмені, практично забезпечити монодисперсні розпили для широкої площі обробки – достатньо важко. Комплексні пневмосоплові модулі із груповою компоновкою форсунок дають можливість забезпечити диспергування газових та рідких середовищ на велику площу обробки.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження обрано імітаційну модель пневмосоплового модуля пакувальної машини, який працює за рахунок зміни тиску у каналі конфузору та дифузору та забезпечує обробку хлібопекарських виробів на конвеєрі. Методами дослідження є теоретичний аналіз роботи пакувальних машин для рідких харчових продуктів, методи комп'ютерного моделювання гідрогазодинамічних процесів у функціональному мехатронному пневмосопловому модулі. Розроблено 3D модель функціонального модуля розпилу (рис.1), блоки якої показують складові системи із зміною параметрів потоку продукту у перерізі, а також витрати енергії у складових елементах. Для оцінки ефективності кожного із функціональних модулів застосовано: тривалість виконання операції; функціональність (точність нанесення розпилу, точність позиціонування ФММ, збереження цілісності упаковки); енерговитрати.



а)



б)

**Рис. 1.** Загальний вид технологічної ділянки та соплових систем: а) функціональний мехатронний пневмосопловий модуль: 1 – блок підведення речовини розпилу; 2 - трубопровід; 3 – модуль розпилу; 4 – продукт; 5 – конвеєр; б) система сопла запропонована виробником IDST: (а) Hollow-cone nozzles; (b) Full-cone nozzles; (c) Flat-spray nozzles; (d) Solid stream

**Результати.** На базі проведених досліджень розроблено алгоритм діагностики пневмосистеми із сопловими пристроями на основі ежекторів, змодельовано та визначено характеристики розподілу тиску та швидкісних параметрів всередині пневмосоплового функціонального модуля. Отримані результати доводять, що динамічні моделі мають більш високу точність прогнозування і доводять, що динамічні моделі мають більш високу точність прогнозування і дають більше інформації у порівнянні із стійкими термодинамічними моделями.

**Висновок.** На підставі результатів проведеного циклу імітаційних експериментів можна вважати, що визначальними елементами синтезу та робочої характеристики пневмосоплового модуля у пакувальній машині є: сопло, що забезпечує потрібну течію; камера змішування з необхідними параметрами; місце розташування сопла і форма його сполучення з поверхнею ежектора, які забезпечують необхідний розподіл тиску і поворот струменя.



## Практичні аспекти використання робототехнічних систем у пакувальних лініях

Олександр Володін, Олександр Гавва

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Основні функціональні мехатронні модулі пакувальних машин часто приводяться в рух електромеханічною системою – яка є сукупністю електричних двигунів, механічних кінематичних ланок для передачі руху до робочого органу машини, перетворювальних пристроїв, контактних електричних апаратів керування та захисту, безконтактних пристроїв керування, мікропроцесорів.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження обрано процес автоматизації перевантажувальної робототехнічної ділянки пакувальної машини на базі технології розподіленої обробки цифрових даних, за допомогою яких комп'ютерні ресурси надаються інтернет-користувачеві як онлайн-сервіс (Industry 4.0). Методами дослідження є теоретичний аналіз роботи ділянки пакувальної машини для обробки штучних вантажів, модельні експерименти з питань опрацювання інформаційних сигналів; моделювання роботи окремих вузлів; методи комп'ютерного керування Raspberry Pi (комп'ютер) та Siemens S7-1500 (програмований логічний контролер); протокол MQTT, який дозволяє периферійним пристроям публікувати дані посереднику.

**Результати.** В ході дослідження типових компонок пакувальних машин здійснено синтез транспортно-перевантажувальної ділянки для обробки штучних вантажів.

Вирішена задача комплексної автоматизації технологічної системи рис.1, на базі теоретичних досліджень в програмному середовищі динамічного міждисциплінарного моделювання складних технічних систем для модельно-орієнтованого проектування Simulink. Для проведення фізичного експеримента в програмі TIA Portal 15 вирішена задача конфігурування контролера Siemens CPU 1512SP F-1 PN, із подальшим налаштуванням активації OPC-UA Server та ip-адресе сервера.



**Рис. 1.** Загальний вид дослідної транспортувальної ділянки для штучних вантажів:

1 - мережеві системи підключення локальної децентралізованої обробки інформації; 2 - високопродуктивні датчики та пускачі; 3 - авто-ідентифікатор для об'єктів, створює унікальну ідентифікацію та посилання на базу; 4 - інтелектуальні польові пристрої для програмного забезпечення та динамічного розподілу функціональних можливостей; 5 - управління мобільними пристроями: інтерфейси людина-машина

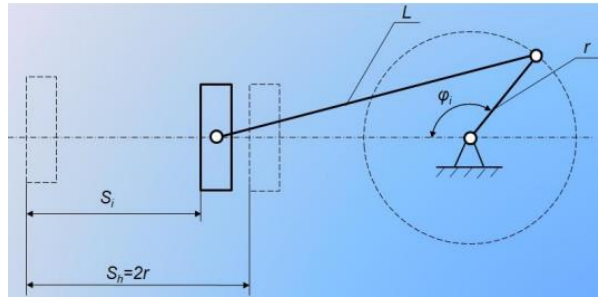
**Висновок.** В процесі моделювання здійснено синтез для робототехнічних систем пакувальних ліній, розроблено програму безперервного моніторингу показників технологічного процесу транспортування штучних вантажів з метою скорочення простоїв та аналізу експлуатаційних витрат.

Моделювання роботи кривошипно-шатунного механізму засобами MathCad  
Ольга Сєдих, Володимир Овчарук, Костянтин Геращенко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Кривошипно-шатунний механізм є основою багатьох поршневих машин - насосів, компресорів, двигунів внутрішнього згоряння тощо. Тому моделювати роботу таких об'єктів слід починати з моделювання роботи їх основи, при цьому найзручніше застосовувати для відстеження значень параметрів, що змінюються, індексовані змінні.

**Матеріали і методи.** Схема кривошипно-шатунного механізму наведена на рисунку1.



**Рис. 1.** Схема кривошипно-шатунного механізму

**Результати.** Ставиться завдання побудувати графіки залежностей переміщення  $S$ , швидкості  $v$  і прискорення  $a$  поршня кривошипно-шатунного механізму при наступних початкових даних: радіус кривошипа  $r = 0,1$  м, довжина шатуна  $L = 0,5$  м, частота обертання  $n = 25$  с<sup>-1</sup>.

Розрахунок швидкості:

$$S_{i+1} := r \cdot \left( 1 - \cos(\phi_{i+1}) + \frac{\lambda}{2} \cdot \sin(\phi_{i+1})^2 \right)$$

$$\Delta t := \frac{\Delta \phi}{\omega}$$

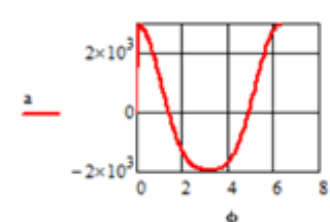
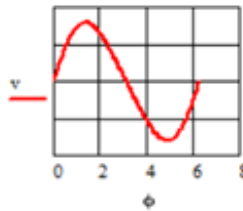
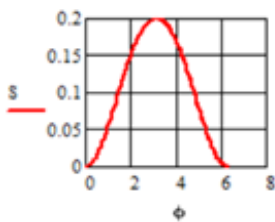
$$\Delta S_{i+1} := S_{i+1} - S_i$$

$$v_{i+1} := \frac{\Delta S_{i+1}}{\Delta t}$$

Розрахунок прискорення:

$$\Delta v_{i+1} := v_{i+1} - v_i$$

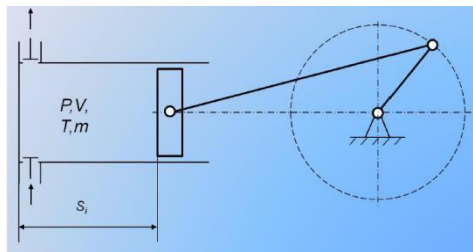
$$a_{i+1} := \frac{\Delta v_{i+1}}{\Delta t}$$



**Висновок.** В роботі наведено зручний алгоритм моделювання роботи кривошипно-шатунного механізму засобами математичного процесора MathCad.

**Моделювання ступені поршневого компресора засобами MathCad**  
**Ольга Сєдих, Володимир Овчарук, Павло Ющук**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Схема ступені поршневого компресора представлені на рис. 1. При заданих розмірах циліндра і кривошипно-шатунного механізму і параметрах клапанів, а також властивостей газу, поточний стан об'єкта, що моделюється, визначається наступними параметрами: кутом повороту колінчастого вала, переміщенням поршня, об'ємом камери, тиском, температурою і масою газу.



**Рис. 1.** Схема ступені поршневого компресора

**Матеріали і методи.** Робочий процес у робочій камері компресора, що відбувається за один оборот колінчастого вала, розбивається на 4 стадії: розширення, всмоктування, стиснення і виштовхування газу.

Концептуальна модель такого робочого процесу може бути наступною.

У початковий момент часу кут повороту колінчастого вала дорівнює нулю, поршень знаходиться у верхній мертвій точці. Обсяг робочої камери при цьому дорівнює обсягу мертвого простору, а тиск газу дорівнює тиску в нагнітальному трубопроводі плюс перепад тиску, необхідний для повного відкриття нагнітального клапана. Початкова температура газу порівняно висока, приймається експертно в діапазоні від 350 до 450 К. Початкова маса газу визначається рівнянням стану, виходячи з початкових значень обсягу, тиску і температури.

**Результати.** Стадія розширення починається при повороті колінчастого вала на деякий малий кут від ВМТ і триває до моменту відкриття всмоктуючого клапана.

Стадія всмоктування починається в момент відкриття всмоктуючого клапана і триває до моменту досягнення поршнем НМТ. Тиск і температура газу при цьому постійні.

Стадія стиснення починається з моменту проходження поршнем НМТ і триває до моменту відкриття нагнітального клапана, коли тиск в робочій камері перевищить тиск газу в нагнітальному трубопроводі на паспортну величину перепаду тиску, необхідного для повного відкриття нагнітального клапана.

Стадія виштовхування газу починається в момент відкриття нагнітального клапана і закінчується в момент досягнення поршнем ВМТ.

**Висновки.** За наявності вхідних і вихідних показників процесів, що відбуваються при роботі поршневого компресора (розширення, всмоктування, стиснення, виштовхування) дуже зручним засобом моделювання його роботи є математичний процесор MathCad.

**Дослідження процесу переміщення транспортного пакету з  
прокладками Non-Slip Safety Grip for Pallets**

**Роман Головишин, Анастасія Деренівська**

Національний університет харчових продуктів, м.Київ, Україна

**Вступ.** Розвиток пакувальних матеріалів та технічного оснащення пакувальної галузі зробив можливим розширення сфери використання допоміжного засобу пакування - прокладки Non-Slip Safety Grip for Pallets для запобігання ковзанню між шарами продукції у транспортному пакеті.

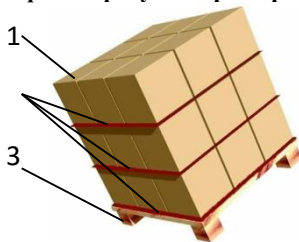
**Матеріали і методи.** Матеріал дослідження – прокладки для надання стійкості пакет-піддону (рис. 1.) без використання додаткових засобів скріплення: розтягувальної стрічки, термозбіжної стрічки, строп та ін. *Предмет дослідження* – зміна значень сил тертя між шарами продукції, в залежності від кінематичних та динамічних параметрів переміщення транспортного пакету. *Притучення* - шар продукції є суцільним тілом.

**Результати.** Під час проведення дослідження була розроблена схема силового навантаження на шари продукції (рис.2) для забезпечення їх стійкості за допомогою сил тертя, які виникають між ними та прокладками Non-Slip Safety Grip for Pallets. При цьому граничний коефіцієнт тертя ковзання, який забезпечуватиме стійкість шарів становитиме:

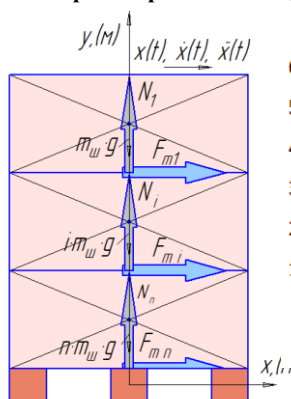
$$f \geq \frac{\ddot{x}}{(2i-1)g}, \quad (1)$$

де  $\ddot{x}$  - прискорення переміщення транспортного пакету;  $i$  - порядковий номер шару продукції починаючи зверху;  $g$  - прискорення вільного падіння.

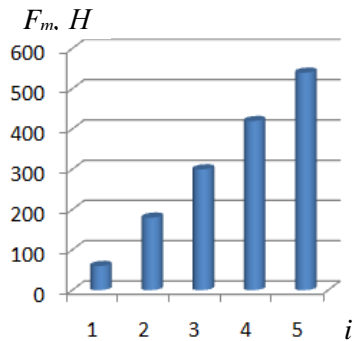
Результати проведеного дослідження представлено графіками зміни сил тертя між шарами продукції при переміщенні транспортного пакету (рис. 3).



**Рис. 1.** Схема скріплення транспортного пакету за допомогою прокладки Non-Slip Safety Grip for Pallets: 1 - гофраштик; 2 - піддон; 3 - прокладки для запобігання ковзанню продукції



**Рис. 2.** Схема силового навантаження на шари продукції в транспортному пакеті



**Рис. 3.** Графік зміни сил тертя в міжшарами продукції при переміщенні транспортного пакету

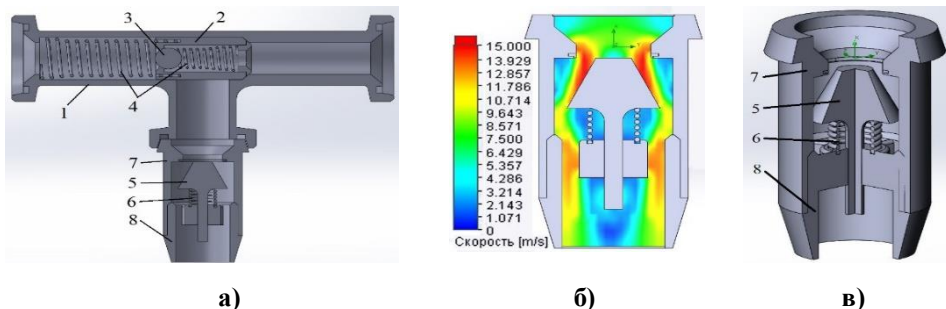
**Висновок.** Визначення граничних коефіцієнтів тертя на різних етапах переміщення, які забезпечуватимуть стійкість шарів продукції в пакет-піддоні, дозволить раціонально підібрати прокладки для запобігання ковзанню цих шарів, спростити схему технологічного процесу пакування і зменшити час кінематичного циклу: не потрібно використовувати різні способи укладки в шарах продукції та витратити час на зняття додаткових засобів скріплення.

**Дослідження впливу технологічних і конструктивних параметрів на енерговитрати в обладнанні для пакування в'язких продуктів**  
**Віктор Стрельченко, Анна Загородня, Людмила Кривопляс-Володіна**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Серед варіантів технологічного процесу пакування в'язких харчових продуктів можна виділити дві основні схеми, які найчастіше використовують у сучасних пакувальних машинах. Принципова відмінність між ними полягає у траєкторії руху споживчих упаковок. Основні енергозатратні складові пакувальної машини це система підведення та контролю харчового продукту і дозувально-фасувальний модуль із запірною-регулюючою системою.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження обрано імітаційну модель пакувальної машини і методом виділення дози за рахунок зміни тиску у каналі дозувально-фасувального модуля. Методами дослідження є теоретичний аналіз роботи пакувальних машин для в'язких харчових продуктів, методи комп'ютерного моделювання гідрогазодинамічних процесів у дозувально-фасувальному модулі. Розроблено 3D модель функціонального модуля дозування в ПП Solidworks (рис.1), блоки якої показують зв'язки системи із зовнішнім середовищем, а також витрати енергії у складових елементах.

Для оцінки ефективності кожного із функціональних модулів застосовано: тривалість виконання операції; функціональність (точність дозування, точність позиціонування, збереження цілісності тари та реології в'язкої продукції), енерговитрати.



**Рис. 1.** 3D моделі запірно-регулюючої системи: а) 3D модель регулюючої запірної арматури золотникового типу: 1 - трубопровід підведення продукту Т-подібний; 2 - корпус циліндричного золотника; 3 - запірний елемент; 4 - конусні золотник; 5 - конічний золотник; 6 - пружина; 7 - корпус відсічного клапану; 8 - направляюча золотника; б) графічне зображення швидкості переміщення потоку в перерізі відсічного клапану; в) переріз відсічного клапану

**Результати.** Під час роботи обладнання для пакування в'язких продуктів енергія витрачається на подолання сил опору, які виникають в парах тертя, магазинах споживчої тари та закупорювальних засобах і гравітаційної складової переміщення. Навантаження, які виникають в модулях машин, є величинами змінними та залежать від кінематичного циклу, та заданого закону руху робочої вихідної ланки.

**Висновок.** В процесі моделювання технічної системи розширено елементи 3D функціональних моделей із активними рухомими складовими, визначені сумарні енергетичні витрати та динамічні впливи на процес пакування.

### **Енергоматеріальні імпульси в газорідних середовищах**

**Артем Лапін, Анатолій Соколенко**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Метою створення газорідних систем в харчових і мікробіологічних середовищах є влаштування масо- і енергообмінних процесів на користь здійснення технологічних завдань різних ступенів складності.

**Матеріали і методи** дослідження ґрунтуються на положеннях феноменологічного аналізу, положеннях, що стосуються гідродинаміки газорідних систем, законах Архімеда, Паскаля, взаємодій газових і рідинних потоків та положеннях термодинаміки.

**Результати.** Інтенсивність перебігу процесів залежить від швидкості трансформації матеріальних складових з вірогідністю загального обмеження найменш швидкоплинним процесом. При цьому зовнішнє додаткове втручання в систему бажано мати таким, яке сприяє інтенсифікації всіх складових процесів. На увагу заслуговують можливості інтенсифікувати процес розчинення кисню на межі поділу рідинної і газової фракцій. Останнє пояснюється тим, що саме кисень має обмежену розчинність у воді та її розчинах, яка до того ж у відповідності до закону Генрі лімітується тиском і температурою середовища. На користь швидкості розчинення кисню впливають також величина міжфазної поверхні і гідродинамічний режим. Оскільки продуктивність апаратів мікробіологічного синтезу часто обмежується динамікою розчинення кисню, то це є причиною пошуків методів інтенсифікації, коли на заводі стоять значні об'єми середовищ та їх дисипативні властивості.

Поєднання і розв'язання наведених задач на основі відповідних теоретичних пошуків складає мету цього дослідження на основі того, що газорідні середовища розглядаються як квазіпружні системи. Газорідні середовища в харчових, хімічних та мікробіологічних середовищах утворюються за рахунок примусового введення газової фракції в рідинну або за рахунок самогенерації в останній діоксиду вуглецю. Взагалі вхідний енергетичний потік газової фази на додаток до названого потенціалу утворення міжфазної поверхні витрачається на утворення кінетичної енергії перемішування середовища і стосується потенціальної енергії набухлого шару газорідного середовища та потенціальної енергії розчиненого газу.

Пошуки можливостей інтенсифікації масообмінних процесів звичайно пов'язують з додатковим введенням в середовище енергії у формі механічного перемішування.

Перевагою технологій змінних тисків в надрідинних об'ємах є те, що такі впливи мають відповідні реакції у всьому об'ємі і кожна бульбашка змінює об'єм і площу міжфазної поверхні. Перехід до статусу квазіпружного середовища означає можливість оцінок впливів амплітуд і частот на зміну тиску з пошуком наближень до режимів резонансів. Всяку газорідну систему з присутністю в ній розчиненої і диспергованої газової фракції можливо розглядати як квазіпружну і таку, що відгукується на зміни тисків в газовому надрідинному об'ємі. Пружні властивості такої системи визначаються величиною газотримувальної здатності, яка залежить від фізико-хімічних властивостей рідинної і газової фаз, геометрії середовища вхідного або самогенераційного потоку газової фази, особливостей циркуляційних контурів тощо.

**Висновки.** Запропоновано пружні властивості газорідних середовищ визначати параметром жорсткості у формі відношення силової дії до деформації, яка дією цієї сили викликається. Приведену масу рідинної фракції доцільно визначати за принципом Релея.

#### **Література**

Інтенсифікація тепло- масообмінних процесів в харчових технологіях: монографія / Соколенко А.І., Мазаракі А.А., Шевченко О.Ю. та ін. Київ: Фенікс, 2001. 536 с.

## **Розробка та дослідження структури логістичного складу на основі робототехнічних платформ**

**Віталій Бабич, Микола Якимчук, Геннадій Валіулін**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Особлива розмітка на підлозі, відбивні мітки, датчики на стінах і стелажах— вірні ознаки того, що на території складу більшість операцій виконують роботи. Робототехнічні платформи автономно здатні переміщувати палети по території складу, брати товари з полиць і складати їх в контейнери і т.д. Такі робототехнічні платформи мають систему технічного зору і базу 3D-зображень, що дозволяє їм відбирати і ідентифікувати потрібні предмети. При цьому слід зазначити, що час впровадження автономних роботизованих складів поки не настав.

**Результати.** Метою роботи є створення концепції роботи автономного логістичного складу на основі використання робототехнічних платформ. Для вирішення цієї задачі запропоновано додатково використовувати роботи-дрони, які можуть літати вздовж стелажів та сканувати товарні позиції з подальшою передачею інформації в систему керування складом або безпосередньо роботам-підбирачам.

Традиційно в сучасних складських господарствах для зберігання інформації на стілажах використовуються RFID-етикетки. Читання інформації з них забезпечується сканером на відстані до 60 міліметрів.

Сучасний літаючий робот-дрон з камерою технічного зору здатний сканувати товарні позиції з декількох десятків метрів і фіксувати координати їх розташування з точністю до 1 міліметра. Концепція автономного робототехнічного складу передбачає додатковий контроль та визначення оптимальної траєкторії руху робототехнічних платформ.

Передбачається, що один літаючий робот-дрон буде одночасно працювати з двома робототехнічними платформами. Такий тандем допоможе оптимізувати час пошуку товарних позицій шляхом обробки інформації з одночасним розрахунком траєкторії рухів кожної платформи та вибору оптимального варіанту.

Особливістю використання сучасних робототехнічних платформ є їх здатність перевозити вантажі вагою до півтора тонн малих просторових межах. Так зміна напрямку руху робототехнічної платформи відбувається завдяки новому куту налаштуванню коліс, що дозволяє платформі рухатися навіть боком.

В системі автоматизованого складу передбачається використання ліфтів, які забезпечать робототехнічним платформам працювати на різних поверхах стілажів.

Запровадження автоматизованого складу передбачає розробку оригінального програмного забезпечення на основі штучних нейронних мереж. Такий підхід дозволить здійснювати контроль роботи відразу всіх «розумних» машин з можливістю аналізу інформаційних та матеріальних потоків.

**Висновок.** Запропонована концепція використання роботів-дронів з камерами технічного зору в комплекті з двома роботизованими платформами суттєво зменшать час пошуку товарної позиції, а використання оригінального програмного забезпечення на основі штучних нейронних мереж допоможуть удосконалити та оптимізувати систему навігації логістичного складу і як наслідок зробити простір для зберігання товарів більш адаптивним та наблизить впровадження автономних робототехнічних складів.



**Розробка та дослідження роботи трьохпальцевого захоплювального пристрою типу MultiChoice для складних форм упаковок**

Дмитро Данюк, Марія Аліпатова, Микола Якимчук  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Застосування типових конструкцій пальцевих захоплювальних пристроїв в пакувальному обладнанні переміщення складних форм упаковок є обмеженим, але з відкриттям нових технологій та матеріалів їх можливості суттєво збільшуються, що робить їх використання нагальним та актуальним.

**Матеріали і методи.** Конструктивне рішення пальцевого захоплювального пристрою типу MultiChoice було запропоновано як альтернативу традиційним захоплювальним пристроям. Їх якість роботи залежить від конструкції ребер. Традиційно геометрія ребер описана концепцією Fin Ray Effect і має паралельну структуру.

**Результати.** Метою проекту є виготовлення та тестування легких та гнучких стискаючих пальців, які забезпечують захоплення складних форм упаковок по зусиллю для збереження цілісності та товарного вигляду упаковок. Запропонована конструкція захоплювального пристрою суттєво збільшує гнучкість стискаючих пальців шляхом підбору та оформлення нової геометрії поперечних важелів та шарнірів, що імітують людиноподібні пальці. Створена модель роботи пальцевого захоплювального пристрою дозволила визначити зусилля притискання пальців до об'єкту як складову. Вектор сили притискання описаний формулою Лагранжа:

$$a(q) * [q] + b(q) * [q] + c(q) * [q] + g(q) = v$$

де  $a$  - сила інерції;  $b$  - відцентрові сили;  $g$  - сила гравітації;  $c$  - сила Коріоліса.

Для перевірки адекватності математичних моделей розроблена та виготовлена експериментальна установка пальцевого захоплювального пристрою та проведені експериментальні дослідження по визначенню сил утримання для різних мас та форм об'єктів та упаковок. Якість утримання упаковок трьома пальцями з різною геометрією ребер побудованих на концепції Fin Ray Effect оцінювалась за допомогою прикладання до них змінних зовнішніх сил. За результатами дослідження були визначені значення сил притискання об'єктів для різних мас та форм (рис. 1).



**Рис.1. Трьохпальцевий захоплювальний пристрій типу MultiChoice:**

**а) загальний вигляд; б) утримання яблука; в) утримання апельсину**

Визначення раціональних сил утримання об'єктів та упаковок різних форм та мас визначалося за умови забезпечення мінімального тиску пальців на матеріал упаковки за умови відсутнього їх зміщення відносно пальців.

**Висновок.** Аналіз результатів досліджень дозволили побудувати діаграму зміни зусилля утримання в залежності від товщини пакувального матеріалу та оптимізувати конструкцію пальцевого захоплювального пристрою типу MultiChoice. Наприклад, для упаковки масою 320 г середня сила утримання за умови збереження цілісності матеріалу становить - 1146 г (382 г на кожен палець).



## Дослідження параметрів гідравлічної мехатронної системи festo edukit-ра з використанням програмного забезпечення fluidlab-ра process

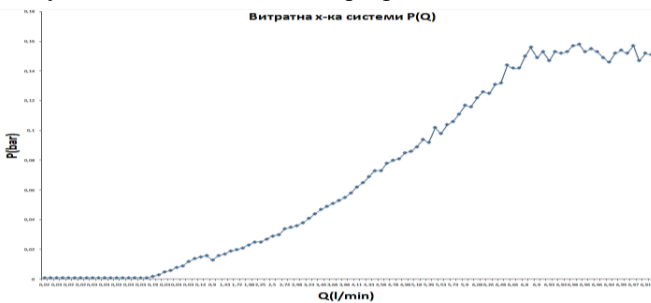
Іван Глущенко, Микола Якимчук

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Протягом всієї історії існування людства, люди постійно видобували, виробляли та транспортували воду та різноманітні рідкі харчові продукти.

**Актуальність.** Рідка харчова продукція завжди була невід’ємною частиною галузі харчової промисловості саме тому існує велике різноманіття розливних ліній, дозувальних та фасувальних пристроїв, що суттєво відрізняються одне від одного за способом формування дози, за умовами переміщення рідини, за рушійною силою переміщення рідини та за типом запірної арматури. Для дослідження параметрів системи, що впливають на закономірності руху рідин, нами було використано експериментальну мехатронну установку **Festo EduKit-PA**, що складається з насосу, системи трубопроводів, двох резервуарів, які з’єднані між собою та утворюють каскад, системи зворотних зв’язків у вигляді аналогових та цифрових давачів сигналів, запірної арматури, ПЛК (*Festo EasyPort PLC*) та програмного забезпечення **Festo FluidLab-PA process**.

**Результати.** За допомогою програмного забезпечення були проведені експерименти



та на основі зібраних даних були побудовані графіки витратних характеристик системи, визначено коефіцієнти місцевих опорів запірної арматури,  $\zeta = \frac{2 \times \Delta p}{v^2 \times \rho}$  (1) та режими руху рідини при різній напрузі живлення,  $Re = \frac{\omega \times d}{v}$  (2).

**Висновки.** За результатами експериментів можна стверджувати що витратна характеристика гідравлічної системи суттєво залежить не тільки від витратних характеристик самого

	Коеф. місцевого опору, $\zeta$			
	Кут відкриття запірної арматури			
	0	20	40	60
Напруга живлення(V)				
8V	1,28	6,93	111	7177
9V	1,4	7,51	102	6414
10V	1,23	8,56	121	7082
Серед. знач. $\zeta$	1,3033333	7,666667	111,3333	6891

насосу, а і від опорів наявних у системі які необхідно вміти визначати. Побудова сучасних систем для транспортування рідин на основі мехатронних модулів дає змогу ефективно аналізувати технологічні параметри системи, забезпечувати оптимальні режими руху рідини та підтримувати технологічні параметри системи в заданому діапазоні за рахунок замкнутої системи керування.

### **Інновації в обладнанні для аеробного синтезу мікроорганізмів**

**Іван Підлісевич, Костянтин Васильківський, Юлія Ступак**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Процеси вирощування хлібопекарських дріжджів та інших аеробних мікроорганізмів здійснюються на живильних середовищах, які вміщують необхідні органічні і мінеральні комплекси, біостимулятори тощо у присутності розчиненого кисню.

**Матеріали і методи:** феноменологічна оцінка енергообмінних процесів в культуральних середовищах на основі сучасної інформації про їх технологічні та технічні складові з врахуванням законів Генрі, Архімеда та законів збереження мас і енергії.

**Результати.** Результативність цих процесів у значній мірі визначається динамікою співвідношень концентрацій мікроорганізмів, компонентів, кисню, величин осмотичних тисків середовищ тощо.

Пошук узагальненої оцінки впливів різних фізичних і хімічних факторів звичайно завершується використанням відомої формули масообміну  $dM/dt = kSF$ , де  $k$  – коефіцієнт масопередачі;  $S$  – площа поверхні масопередачі;  $F$  – рушійна сила процесу, що ґрунтується на загальному підході у створенні та використанні лінійних кінетичних рівнянь, які у більшості випадків не охоплюють всю багатогранність і складність явищ.

Такого типу рівняння можуть бути використані для пошуку напрямків інтенсифікації в передбаченні про незначне відхилення параметрів від стану термодинамічної рівноваги і малості градієнтів потенціалів перенесення. Для аналізу нелінійних співвідношень між потоками перенесення і градієнтом потенціалу слід використовувати підходи і принципи термодинаміки незворотних процесів. Це означає, що пропорційність між параметрами  $M$ ,  $k$ ,  $S$  і  $F$  зникає і наразі виникає необхідність уточнення наведеної залежності. На це ж вказують і наведені раніше висновки щодо подвійних впливів окремих факторів.

Відмічається доцільність переорієнтації циркуляційних контурів і створення режимів перехідних процесів, відгуком систем, на які є змінні показники гідродинаміки, поява додаткових силових впливів у формі сил інерції та інтенсифікація масообмінних процесів. Запропоновано залежності, якими визначаються енергетичні потенціали утворення міжфазної поверхні в газорідних середовищах.

Змінна динаміка приросту біомаси мікроорганізмів на стадіях лаг-фази і логарифмічної фази приводить до необхідності підтримання балансу по кисню з тим, щоб його концентрація в рідній фракції середовища підтримувалася біля 25 % від стану насичення.

Обмежена розчинність кисню приводить до необхідності безперервної аерації середовищ з доповненням її технічними заходами по інтенсифікації на міжфазній поверхні. Таким заходам відповідають рівномірність розподілу барботажних елементів та відповідно диспергованої газової фракції по поперечному перерізу бродильного апарата, підвищення газоутримувальної здатності за рахунок створення циркуляційних контурів змінних напрямків, переведення середовищ до режимів перехідних процесів, зміна тисків в газовій фракції в надріддинному об'ємі, використання комбінованих аераційних систем.

Газоутримувальна здатність є визначальною характеристикою гідродинамічних режимів зброджуваних середовищ і пов'язана з приведеною швидкістю газової фракції та геометрією бродильного апарата.

**Висновки.** Узагальнено інформацію щодо особливостей масо- та енергообмінних процесів в газорідних культуральних аеробних середовищах і оцінка напрямків їх удосконалення та інтенсифікації.

**Література.** Енергоматеріальні потоки харчових і мікробіологічних виробництв: монографія / Соколенко А.І., Піддубний В.А., Васильківський К.В. та ін. Київ: Кондор-Видавництво, 2016. 326 с.

## Практичні аспекти використання пневмосоплових функціональних модулів у бункерах-живильниках

Сергій Кульбіцький, Тарас Гнатів, Людмила Кривопляс-Володіна  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Однією з проблем при дозуванні сипких харчових продуктів, є утворення склепів. Запобігання утворенню склепів можна досягти правильним підбором геометричних параметрів бункера і застосування струшувачів із різними приводами.

**Матеріали і методи.** Підвищення ефективності процесу деструкції склепоутворення, сегрегації сипких харчових продуктів у бункерах живильників на етапі дозувально-фасувальних операцій є актуальною задачею. Метою є розроблення пристрою на основі пневматичної системи для підвищення коефіцієнта рівномірності розподілу сипких харчових продуктів у ємності. В дослідженнях використано основи теорії гідрогазодинаміки, принципи математичної статистики, теорія методу скінченних елементів ANSYS.

**Результати.** Для забезпечення безперервного процесу фасування; побудові параметричної моделі процесу експлуатації пристрою для багатокомпонентних сипких харчових сумішей. Проведені дослідження (рис. 1) дають можливість дослідити основні параметри, які впливають на досліджуваний процес; оцінці значимості цих параметрів на кожному етапі процесу; розробленні теоретичної моделі розрахунку оптимальних параметрів мембранного клапану в системі запропонованої конструкції пристрою.

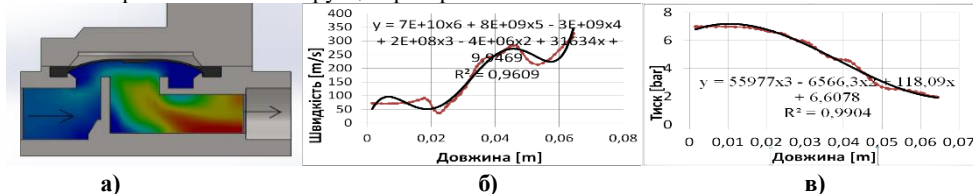


Рис. 1. Результати досліджень електропневматичного клапану мембранного типу:  
а) 3D загальний переріз; б) характеристика залежності  $V = f(L)$ ;  
в) характеристика залежності  $P = f(L)$ .

Отримані результати дослідження електропневматичного клапану в компоновці пневмосоплової системи із пристроєм деструкції склепоутворення показали результати:

- зміна швидкості в перерізі вихідного запірною елемента складає межі 280...350 м/с при зміні довжини каналу до 0,06 м;
- зміна тиску відбувається в межах від 2 до 7 бар з урахуванням довжини каналу 0,06 м;
- на виході клапану відстежується чітка турбулізація потоку та спостерігається перехід в надкритичний режим руху газового середовища, що забезпечує достатньо повний імпульс для деструкції;
- отримані результати при обробці лінії тренду в ПП Excel поліноміальної апроксимації в межах  $R^2 = 0,96 \dots 0,99$ , що свідчить про адекватність створеної моделі.

**Висновки.** Отримані теоретичні результати підтверджують ефективність застосування пневмосоплових систем для забезпечення безперервності операцій фасування та дозування сипких харчових продуктів.

### Моделювання роботи функціонального мехатронного модуля фасування сипких харчових продуктів

Тарас Гнатів, Анна Загородня, Сергій Токарчук  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Враховуючи задану густину меленої кави на етапі автоматичного дозування в упаковку виникають труднощі рівномірного розподілу часток за обсягом і формою упаковки. Недостатність теоретичних та експериментальних досліджень за фізико-механічними властивостями меленої кави та автоматизації контролю її показників якості -обумовила задачі проведених досліджень.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження є об'ємний стаканчиковий дозатор в лінії по виробництву харчових продуктів, з подальшим аналізом обробки пакованого продукту. Робота ґрунтується на теоретичних і експериментальних методах дослідження. При розробці математичних моделей використовувалися відомі закони механіки і динаміки, які описують поведінку неоднорідних частинок меленої кави.

**Результати.** В ході дослідження типових компоновок пакувальних машин із об'ємними дозаторами для сипких харчових продуктів, розроблено математичну модель процесу витікання меленої кави дрібного помолу із бункера роторного дозатора. За допомогою імітаційного моделювання визначені основні характеристики дозувального процесу. Запропоновано спосіб керування продуктивністю дозатора з урахуванням корегуючого впливу за проміжною координатою рівня продукту в бункері, що забезпечує постійне значення відношення загального об'єму бункера до об'єму зон склепування. При дослідженні системи «дозатор-привод-система керування» методами імітаційного моделювання замість продуктивності розглядається витрата продукту на вході ( $q_1 - m_{\text{cafe\_in}}$ ) та виході, рис. 1, бункера дозатора ( $q_2 - m_{\text{cafe\_out}}$ ), та їх залежність від швидкостей приводів живильника і дозатора ( $w_1$  і  $w_2$ ). Для побудови математичної моделі процесу дозування визначаються наступні параметри:  $W_{\text{set}} = f(m_{\text{cafein}}, m_{\text{cafeout}})$ ;  $H_{\text{set}} = f(m_{\text{cafein}}, m_{\text{cafeout}})$ ; де  $W_{\text{set}}$  - задані значення швидкості подачі продукту;  $H_{\text{set}}$  - задані значення швидкості дозатора.

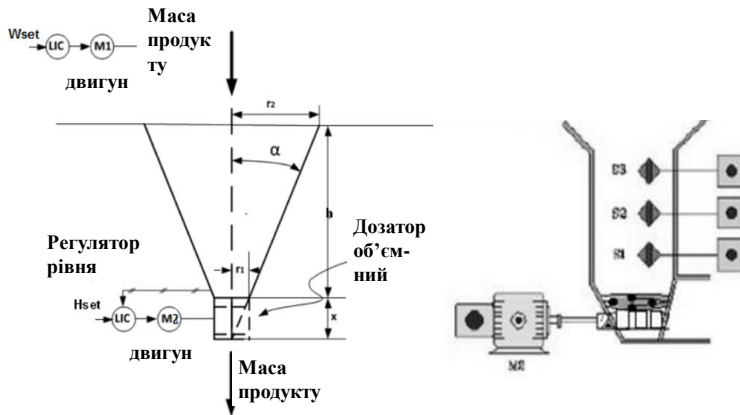


Рис. 1. Функціонально-структурна схема впливу проміжних технологічних операцій на процес дозування

**Висновок.** На підставі отриманих результатів розроблено функціонально - структурну схему впливу параметрів продукту дозування на якість об'ємного дозування, із урахуванням проміжних технологічних операцій.

**Прокладочні матеріали – велика група допоміжних пакувальних засобів**  
**Олександр Шапран, Денис Сідина, Володимир Костюк**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Прокладочні матеріали – це загальна назва широкої групи різних виробів які за допомогою своїх властивостей та різних функціональних елементів в пакуванні продукції забезпечують її захист.

**Матеріали і методи.** Метою роботи є дослідження особливостей використання прокладочних матеріалів в різних галузях народного господарства. Дослідження проводились з використанням теоретичного методу аналізу інформації.

**Результати.** Раніше в якості прокладочних матеріалів служили старі газети, ганчір'я, стружка з деревини, тирса. Номенклатура сучасних прокладочних матеріалів досить велика це і бульбашкоподібні плівки, кульки з пористих матеріалів, знаходять своє застосування органічні і неорганічні піноматеріали – системи, в яких дисперсійною фазою служить газ, а дисперсним середовищем – рідина (рідкі піни) або тверде тіло (тверді піни).

Один із самих старих і розповсюджених матеріалів, який використовується для захисної упаковки є папір. Сьогодні промисловість пропонує інноваційні альтернативи пінопластовим матеріалам пакувальні прокладки з гофрокартону - Corrispring - які забезпечують хороший рівень захисту від ударів і падінь.

В якості амортизуючих прокладочних матеріалів можуть використовуватися негіроскопічні полімерні матеріали пінопласти на основі полістиролу, поліуретану, полівінілхлориду, еластичний поропласт, поліхлорвініловий прокладочний пластикат обрізки плівки з поліетилену поліхлорвінілу і поліамідів. Значну долю світового ринку знаходять подушки з полімерних матеріалів, що надуваються повітрям, використання яких майже не підвищує вартість навантаження і розвантаження та транспортування продукції. Ефективно і надійно дозволяє пакувати крихкий товар комплексна розробка фірми "SealedAir". Серія матеріалів Instapak, що розширюється у 280 разів від свого об'єму в рідкому стані, і система SpeedyRacker. Прокладочні матеріали представляють собою пакети різних розмірів з плівки Instamate® і заливочного пінопласту Instapak®, що знаходиться всередині пакету. Пінопласт в пакетах розширюється, заповнюючи пусті місця біля виробу.

Серед видів "наσιпних" прокладочних матеріалів є шматки розширеного пінополістиролу (expanded polystyrene, EPS), що мають форму і розміри арахісових бобів, кубиків. Більшість EPS - бобів, виготовляють з вторинних перероблених матеріалів. В роботі наведено класифікацію прокладочних матеріалів, що характеризуються сучасним станом технологій та тенденціями їх використання. Розглянуто шляхи подовження корисного циклу їх використання та мінімізації впливу за знаходження на полігонах і важелі впливу на процес їх вторинної переробки.

**Висновки.** Прокладочні матеріали виступають невід'ємною складовою процесу реалізації готової продукції і використання їх є складна і неоднозначна проблема, яку не завжди розуміють досить "екологічно свідомі" споживачі та законодавці, і яка потребує фахової підготовки населення.

**Література.**

Соколенко А.І. Пакувальні матеріали та їх фізико-хімічні властивості / А.І. Соколенко, В.С. Костюк, К.В. Васильківський та ін. // Підручник – К.: Кондор-Видавництво, 2015. – 398 с.

## Investigation of volumetric characteristics of mechatronic dosing modules for liquid food using pneumatic shut-off valves

Daniil Filozof, Dmitry Danyuk, Olha Horchakova, Mykola Iakymchuk  
*National University of Food Technology*

**Introduction.** The development of food dispensing methods is directly related with the improvement of production technology, with increasing requirements for dosing accuracy, reliability and speed of dispensers. Mechatronic dosing modules based on pneumatic pinch valves are one of the promising directions for the creation of new dispensers for liquid food products [1,2].

**Materials and methods.** The authors have developed an experimental installation according to the patent of Ukraine №139488 [3]. Variable nozzles with different taper angles and identical inlet and outlet diameters were used for the study. The volumetric flow rates of the liquid food product were determined by:  $Q = \frac{Q_M}{\rho}$ , where  $\rho$  is the density of the liquid food product,  $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ ;  $Q_M$  is the mass flow of the liquid food product,  $\text{kg} / \text{s}$ .

**Results.** The analysis of the results of the experimental studies (Fig. 1) showed that the nozzle with a taper angle of  $24^\circ$  have the highest level of flow characteristics on condition the highest level of liquid food product, therefore, for the investigation of the flow characteristics of mechatronic dosing modules based on pneumatic pinch valves was selected the nozzle with taper angle  $24^\circ$  and the level of liquid food in the hopper  $h = 1 \text{ m}$ .

In subsequent studies, the change in the flow characteristics from the control pressure in the pneumatic pinch valves was defined (Fig. 2). Considering the fact that the operation of the pneumatic pinch valves is subject to the law of hysteresis, the study of the opening of the pneumatic pinch valves (from 0 to 6 bar) and closing pneumatic pinch valves (from 6 to 0 bar).

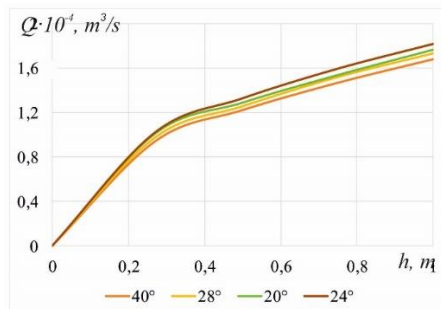


Fig. 1. Dependence on change of consumption characteristics of the dosing system on the level of liquid food product at different angle of nozzle cone.

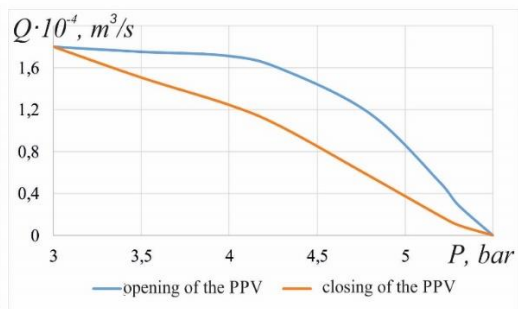


Fig. 2. The dependence of the change of the flow characteristics of the dosing system on the control pressure in the PPV for a nozzle with a cone angle of  $24^\circ$  considering hysteresis

**Conclusions.** The dependence of the change of the flow characteristics of the metering system on the control pressure in the pneumatic pinch valves is established, which allows to adjust the set law of motion of mechatronic dosing modules and to increase their accuracy.

### Дослідження механічних властивостей бейнітного чавуну

Юлія Кучеренко, Анатолій Башта

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Бейнітний чавун із наявністю кулястого графіту у структурі має високі механічні характеристики, кращу зносостійкість (у порівнянні з аналогами) та здатність до самозміцнення. Це пояснюється наявністю в матеріалі додаткового фазового перетворення під дією деформації – так званий TRIP-ефект, який більш відомий для сталей.

**Матеріали і методи.** Для дослідження був взятий бейнітний чавун. Подальші дослідження спрямовані на вивчення процесів, які відбуваються в об'ємі матеріалу при дії навантаження, особливо – псевдопружну поведінку, яка і забезпечує перебіг фазового перетворення.

**Результати.** Механічні властивості матеріалів, у тому числі і чавунів, характеризуються такими показниками, як міцність на розрив ( $\sigma_B$ ), межа текучості ( $\sigma_T$ ), видовження ( $\delta$ ), ударна в'язкість (КС), твердість (НВ).. Окрім цих параметрів, матеріали характеризуються механічними властивостями. До них слід віднести міцність при стисканні, межі міцності та плинності при згині, стиску, крученні та зрізі, межа витривалості та інші. Механічні властивості бейнітних чавунів із кулястою формою графіту характеризується широким спектром показників міцності, пластичності, ударної в'язкості тощо.(2)

Висока контактна втомна міцність бейнітних чавунів із кулястим графітом обумовлена ефектом наклепу поверхні та більш низьким модулем пружності у порівнянні зі сталлю (170 ГПа і 210 ГПа відповідно). Зубчаті колеса із бейнітного чавуну із кулястою формою графіту в порівнянні зі сталлю можуть мати на 10 % менший діаметр при однаковому контактному навантаженні. Границя витривалості бейнітних чавунів із кулястим графітом по даним різних досліджень дорівнює: • стиск – розтяг із постійною амплітудою – 380 МПа; • згин із обертанням – 450 МПа; • реверсійний згин – 425 МПа; • реверсійний згин бруска, прокатаного після термообробки та оброки різанням – 620 МПа.

Границі витривалості таких бейнітних чавунів марки ВЧ 100 при згині, розтязі та крученні дорівнюють відповідно 280 МПа – 400 МПа, 240 МПа - 400 МПа та 220 МПа – 300 МПа. Границя витривалості підвищується зі збільшенням статичної міцності. Максимальна контактна втомна міцність досягається у чавунів зі структурою нижнього бейніту (1020 МПа – 1260 МПа), що вище, ніж у багатьох сталях (легованих, азотованих), але нижче, ніж у цементованих сталей (1).

**Висновок.** Обґрунтовано вибір комплексу методів дослідження, який включає вимірювання механічних параметрів методом одновісного розтягу, дослідження ударної в'язкості, вимірювання твердості, квазістатичний метод визначення демпфуючої здатності поверхні зламу випробованих зразків. Застосовані експериментальні методики дозволяють отримати достовірні результати стосовно рівня характеристик, що досліджуються.

### Література

1. Найдек В. Л. Бейнітний високопрочний чугун / В. Л. Найдек, В. П. Гаврилюк, И. Г. Неижко; Нац. академия наук Украины, Физико-технологический институт металлов и сплавов. – Киев, 2008. – 149 с.
2. М. В. Коваленко. Влияние температуры и условий нагружения на характеристики износа бейнітного чугуна / К. А. Гогаев, Ю. Н. Подрезов, М. В. Коваленко // Проблеми тертя та зношування, 3 (76). – 2017. – с. 42 – 51

## **Дослідження факторів, що впливають на процес очищення використаної упаковки при вторинній переробці**

**Владислав Самохвал, Вадим Лукутін, Геннадій Валіулін, Володимир Костюк**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** За даними Союзу європейських виробників пластмас за останні 15 років частка полімерних матеріалів у відходах виросла з 2 до 8 – 11 %, вони добре помітні в загальній кількості ТПВ, де лідером є упаковка.

**Матеріали і методи.** Метою роботи є дослідження особливостей процесу очищення використаної упаковки під час її переробки. Дослідження проводились з використанням теоретичного методу аналізу інформації.

**Результати.** Використана упаковка з полімерної сировини на переробку поступає із забрудненістю 5...27 %. Для видалення небажаних домішок, залишків етикеток, клею, розроблені і використовуються сепаратори, основані на різних принципах дії. Наприклад, у повітряних сепараторах матеріал подається зверху проти повітряного потоку. Більш важкі пластівці падають на екран сепаратора, а легкі виносяться потоком повітря і осідають у спеціальній зоні.

Відповідальною операцією підготовки полімерних відходів до вторинної переробки є миття початкової полімерної сировини гарячою або холодною водою із застосуванням і без застосування миючих засобів, яке напряму впливає на можливість проведення подальших технологічних операцій переробки та якість отримання нового матеріалу. Тому різні способи очищення і в тому числі миття – це обов'язковий процес. Найбільше застосування при переробці полімерних відходів отримав метод флотації в рідкому середовищі, використання фрикційних мийок. У рідких розчинах з щільністю більше 1 г/мл можна розділити полістирол, полівінілхлорид і поліетилен.

Процес миття відбувається в декілька етапів: відмочування в миючому розчині або воді; механічне видалення забруднень з поверхонь, що відмиваються; ополіскування чистою водопровідною водою. На практиці чистота поверхонь, що відмиваються найчастіше визначається візуально по відсутності видимих забруднень і по повній змочуваності поверхонь, що відмиваються.

Інтенсифікація процесу відмочування може здійснюватися шляхом використання більш ефективних миючих розчинів або за допомогою турбулізації миючого розчину поблизу забруднених поверхонь. Рух миючого розчину на поверхнях, що відмиваються надає механічно-руйнівний вплив на забруднення і прискорює фізико-хімічну взаємодію. Науковою новизною роботи є пошук та визначення активних методів впливу на сировину для досягнення якісного процесу очищення. Встановлені фактори, що впливають на процес очищення використаної упаковки при вторинній переробці реалізовані в документі [1].

**Висновки.** В результаті виконаних досліджень встановлено шляхи інтенсифікації процесу миття використаних пакувальних матеріалів під час вторинної їх переробки, які дозволяють підвищити пропускну здатність підготовчих процесів утилізації матеріалів та зменшити енергозатрати.

**Література.** 1. Патент на винахід № 120536 UA. В03 В5/00, В03 В11/00. Мийка для вторинних полімерних матеріалів / Костюк В.С., Валіулін Г.Р., Костюк Є.В., Полумбрик М.О., Петрусенко А.С., Халіман М.В.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій; опубл. 26.12.2019, бюл. № 24.



## Пристрій для укладання штучних предметів у тару

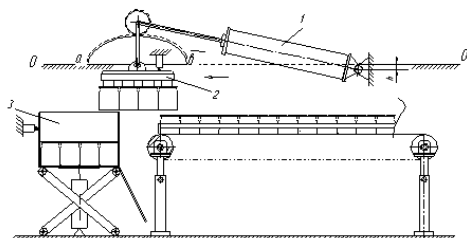
Олексій Шешлюк, Геннадій Валіулін, Володимир Костюк

Національний університет харчових технологій

**Вступ.** Реалізація якісного виконання кінцевих операцій по вкладанню штучної продукції в транспортну тару дозволяє забезпечити процеси механізації та автоматизації транспортно-технологічних систем виробництва.

**Матеріали і методи.** В укладальних машинах використовують різні типи конструкцій приводів, що забезпечують великий діапазон зміни динаміки характерних технологічних процесів. Дослідження проводилося із залученням системи побудованої на базі пневмопривода, з можливістю регулювання вихідних параметрів. Для групового переміщення масиву склотарної продукції було обрано дослідну конструкцію з вертикальним вкладанням склотарної продукції (скляні банки з консервами) в транспортну тару яка характеризується найбільшою ефективністю з практичної точки зору.

**Результати.** Для того, щоб інтервал часу між фасуванням продукції і появою її на прилавках магазинів був як можна менше, сучасне пакувальне обладнання має мати високу продуктивність. Існує багато конструкцій укладальних машин, що поділяють за принципами дії, типом захватних елементів, конструкцією виконавчих або приводних механізмів, видом траєкторії руху масиву упаковок, тощо. Конструкція сучасного високопродуктивного комплексу для вкладання тари досить складна. Він складається з вузлів і модулів, які поопераційно вирішують поставлені задачі і мають свої індивідуальні приводи. Запропонована схема укладальної машини (рис. 1), де захоплювальна головка оснащена електромагнітними елементами і для вертикального укладання штучних предметів виконує рух, що забезпечується геометричною формою копіра.



**Рис. 1.** Принципова схема пристрою для укладання предметів у тару

- 1 - пневмоциліндр.
- 2 - захоплювальна головка.
- 3 - тара

**Висновки.** Запропоноване технічне рішення пристрою для укладання штучних предметів у тару характеризується простотою влаштування та можливістю підвищення продуктивності з використанням для різних видів штучних предметів, що мають властивість намагнічуватися.

### Література.

1. Безпалько А.П., Валіулін Г.Р. Пристрої для вкладання пляшок в транспортну тару // Упаковка. – 2008. - № 4. – с. 44-46
2. Патент України на корисну модель №125696 UA, Пристрій для укладання штучних предметів у тару / Валіулін Г.Р., Костюк В.С., Деренівська А.В., Бойко О.О., бюл. № 10, 2018.

## Новітній матеріал графен

Дмитро Ємельянов, Андрій Коцюбанський

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Графен - матеріал, який являє собою плоский шар упорядкованих атомів вуглецю і демонструє в лабораторії приголомшливі властивості: величезну механічну міцність і еластичність, тепло- і електропровідність. Його постійно називають «матеріалом майбутнього». Графен за останні десять років наробив у науковому світі багато галасу. Поступово набуває застосування практично в усіх сферах людської діяльності.

**Матеріали і методи.** Графен неймовірно міцний, гнучкий, еластичний, стабільний при кімнатній температурі. Він володіє високою тепло- та електропровідністю.

Графен являє собою перший двовимірний матеріал. У нього є довжина й ширина, а висоти немає (висота – один атом), тому він називається двовимірним.

Графен це один з найскладніших у світі матеріалів, який у 100 разів перевершує за міцністю сталь, володіє величезною гнучкістю і безліччю інших переваг.

**Основна частина.** Однак широке поширення графена досі гальмує дорожня виробництва і складність отримання досить великих і якісних зразків, особливо - в промислових масштабах. Поки що ця задача вимагає застосування величезних температур і тисків протягом довгого часу, роблячи графен занадто дорогий та чимось особливим.

З моменту появи графена розроблені різні способи його отримання в промислових масштабах, однак успішно перетворити його в ефективну тривимірну форму поки не вдалося - втрачалися властивості.

За допомогою розробленої математичної моделі і комп'ютерної симуляції. Інженерами з Массачусетського технологічного інституту була розроблена геометрична конфігурація для об'ємного графена (рис.1).

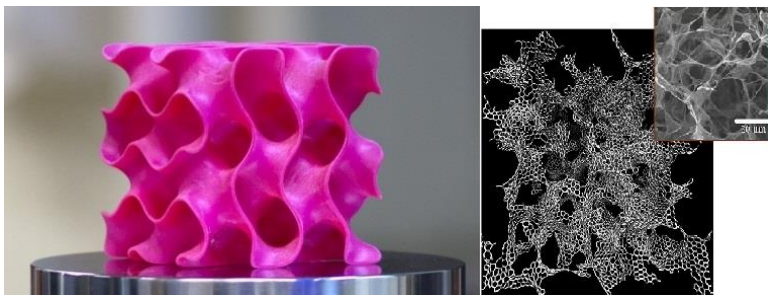


Рис. 1. Модель об'ємного графена

**Висновки.** Щільність отриманого графена складає всього 5% від щільності стали при десятикратному перевищенні її міцності, що надає значних перспектив для його використання в інженерних конструкціях.

Графен має високі потенційні переваги при застосуванні в інженерних конструкціях, теплотехніці, електроніці, та інших напрямках в порівнянні з традиційними матеріалами. Що виправдовує його подальше дослідження.

## Теоретична механіка давніх часів

Денис Манченко, Андрій Коцюбанський

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Початок розквіту теоретичної механіки як самостійної науки припадає на XVII століття - століття активного розвитку математичних наук. В це час сформувалися закони класичної механіки. Однак основні принципи механіки були відомі ще в давнину, а сам термін «механіка» застосовувався в античному світі від давньогрецького слова *mechane*.

**Основна частина.** Історію механіки як науки про машини і механізми потрібно починати з початку становлення людства. Уже в епоху неоліту і бронзового віку з'явилося найпростіше дерев'яне або кам'яне колесо, пізніше починають застосовуватися важіль і похила площина. Постійне застосування цих двох засобів пов'язане з грандіозними будівельними роботами в давньо східних державах.

Народи, які створили свої держави в басейнах річок Нілу, Тигру і Євфрату, були добре знайомі з деякими механічними пристосуваннями, наприклад важелем і клином. Єгипетські піраміди, іригаційні споруди межиріччя Тигру і Євфрату, високий рівень будівельної техніки, про який свідчать численні пам'ятники цієї епохи, дозволяють припустити, що при їх будівництві також використовувалися «прості машини»: важіль, клин, похила площина.

Рівень розвитку техніки у військовій справі був значно вище, ніж в сільському господарстві та будівництві. Вже в V ст. до н. е. в грецькій армії застосовувалися тарани колосальних розмірів. Для метання важких стріл користувалися балістами; прототипом кулемета був полібол з системою подачі стріл для їх безперервного метання; катапульти служили для метання каменів. Існували приціли і спеціальні пристосування, які дозволяли вводити поправки в траєкторію пострілу.

Великим стимулом удосконалення механічних пристроїв був розвиток торгівлі, пов'язаної з застосуванням золота в якості розмінного еквіваленту і активним обігом дорогоцінного каміння. Це сприяло застосування важеля в різних його видах, так як торгівля вимагала гранично точних способів зважування. З'являються ваги і безміри різних типів.

Характерною рисою античної механіки є поділ вчення про рух - кінематики і вчення про рівновагу - статіку. розвиток цих основних областей механіки протягом довгого періоду часу йшло незалежно одне від одного. І це було зумовлено традиціями давньої науки. Суто кінематичний опис руху було заняттям астрономів, що створювали складні інструменти для своїх спостережень і вимірювань. Вчення про рівновагу розвивалося на основі практичного досвіду.

**Висновки.** Таким чином, стає ясно, що деякі основні закони розділів теоретичної механіки були відомі понад дві тисячі років тому, і успішно застосовувалися на практиці древніми будівельниками, військовими і вченими.

## **Використання модифікованих газових середовищ у процесі зберігати харчових продуктів**

**Сергій Шевченко, Андрій Коцюбанський**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Для пакування свіжих овочів, фруктів, харчових продуктів, м'ясних, кулінарних, хлібобулочних, кондитерських виробів і т.д. в країнах Західної Європи і США ось вже понад 20 років використовують вакуум упаковку з регульованим і модифікованим складом газового середовища.

Газоподібна суміш будь якого складу в середині пакета призводить до різкого зниження швидкості процесу дихання продукту, уповільненню росту мікроорганізмів і придушенню процесу гниття, викликаного ензиматичними спорами, наслідком чого є збільшення терміну зберігання продукту в кілька разів.

**Основна частина.** Розрізняють такі способи пакування в газовому середовищі: в середовищі інертного газу; в регульованому газовому середовищі (РГС); в модифікованому газовому середовищі (МГС).

В технології пакування з метою технологічності, економічності і збереження продукту більше розповсюдження отримало пакування в МГС. Основними газами, що застосовуються для упаковки в МГС є кисень, вуглекислий газ і азот, співвідношення яких, особливо  $O_2$ , залежить від типу продукту. Кисень є основним газом і його вміст для пакування різних продуктів може коливатися від 0 до 80%.

Інертний газ азот використовується як наповнювач газової суміші всередині упаковки, так як він не змінює кольору м'яса і не пригнічує розвиток мікроорганізмів. Очевидно, його можна використовувати замість вакуумування.

Вуглекислий газ пригнічує ріст бактерій, і при використанні його на ранніх стадіях розвитку мікроорганізмів термін зберігання продукту може значно збільшитися.

Харчові продукти можна умовно розділити на дві групи: дихаючі (з біохімічною метаболічною активністю) і недихаючі (готові страви, пасти та ін.). При упаковці дихаючих і недихаючих, продуктів склад газового середовища істотно відрізняється.

Для збереження газового середовища всередині упаковки при зберіганні свіжих продуктів використовують селективно - проникні мембрани з високою проникністю, поглиначі  $CO_2$  і парів води, перфоровані плівкові матеріали, мембранні пристосування різної конструкції (у вигляді віконць різної площі, клапанів, патрубків і т.д.).

Пакування в середовищі МГС відбувається на автоматичних пакувальних лініях, які працюють по схемі: виготовлення - заповнення - запечатування. Лінії мають декілька робочих вузлів: нагрівання полотна пакувального матеріалу, термоформування упаковки, заповнення порожнин упаковки продуктом, вакуумування упаковки, заповнення вільного об'єму МГС, запечатування упаковки.

**Висновки.** Пакування в середовищі МГС став одним з основних, так як охоплює великий асортимент продуктів, ефективний і економічний, дозволяє значно підвищуючи термін зберігання продуктів.

## Техніка для пакування четвертого покоління

Роман Савчук, Андрій Коцюбанський

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** З 2017 року всесвітньо відома компанія Bosch Packaging представила новий інтерфейс НМІ 4.0, яким буде оснащуватися уся нова пакувальна техніка. А це означає, що дана компанія приступає до масового випуску пакувальної техніки четвертого покоління. Машина та лінії, які можна віднести до четвертого покоління, вже з'явилися у ряду відомих в пакувальному світі машинобудівних компаній. Але заявка на серійність випуску такої техніки, як видається, була зроблена вперше.

**Основна частина.** Пакувальні машини, а частіше - лінії, четвертого покоління характеризуються тим, що вони є програмованими автоматами з електронною системою управління, які ґрунтуються на спільному використанні компонентів різної фізичної природи. Багаторівнева система управління і мобільність перенастроювання за допомогою гнучкої програми зміни технологічного процесу шляхом введення нових координат положення робочих органів та можливості здійснення ними заданих законів руху є головними особливостями обладнання четвертого покоління. Системи управління нижнього рівня в такому обладнанні зав'язані через спеціальний інтерфейс з процесором вищого рівня і мають можливість постійно обмінюватися інформацією між собою, утворюючи, таким чином, інтелектуальну систему управління. Подібна система здатна самостійно адаптуватися до цілей виробництва в певних межах програмного рівня і вирішувати часом досить складні виробничі завдання.

Але ж зовсім недалеко і до пакувальної техніки п'ятого покоління, епоха якої повинна початися, за оцінкою фахівців, в середині-другій половині 20-х років нинішнього століття. Ці знаючі люди, безсумнівно, намагаються дати визначення і обладнання п'ятого покоління, в чомусь сперечаючись між собою. Не варто, зараз намагатися вивести якесь усереднене поняття цієї техніки майбутнього. Але ясно одне: вона буде «інтелектуальніше» навіть самої передової сьогоденної. Техніка повинна бути здатна не тільки адаптуватися до зміни зовнішнього управління, а й виконувати самодіагностику своїх складових частин і відстежувати якість створених пакувальних одиниць

Створення нового пакувального обладнання, яке має гнучку структуру і буде універсальним для різних типів продуктів, пакувальних матеріалів і тари, зажадає нового системного підходу, починаючи з концепцій проектування поточкових автоматизованих пакувальних ліній і закінчуючи конструюванням робочих органів.

Мехатронний принцип проектування, на наш погляд, той шлях, на який має стати вітчизняне пакувальне машинобудування.

**Висновки.** Прогрес не можливо зупинити весь час з'являються і будуть з'являтися нові технології, машини та інше. Для того, щоб йти в ногу з часом необхідні кваліфіковані кадри, які зможуть розробляти або хоча б використовувати сучасну техніку. Таким чином для провадження осучаснення на вітчизняних виробництвах необхідно звернути увагу на вищу освіту, яка і створює необхідні кваліфіковані кадри.

### **Пакування з псевдо вакуумуванням**

**Сергій Савчук, Андрій Коцюбанський**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Збільшення термінів реалізації, довгострокове збереження споживчих властивостей продуктів харчування, їх санітарно-гігієнічна безпека - ці найважливіші питання виробництва як і раніше вирішуються за допомогою упаковки.

І хоча екологи всього світу б'ють на сполох у зв'язку з забрудненням навколишнього середовища відходами упаковки, в сучасному світі без упаковки не обійтися. Питання полягає в тому, щоб звести до мінімуму шкідливі наслідки її використання.

**Основна частина.** Додатковим аспектом розвитку індустрії упаковки є споживчий бум на ринку готових страв і, відповідно, необхідність в пакуванні даної продукції.

Так, давно набуло широко застосовують вакуумування. Практично на кожному харчовому підприємстві є камерні вакуумні пакувальні машини, які дозволяють герметично під вакуумом упаковувати продукцію і забезпечувати тривалі терміни реалізації.

Але даний тип упаковки може бути застосований далеко не до всіх виробів. Для упаковки охолоджених рубаних напівфабрикатів, вакуумна упаковка непридатна повністю, тому що в буквальному сенсі «размазує» весь продукт по пакету. Недоцільно вакуумувати нарізані овочі, а також продукти напіврідкої і рідкої консистенції, оскільки при вакуумуванні рідина закипає і в упаковці залишаються бульбашки повітря.

Для упаковки рідких, гарячих продуктів і деяких інших виробів (супів, соусів, м'ясних і овочевих пюре і т.д.) сьогодні застосовується нова технологія - так зване, псевдо вакуумування. Воно включає попереднє видалення з упаковки повітря не вакуумом, а парою. Перед укладанням продукту упаковка промивається «гострим» паром (пар високого тиску і температури), а після запечатування, різко охолоджується, волога при цьому конденсується створюючи розрідження. Для збільшення термінів зберігання після запечатування можна проводити також пастеризацію чи стерилізацію вже готових упаковок.

Додаткові захисні властивості забезпечує технологія газациї, тобто створення в упаковці модифікованого газового середовища. Даний процес полягає у видаленні з упаковки повітря з заміщенням його модифікованою атмосферою. Газу і газові суміші, що використовуються при цьому, є звичайними складовими повітря, змінюється тільки їх співвідношення. Застосування модифікованого газового середовища пригнічує ріст мікроорганізмів на поверхні продуктів, підтримуючи їх мікрофлору на необхідному рівні.

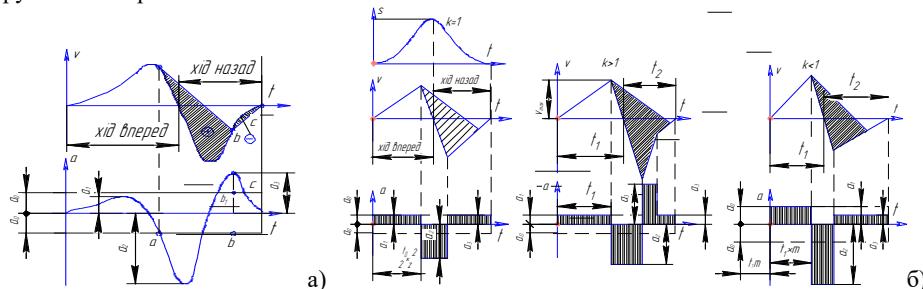
**Висновки.** Підводячи підсумки, можна сказати, що сьогодні є найширший вибір техніки, матеріалів і технологій упаковки. Тому особливе значення набуває позитивний досвід запровадження нових пакувальних технологій та швидкого реагування на потреби ринку.

**Аналіз законів руху і режимів роботи інерційного конвеєра**  
**Артем Мужило, Максим Галівець, Наталія Романченко, Володимир Костін**  
 Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Для транспортування склобою в лініях переробки, необхідно підібрати сприятливий режим роботи інерційного конвеєра, щоб продуктивність була максимальною, а енерговитрати найменшими.

**Матеріали і методи.** Для усунення ковзання скла по жолобу, при дослідженні проаналізовані три варіанти можливих законів руху жолоба конвеєра.

**Результати.** За результатами дослідження побудовані кінематичні діаграми швидкостей і прискорень руху робочої поверхні конвеєра (рис.1) та частинки скло-бою яка знаходиться на рухомій поверхні.



**Рис. 1. Кінематичні діаграми(а) і закони руху жолоба (б) , при  $K = 1, K > 1, K < 1$**

Аналіз діаграм показує, що на ділянці (ab) відбувається проковзування скла, вперед вздовж жолоба, а на ділянці (bc) – відбувається рух в зворотному напрямку. При дослідженні використані позначення:  $n$  – число подвійних ходів;  $t_1, t_2$  - час ходу жолоба вперед і назад [с];  $K = t_1 / t_2$  - відносна тривалість ходу вперед;  $a_1, a_2, a_3$ - прискорення жолоба на різних ділянках руху, [м/с<sup>2</sup>]. Також зроблена заміна:  $Z = a_2/a_0$ , і  $p = a_2/a_1$ , значення  $T$  в межах 1,2 – 1,4.

Максимальна транспортувальна спроможність конвеєра за умови:  $a_0 = a_1$  і  $Z = p$ .

Відомі: коефіцієнт тертя  $f$  скла по жолобу, закон руху, середня швидкість частинки  $V$ . Визначимо найменшу довжину ходу  $S$  і число ходів  $n$ .

$$\begin{cases} \frac{t_1}{t_2} = K \\ t_1 + t_2 = t_0 \end{cases}, \text{ знайдемо } t_1 = \frac{t_0}{1+K}; t_2 = \frac{t_0}{1+\frac{1}{K}}. \quad (1)$$

При ( $a_0 = a_1$ ), при ході вперед:  $V_{max} = \frac{t_1 \cdot Z}{Z+1} \cdot f \cdot g$  (2)

Графічно відповідає площі першої додатної зони на графіку прискорень ( рис. 1 а).

Враховуючи, що  $S = \frac{V_{max} \cdot t_1}{2}$ ,  $m = \frac{Z}{Z+1}$  і  $t_0 = \frac{60}{n}$  маємо:  $n = \frac{4210}{1+\frac{1}{K}} \sqrt{\frac{f \cdot m}{S}}$  (3)

Середня швидкість руху частинок скла по жолобу:  $V = \frac{T \cdot S \cdot n}{60 \cdot 1000}$  (4)

В якій  $n = 4210 \times \sqrt{\frac{f}{S}}$  і  $V = 0,070 \times T \sqrt{f \cdot S}$ , а  $x = \frac{\sqrt{m}}{1+\frac{1}{K}}$ . (5)

**Висновки.** Залежності (5) дійсні для теоретичних законів руху жолоба при  $K = 1, K > 1, K < 1$ . Наявність в формулах параметру  $x$  показує, що оптимальний темп роботи конвеєра і середня швидкість транспортування частинок матеріалу залежать від характеру закону руху жолоба. Якщо закон руху жолоба дещо відрізняється від теоретичного, для визначення коефіцієнта  $x$ , треба зробити заміну реального закону руху теоретичним з такими самими значеннями величин  $T$  і  $S$ .

## Синтез приводу інерційного конвеєра з постійним тиском матеріалу на днище

Дмитро Жиган, Олексій Наугольний, Наталія Романченко, Володимир Костін  
 Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Механізм Маркуса, який складається з приводного двох кривошипного механізму і виконавчого кривошипно – повзунного механізму, це проста і ефективна система за допомогою якої можна реалізувати рух інерційного конвеєра.

**Матеріали і методи.** Методика розрахунку інерційного конвеєра з механізмом Маркуса для параметрів:  $\gamma = 43^\circ$ ;  $\lambda_{11} = 0,3$ ;  $\lambda_{21} = \lambda_{31} = 1$ ;  $\lambda_{12} = 0,166$ ;  $\lambda_{22} = 0$ , вважалася універсальною. Продуктивність інерційного конвеєра змінюється при, інших параметрах механізму Маркуса. На продуктивність конвеєра суттєво впливає амплітуда коливань жолоба.

**Результати.** При ході повзуна  $s_0$  і відомому  $a_2$  параметри приводного механізму будуть:  $O_1A = AB = BO_3 = a_1 = a_2$ ;  $O_1O_3 = d = a_2 / \lambda_{11}$ ;  $BD = b_2 = a_2 / \lambda_{12}$ ;  $e = b_2 / \lambda_{22}$ .

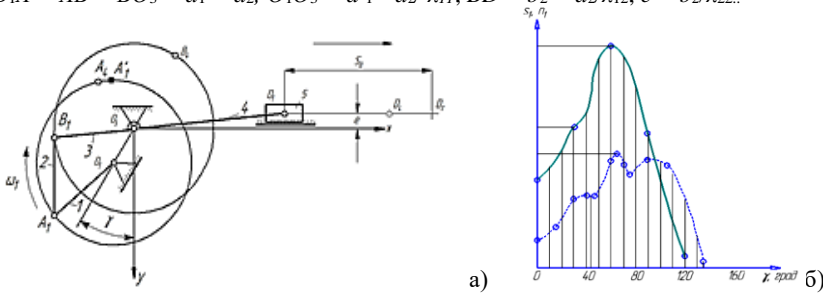


Рис. 1. Схема механізму Маркуса (а) діаграма умовної продуктивності (б)

Жолоб, в котрий завантажуються склובій на початку прямого ходу рухається прискорено. Сила інерції в цей момент буде направлена в сторону протилежну до руху жолоба, а сила тертя, що виникає між шаром скла і поверхнею жолоба виключає відносний рух матеріалу при умові, якщо  $P_i < P^i$ , або після спрощень:  $a_D < fg$ . Рівняння рівноваги маси  $m$  частинки склобою:  $m(dv/dt) = -P^i = -fmg$ , або  $(dv/dt) = -fg$ . Розділимо змінні величини  $dv = -fgdt = -(fg/d\omega_1) d\varphi$ , і виконаємо інтегрування. Тоді:  $v = -(fg/\omega_1)/\varphi + C$ . При  $\varphi = \varphi_1$  значення швидкості:

$$v = v_1 \quad C = v_1 + (fg/\omega_1) / \varphi_1. \quad (1)$$

$$(fg) \in fg = c \omega_1^2 p_0 \text{ [M/c}^2\text{]}. \text{ Визначимо } \omega_1 = \sqrt{Vfg / c p_0}; \text{ і } n_1 = 30 \sqrt{\pi Vfg / c p_0}. \quad (2)$$

$$\text{Рівняння швидкості матеріалу в абсолютному русі: } v = v_1 - (fg/\omega_1) (\varphi - \varphi_1). \quad (3)$$

$$\text{При } \varphi = \varphi_2 \text{ значення } v = 0, \text{ то } 0 = v_1 - fg(\varphi_2 - \varphi_1) / \omega_1, \text{ або } \varphi_2 = \varphi_1 + v_1 \omega_1 / fg. \quad (4)$$

$$\text{Швидкість руху вантажу (склобою) у відносному русі: } V_r = V - V_D. \quad (5)$$

$$\text{Переміщення у відносному русі: } S_r = k_i k_\varphi S, \quad (6)$$

$$\text{Знаючи } n_1, \text{ можна визначити продуктивність: } V = 60 \psi F S_1 n_1, \quad (7)$$

де  $\psi = (0,5 - 0,6)$  – коеф. заповнення жолоба;  $F$  – площа поперечного перерізу  $[\text{M}^2]$ .

З отриманих залежностей побудовані графіки продуктивності при різних поєднаннях геометричних параметрів приводного механізму. Так на графіку (рис. 1б.)  $s_1 n_1 = f(\gamma)$  (штрихова лінія - механізм Маркуса) видно, що продуктивність інерційного конвеєра можна збільшити приблизно в півтора рази. Варіюванням кута  $\gamma$ , та інших параметрів механізмів, можна добитися підвищення продуктивності.

**Висновки.** На форму передаточної характеристики приводу найбільш впливає кут  $\gamma$ . Зі збільшенням  $\lambda_{11}$  і  $\lambda_{12}$  та введення додатного зміщення повзуна підвищується продуктивність  $V$ , але при цьому погіршується динаміка приводного механізму.



## Визначення пошкоджуваності на втому сталі ГОСТу 4728-96

Олексій Гордон, Анатолій Башта

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** В сучасних умовах роботи мережі залізничного транспорту України, коли одночасно зі збільшенням навантаження підвищують швидкість перевезень, оцінка ресурсу роботи елементів рухомого складу є достатньо актуальною проблемою. Враховуючи умови використання, можна вважати, що одним із найбільш навантажених елементів колісної пари є залізнична вісь. Циклічна зміна різноманітних впливів сприяє зародженню та зростанню тріщин різної природи походження - від тріщин втоми до тріщин імпульсного навантаження металу, при цьому швидкість їх зростання може змінюватися в дуже широкому інтервалі значень.

**Матеріали і методи.** В роботі досліджувалися характеристики сталі, що використовується при виготовленні осей рухомого складу залізничних вагонів. Методом дослідження було визначення характеристик міцності металу під час циклічних навантажень. Для проведення досліджень була вибрана сталь ГОСТу 4728-96, що застосовується при виготовленні залізничних осей вагонів.

**Результати.** Проведення стандартних випробувань показало, що як за хімічним складом (0.46% С, 0.75% Mn, 0.22% Si, 0.017% S, 0.016% P), так і по рівню механічних властивостей при розтягуванні (межа міцності 667 Н/мм<sup>2</sup>, відносне подовження 24.5%, ударна в'язкість 0.6 МДж/м<sup>2</sup>) метал залізничної осі повністю відповідає вимогам ГОСТу 4728-96. Металографічні та фактографічні дослідження, що проводилися, були використані для пояснень щодо змін внутрішньої будови металу під час зростання тріщини в процесі ресурсних випробувань.

Для оцінки процесів зародження тріщин втоми, були проведені дослідження по визначенню межі міцності металу з аналізу діаграми Веллера.

Враховуючи той факт, що для оцінки характеристик міцності металу, коли випробування проводилось на зразках, часто обмежують кількість циклів до руйнування базовими значеннями, в першому наближенні можна прийняти значення 265Н/мм<sup>2</sup> як умовну величину межі міцності при втомі. Однак, за методикою натурних випробувань на втому об'єкту дослідження (залізнична вісь) на втому амплітуда навантаження дорівнювала 195Н/мм<sup>2</sup>, а кількість циклів досягло значення  $N$  дорівнює  $8 \cdot 10^6$ . Таким чином зважаючи на вплив масштабного фактора була отримана достатньо висока кореляція з експериментальними даними. Цей результат дозволяє переносити пояснення щодо стадійності процесів втомлення, отриманих на зразках, на загальну картину розвитку тріщин під час руйнування натурального об'єкту.

Випробування проводили на циліндричних зразках, які піддавалися навантаженню при згині з крученням. По зовнішньому вигляду діаграму деформування ділили на дві ділянки: кількість циклів навантаження до  $4 \cdot 10^5$ , що відповідає малоциклової втомі металу та більше цього значення до  $8 \cdot 10^6$  степені циклів, що характеризує багатоциклово втому.

Висока швидкість магістральної тріщини, практично без ознак втоми привела до розвитку процесів деформаційного зміцнення і, як наслідок цього, до підвищення опору зростаючої тріщини.

**Висновок.** На підставі проведених досліджень, можна вважати, що залізнична вісь являє собою достатньо надійний елемент рухомого складу в разі дотримання вимог нормативно-технічної документації щодо умов її використання.

## **Механічні властивості бінарних сплавів системи Al-Mg в умовах довготривалої експлуатації**

**Владислав Алюшкін, Анатолій Башта**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Дані ливарні сплави системи Al—Mg використовуються як корозійностійкі в судно- і автобудуванні та інших галузях промисловості. На даний час досить добре вивчено вплив природного старіння на властивості бінарних сплавів з різним вмістом магнію [1,2]. Але закономірності впливу природного старіння на механічні властивості промислових сплавів даної системи вивчено недостатньо.

**Матеріали та методи.** Для початку наведемо вплив природного старіння на механічні властивості бінарних сплавів з різним вмістом магнію при тривалому природному старінні. Ці дані свідчать про те, що при вмісті магнію більш ніж 10% – 12% схильність до природного старіння сплавів зростає. Встановлено, що магналії з різним вмістом магнію мають різну схильність до природного старіння.

**Результати.** Об'єкт дослідження в статті — промислові ливарні сплави системи Al—Mg: AMg5к та AMg6л. Випробування проводили на стандартних зразках діаметром 10мм які піддавали термічній обробці за режимом T4 (для зразків сплаву AMg5K термічну обробку не проводили) і визначали механічні властивості : тимчасовий опір руйнуванню, межу текучості, відносне видовження. Випробування механічних властивостей проводились на розривній машині TIRA-TEST.

Старіння протягом довготривалої експлуатації дещо підвищує рівень тимчасового опору розриву сплаву AMg5K до 20 МПа , а відносне видовження зростає з 1,9 до 2,6%

Для сплаву AMg6л під протягом довготривалої експлуатації впливає на підвищення рівня відносного видовження з 7,1 до 7,9% рои підвищення рівня тимчасового опору розриву до 10 МПа. Експериментально встановлено, що природне старіння протягом трьох років змінює рівень тимчасового опору розриву промислових магналіїв, а характер зміни рівня пластичності залежить від вмісту в сплаві магнію. Для низьколегованих магналіїв природне старіння сприяє на підвищення рівня пластичності на 10-50% .

**Висновок.** Встановлено вплив довготривалого природного старіння на механічні властивості промислових магналіїв. Для сплавів AMg5K та AMg6л природне старіння впливає на підвищення тимчасового опору розриву до 15 % і 5 %, а відносно видовження підвищується до 40% та 10%.Перспективність подальших досліджень в данному напрямку полягає в можливості встановлення впливу комплексу мікролегуючих компонентів на схильність сплавів системи Al-Mg до природного старіння.

### **Література:**

1. Колобнев И.Ф. Жаропрочность литейных алюминиевых сплавов. — М.: Металлургия, 1973. — 320 с.
2. Доній О.М., Кулініч А.А., Рябініна О.О., Стась І.М., Вплив часу витримки між гпртуванням і штучним старінням на фазовий склад, структуру та механічні властивості ливарних сплавів системи Al-Mg-Zn, мікролегованих комплексом міді, вуглецю і титану // Наукові вісті НТТУ «КПІ». – 2003.- №5.- С. 51-53

### Укладальник з механізмом рекуперації енергії на ділянках опускання захватів

Олександр Гольцас, Вадим Мірошніченко, Олександр Ковальов

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Пристрої для укладання пляшок в транспортну тару є обов'язковим елементом ліній фасування напоїв в скляну тару. Але для ліній з продуктивністю 600 ящиків за годину, такі машини мають великі габарити, значну метало- та енергоємність. Задача покращення динамічних властивостей укладальних пристроїв, зменшення їх габаритів, витрат електроенергії є важливою інженерною задачею.

**Матеріали і методи.** Зроблений аналіз існуючих машин для укладання пляшок, більшість яких є циклічно працюючими пристроями. Рух виконавчих механізмів укладальників відбувається з пляшками (робочий хід) та без них (холостий хід), при чому в кожному випадку захвати проходять ділянки підйому і опускання, які мають вертикальні і криволінійні зони. На ділянках опускання вага захватної головки (сюди додається і вага шару пляшок на робочому ході), виконує функцію додаткової рушійної сили, а на ділянці підйому навпаки сил опору. Ця особливість була використана для створення системи накопичення енергії на ділянці опускання захватів і повернення енергії в систему в період руху захватів вгору. Система часткової рекуперації енергії складається з групи важелів та пневмоциліндра. З використанням реальних параметрів машини типу MVK, виконано аналітичне дослідження (силовий аналіз) і визначені діючі сили на ланки механізму переміщення (рис. 1) і привод у випадках використання системи рекуперації та без неї.

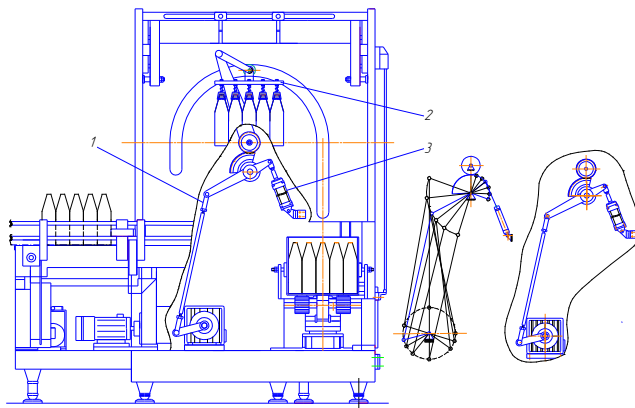


Рис. 1. Укладальник пляшок в ящики:

1 - приводний механізм; 2 - захватна головка; 3 - система рекуперації

Крім зменшення потужності двигуна розроблена система виконує додаткові функції демпфування ударних навантажень в момент контакту захватів з шаром пляшок в зоні вузла формування і в момент укладання шару в ящик. Це також покращує динамічні властивості конструкції.

**Висновок.** Отримані результати аналітичних досліджень з використанням параметрів реальних укладальних машин підтвердили доцільність використання такого вузла для покращення динаміки і покращення якісних характеристик укладальників (зменшення вібрацій, ударних навантажень, збільшення надійності та довговічності, а також що головне, зменшення потужності двигуна за рахунок рекуперації енергії).

### **Класифікація обладнання для створення упаковок за допомогою термозбіжної плівки**

**Дмитро Балакало, Олександр Шпильовий, Олександр Ковальов**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Пристрої для термоусаджування плівки є найбільш енергоємними модулями в лініях пакування продуктів. Покращення їх технічних параметрів, зменшення експлуатаційних витрат напряму впливає на собівартість продукції.

**Матеріали і методи.** Для дослідження були вибрані найбільш ефективні зразки обладнання провідних фірм, а в якості класифікаційних ознак, прийняті критерії, які суттєво впливають на конструкцію і технічні характеристики такого обладнання.

**Результати.** З метою визначення основних тенденцій розвитку технологій термоусаджування та їх впровадження в реальні конструкції машин і пристроїв, на першому етапі, зроблений аналіз існуючого обладнання і патентів для реалізації теплового процесу термоусаджування плівки при створенні групових упаковок і розроблена класифікація такого обладнання. Слід зауважити, що кількість фірм та компаній, які спеціалізуються на випуску обладнання для роботи з термозбіжними плівками різного виду досить велика. Це обладнання може бути малої (ручні безкамерні пристрої), середньої та великої продуктивності. Найбільш масово таке обладнання використовується для створення групових упаковок з пляшок, банок, кондитерських виробів, споживчих упаковок молочних продуктів. В промисловості також використовуються спеціалізовані (для одного виду продукції і типу плівки) і універсальні машини (з можливістю переналаджування на різні розміри і види плівки, та широкого діапазону регулювання температурних режимів). В проведеному аналізі представлено типове обладнання та пристрої найбільш оригінальних і перспективних конструкцій. Групування обладнання для роботи з термозбіжною плівкою за ознаками, які суттєво впливають на конструкцію та якісні характеристики об'єднані, це вид теплоносія (газ, пара, гаряче повітря, нагріта вода) схема розташування нагрівальних елементів, система подачі повітря, кількість корпусів і температурних зон, конструктивне виконання вузлів подавання теплоносія (пластинчасті, трубчасті, профільні, комбіновані) та ін.

**Висновок.** Результати аналізу обладнання і технологій роботи з термозбіжною плівкою дозволили визначитися з напрямками його розвитку, перспективними шляхами удосконалення для покращення технічних характеристик і зменшення експлуатаційних витрат. Матеріали дослідження будуть використані для вдосконалення конструкцій і методів розрахунку обладнання для роботи з термозбіжною плівкою, покращення їх технічних і експлуатаційних характеристик.

# Section 17

## **Processes and apparatus of food productions**

**Chairperson – professor Oleksandr Shevchenko**  
**Secretary – associate professor Yuliia Zaporozhets**

# Секція 17

## **Процеси та апарати харчових виробництв**

**Голова – професор Олександр Шевченко**  
**Секретар – доцент Юлія Запорожець**

### **Експериментальне оцінювання енергоефективності в апаратах з механічними перемішувальними пристроями в системі газ-рідина**

**Тетяна Загороднюк, Юлія Іванченко, Дмитро Кукурудза, Марія Парфенюк, Наталія Попова, Тарас Мисюра, Володимир Зав'ялов**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** З метою досягнення ефективності процесу біосинтезу шляхом створення економічно обґрунтованих швидкостей процесу росту біомаси у ферментерах, утилізації субстрату або утворення продуктів життєдіяльності клітин виникає необхідність в ефективному раціональному перемішуванні системи рідина - повітря. Це може бути досягнуто використанням різних механічних перемішувальних пристроїв. А тому, для порівняння масообміну в апаратах з різними системами перемішування, оптимізації режимів культивування потрібно знати динаміку зміни масообміну від дисипації енергії в робочому об'ємі апарата.

**Матеріали і методи:** лабораторні ферментери з обертовою та вібраційною системою перемішування, цифровий частотомір, тахометр, зразки кристалогідрату сірчаноокислого алюмінію  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ , повітряний ротаметр.

**Результати.** На сьогодні не існує єдиної теорії, що прямими розрахунками охоплює усі найважливіші аспекти глибинного культивування мікроорганізмів, в тому числі й енергетичні. Проте певна інформація про витрати енергії в багатофазних системах може бути отримана як за допомогою фізичних експериментів так і комп'ютерного моделювання. В експериментальному ферментері з турбінною мішалкою діаметром 200 мм встановлені відбивні перегородки. В робочій зоні іншого апарата діаметром 140 мм розміщено віброперемішувальний пристрій, що складається із штока з закріпленими на ньому змінними перфорованими перегородками. Шток з'єднано з ексцентриковим вібратором. У нижній частині обох апаратів встановлено барботери. Витрати повітря регулювались ротаметром в межах 5...25 л/хв. Керованими факторами, що впливали на гідродинамічну ситуацію в апаратах були: частота коливань вібротроперемішувальної системи (1...10 Гц) та частота обертань турбіни (250...1200 с<sup>-1</sup>). Аналіз публікацій за тематикою досліджень свідчить, що в умовах перемішування при глибинному культивуванні якісним показником оцінки ефективності дії турбулентних потоків, створених робочими пристроями, може бути прийнятим коефіцієнт розчинення модельного зразка кристалогідрату сірчаноокислого алюмінію  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  правильної циліндричної форми, що має дифузійний тип розчинення. Підготовлені зразки розміщували в робочому об'ємі апаратів фіксовано на віддаленнях півдіаметра апаратів. В умовах дифузійного розчинення зразка опір масопередачі концентрується на ділянці перенесення маси від поверхні розчинюваного тіла до рідини, що зумовлено високою швидкістю міжфазової взаємодії. В цьому випадку коефіцієнт масовіддачі практично дорівнює коефіцієнту швидкості процесу розчинення. Для різних гідродинамічних режимів роботи мішалок результати дослідів узагальнювались функціональними залежностями коефіцієнта розчинення зразка від питомих витрат енергії на відповідне перемішування при різних витратах повітря, що подавалось в робочий об'єм апарата.

**Висновки.** За результатами дослідів встановлено, що при всіх рівних умовах роботи апаратів більший масообмін досягається для умов з віброперемішуванням робочого середовища за рахунок створення турбулентних пульсуючих потоків на границі поділу фаз на мікрорівні, що дає ефект оновлення поверхні контакту фаз з більшою швидкістю.

## Исследование закона распределения напряжений и деформаций по объему образцов хлебных сухарей при различной скорости динамического нагружения

Виталий Харкевич, Екатерина Терешкова

*Могилевский государственный университет продовольствия,  
Могилев, Республика Беларусь*

**Введение.** В связи с тем, что высушенные хлебные сухари при статическом нагружении облают различными прочностными характеристиками, авторами была поставлена цель исследовать структурно-механические свойства аналогичных образцов при динамическом нагружении.

**Материалы и методы.** Для получения сопоставимых результатов изготавливались образцы высушенных хлебных сухарей по той же методике, что и при проведении на статическое разрушение. Испытаниям на динамическое нагружение подвергали образцы с влажностью от 2% до 8%. Предварительно, опираясь на результаты полученные при статическом нагружении, нами был определен динамический коэффициент  $K_d$ , который во всех экспериментах был равен 1,0; 6,6; 9 и 10,7.

**Результаты.** Эксперименты, проведенные для хлебных сухарей из пшеничной муки, показали, что структурно-механические свойства этих материалов в значительной мере зависят от скорости нагружения (1):

$$V_{\sigma} = \frac{d\sigma}{dt}. \quad (1)$$

В процессе проведения исследований и обработки эмперических данных нами были получены кривые деформирования хлебных сухарей при различной влажности с динамическими коэффициентами равными 1,0; 6,6; 9 и 10,7.

Коэффициент динамичности определяли формуле (2), которая получается на предположении приближенной теории упругого удара [1]:

$$K_d = 1 + \sqrt{\frac{2H}{\sigma_{cm}}}, \quad (2)$$

где  $H$  – высота падения груза;  $\sigma_{cm}$  – статическая деформация, определяемая по кривым деформирования статически приложенного груза, который по массе равен грузу используемому при проведении динамических испытаний.

Анализ экспериментальных данных, полученных во время экспериментальных исследований, показывает, что при увеличении скорости нагружения предел прочности у всех исследуемых материалов увеличивается, а пластические свойства к моменту разрушения значительно уменьшаются.

**Выводы.** Полученные кривые деформирования позволили установить закон распределения напряжений и деформаций образцов хлебных сухарей по их объему при различной скорости динамического нагружения.

### Литература

1 Дарков, А.В. Сопротивление материалов: учебник / А.В. Дарков, Г.С. Шпиро. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1989. – 624 с.

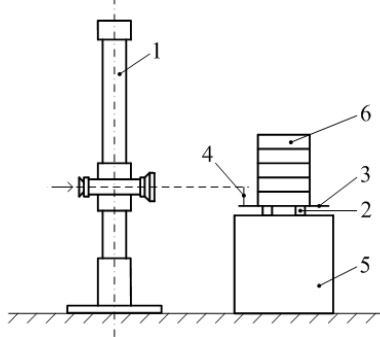
## Исследование прочностных свойств высушенных хлебных сухарей при статическом нагружении

Виталий Харкевич, Анастасия Кобрина

Могилевский государственный университет продовольствия,  
Могилев, Республика Беларусь

**Введение.** На практике часто возникает необходимость оценки прочностных свойств материала с целенаправленно измененными структурно-механическими свойствами, определяющими поведение сырья в процессе механического воздействия. Знание структуры материала, подвергаемого разрушению, а также его физико-механических свойств, дает возможность при проектировании и создании новых специализированных машин учесть, например, изменение механизма нагружения измельчаемого материала связанного с кинематикой рабочих органов [1].

**Материалы и методы.** Для исследования прочностных свойств высушенных хлебных сухарей (объект измельчения) при одноосном статическом разрушении использовали экспериментальную лабораторную установку, представленную на рис 1.



**Рис. 1** Экспериментальная лабораторная установка для оценки прочностных свойств хлебных сухарей при одноосном сжатии:

1 – Катетометр В-630; 2 – образцы, подвергаемые линейному статическому сжатию; 3 – специальная пластина; 4 – игла; 5 – опорная плита; 6 – набор грузов

**Результаты.** В процессе проведения эксперимента и обработки опытных данных были получены кривые деформирования хлебных сухарей из пшеничной муки. Образцы, подвергаемые разрушению, имели различную влажность, которая находилась в пределах, не превышающих 10%. Под разрушением понимали появление трещин, и отделение одной части материала от другой. Было установлено, что в указанном диапазоне влажности образцы являются довольно хрупкими и разрушаются при небольшой величине деформации.

**Выводы.** Установлена экспериментальная зависимость предельного разрушения высушенных хлебных сухарей от их влажности при статическом нагружении.

### Литература

1 Мачихин, Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981 – 216 с.



## Застосування низькочастотних механічних коливань для інтенсифікації екстрагування в системі рослинна сировина - рідина

Валентин Подолянчук, Вікторія Титарчук, Тарас Мисюра, Володимир Зав'ялов  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** З метою досягнення ефективності процесу екстрагування шляхом створення енергетично обґрунтованих швидкостей відносного руху фаз, або створення великих поверхонь їх взаємодії, виникає необхідність в ефективному раціональному перемішуванні. Це може бути досягнуто використанням різних механічних перемішувальних пристроїв. А тому, для порівняння апаратів з різними системами перемішування, оптимізації режимів процесу потрібно знати критерій Біо та коефіцієнт масовіддачі, що визначають стан зовнішнього масообміну в апараті.

**Матеріали і методи:** лабораторні екстрактори з обертовою, вібраційною системою перемішування та нерухомим перфорованим контейнером, цифрові частотомір, тахометр, ватметр, лабораторний ротаційний випарювач, апарат Сокслета, типові методики визначення якісних показників екстрактів, методики розрахунку коефіцієнтів молекулярної дифузії та масовіддачі.

**Результати.** Ставилась задача порівняльного аналізу кінетики вилучення водорозчинних сухих речовин із досліджуваних видів рослинної сировини (шипшина, липа, безсмертник, овес) та енерговитрат на процес в апаратах з різними механічними способами перемішування робочого середовища та настоюванням. Досліди виконувались при співвідношенні фаз 1:20 та температурах 50...80 °С. В основу конструкції віброекстрактора періодичної дії покладено принцип зворотно-поступального руху контейнера із сировиною.

Результати дослідів узагальнювались екстракційними кривими, їх аналізом та математичним описом процесу з врахуванням основних положень теорії оновлення поверхні контакту фаз, що надавало можливість глибше осмислити і проаналізувати закономірності масообміну в умовах твердофазового екстрагування.

Дифузійні характеристики тканини досліджуваної сировини та зовнішній масообмін з екстрагентом виконувались за водорозчинними сухими речовинами згідно методики В.М. Лисянського. Загальний вміст водорозчинних сухих речовин визначався рефрактометрично. Кінетика процесу оцінювалась графічними залежностями коефіцієнта масовіддачі від питомої енергії на процес для досліджуваних способів механічного перемішування при екстрагуванні. Отримане рівняння для розрахунку поточної концентрації цільового компонента в екстрагенті на певний час процесу перевірено на адекватність.

**Висновки.** Встановлено, що із збільшенням інтенсивності коливань контейнера з сировиною у віброекстракторі, що є джерелом створення пульсуючих вібротурбулізуючих знакозмінних струменів в робочому об'ємі, зростає активізація міжфазової поверхні, внаслідок зниження умов екранування часток сировини між собою, що оцінюється швидкістю обтікання екстрагентом поверхні частинок твердої фази. Тобто, гідродинамічні властивості створених пульсуючих потоків визначають їх дію як турбулізуючого фактора на мікрорівні та макромасштабного фактора, що усуває застійні зони і, як результат, процес відбувається більш інтенсивно з порівняно меншими витратами енергії. Динамічний тиск поблизу лопатей апарата з обертовою мішалкою також позитивно сприяє інтенсифікації процесу, разом з тим, генерує крупномасштабні вихори, що не дають великих локальних швидкостей в зоні контакту фаз.

## **Обґрунтування вибору розчинника при екстрагуванні скам'янілої смоли**

**Валентин Чорний, Тарас Мисюра, Наталія Попова**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Масштаби сучасного харчового виробництва на основі екстрактів вимагають розширення спектру сировини харчового призначення для її переробки. Перспективною сировиною для вирішення таких задач може бути скам'яніла смола хвойних дерев. Однак, оскільки відомим методом переробки такої сировини є її хімічний піроліз, продукти якого не є придатними для широкого застосування в харчовій промисловості, варто застосовувати екстракційні технології для вилучення цільових компонентів із скам'янілої смоли.

**Матеріали та методи.** Відомим зразком скам'янілої смоли є бурштин у вигляді тьмяних, прозорих і напівпрозорих каменів, продукти переробки якого знаходять місце в застосуванні харчовою, фармацевтичною, косметичною промисловостями. Компонентний склад бурштину обмежений янтарною кислотою, ефірною олією, розчинними смолами, кожен з яких має цінне значення та володіє функціональними властивостями. За даними шведський хіміків бурштин складається з летючої ароматичної олії, двох розчинних фракцій смоли, бурштинової кислоти і 90% нерозчинного залишку. За їхніми даними вміст янтарної кислоти в бурштині коливається від 3 до 8%.

**Результати.** Підбір екстрагента для забезпечення глибини вилучення цільових компонентів і максимальної швидкості екстрагування скам'янілої смоли проводився з огляду на властивості розчинника, відповідно до яких виносяться наступні вимоги: селективність, індиферентність, безпечність, доступність. Зважаючи на попередньо відомий цільовий склад твердої фази необхідно врахувати властивості таких речовин, що розчиняються в розчинниках різної полярності. Через наявність в сировині одночасно гідрофільних та гідрофобних цільових компонентів варто обрати такий екстрагент, що зможе розчиняти як ті так й інші речовини. Наявна янтарна кислота розчиняється в воді та спирті, а гідрофобні олія та смоли добре розчинні в неполярних розчинниках. Тому раціональним розчинником, що задовольняє вищевказані вимоги і дозволяє в повній мірі провести процес екстрагування цільових компонентів є етанол. З проведених нами дослідів встановлено, що бурштин добре екстрагується малополярними розчинниками, однак використання ацетону, пропанолу, бутанолу є недоцільним з огляду на їх безпечність та доступність в харчовій промисловості. До того ж наявність саме спиртового екстракту спрощує його використання в будь-якій промисловій галузі.

**Висновки.** Використання екстрактів скам'янілих смол, що мають функціональне значення за наявності високого вмісту янтарної кислоти, дозволяє розширити асортимент харчової продукції цільового призначення, виробляти лікарські препарати та косметичні засоби. Для цього рекомендується проводити екстрагування із застосуванням етилового спирту для отримання екстракту з високим вмістом цільових компонентів, їх швидким вилученням, дотриманням токсичних вимог та економічної ефективності.

Математико-статистична обробка процесу зберігання яблучних снєків після конвективно-терморадіаційного сушіння

Олексій Москаленко, Людмила Стрельченко, Ігор Дубковецький,  
 Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Математико-статистична обробка дозволяє отримати адекватне рівняння регресії для процесу зберігання яблучних снєків без проведення паралельних експериментальних досліджень.

**Матеріали і методи.** Для обробки дослідних даних було застосовано програму Math Cad 15.

**Результати.** В процесі отриманих даних при дослідженні сушіння критерієм оптимізації обрано аскорбінову кислоту в яблучних снєках.

Основні фактори, які впливають на вміст аскорбінової кислоти в процесі зберігання с: температура теплоносія під час сушіння продукту, (t, °C); питома навантаження напівфабрикату під час сушіння (P<sub>н</sub>, кг/м<sup>2</sup>); величина опромінення терморадіаційних випромінювачів в процесі сушіння (E, кВт); тривалість зберігання снєку в упаковці (τ, місяців) та активність води (Aw) в процесі зберігання.

Загальний вигляд залежності критерію оптимізації від основних факторів має вигляд: аскорбінова кислота = f(t, P<sub>н</sub>, E, τ, Aw).

На рис. 1 представлено загальну схему математико-статистичної моделі для встановлення оптимального хімічного складу яблучних снєків в процесі зберігання.

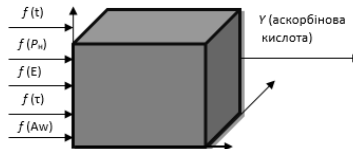


Рис. 1. Матриця планування активного n'ятифакторного експерименту

Після побудови матриці необхідно нормалізувати вихідне рівняння регресії, тобто перетворюємо змінні x<sub>i</sub> в безрозмірні z<sub>i</sub>. Дослідження основних факторів здійснювалось на двох рівнях – на верхньому та нижньому, згідно формули 1.

$$z_i = \frac{x_i - x_0}{\Delta x_i}, \quad (1)$$

де x<sub>i</sub> – значення фактора на верхньому (+) та нижньому рівні; x<sub>0</sub> – значення фактора на нульовому рівні; Δx<sub>i</sub> – інтервал варіювання.

Рівняння регресії після нормалізації виглядає так:

$$y = b_0 + b_1 \cdot z_1 + b_2 \cdot z_2 + b_3 \cdot z_3 + b_4 \cdot z_4 + b_5 \cdot z_5 + b_{11} \cdot z_1^2 + b_{22} \cdot z_2^2 + b_{33} \cdot z_3^2 + b_{44} \cdot z_4^2 + b_{55} \cdot z_5^2 + b_{121} \cdot z_1 \cdot z_2 + b_{122} \cdot z_1 \cdot z_2^2 + b_{123} \cdot z_1^2 \cdot z_2 + b_{124} \cdot z_1^2 \cdot z_2^2 + b_{131} \cdot z_1 \cdot z_3 + b_{132} \cdot z_1 \cdot z_3^2 + b_{133} \cdot z_1^2 \cdot z_3 + b_{134} \cdot z_1^2 \cdot z_3^2 + b_{141} \cdot z_1 \cdot z_4 + b_{142} \cdot z_1 \cdot z_4^2 + b_{143} \cdot z_1^2 \cdot z_4 + b_{144} \cdot z_1^2 \cdot z_4^2 + b_{151} \cdot z_1 \cdot z_5 + b_{152} \cdot z_1 \cdot z_5^2 + b_{153} \cdot z_1^2 \cdot z_5 + b_{154} \cdot z_1^2 \cdot z_5^2 + b_{231} \cdot z_2 \cdot z_3 + b_{232} \cdot z_2 \cdot z_3^2 + b_{233} \cdot z_2^2 \cdot z_3 + b_{234} \cdot z_2^2 \cdot z_3^2 + b_{241} \cdot z_2 \cdot z_4 + b_{242} \cdot z_2 \cdot z_4^2 + b_{243} \cdot z_2^2 \cdot z_4 + b_{244} \cdot z_2^2 \cdot z_4^2 + b_{251} \cdot z_2 \cdot z_5 + b_{252} \cdot z_2 \cdot z_5^2 + b_{253} \cdot z_2^2 \cdot z_5 + b_{254} \cdot z_2^2 \cdot z_5^2 + b_{341} \cdot z_3 \cdot z_4 + b_{342} \cdot z_3 \cdot z_4^2 + b_{343} \cdot z_3^2 \cdot z_4 + b_{344} \cdot z_3^2 \cdot z_4^2 + b_{351} \cdot z_3 \cdot z_5 + b_{352} \cdot z_3 \cdot z_5^2 + b_{353} \cdot z_3^2 \cdot z_5 + b_{354} \cdot z_3^2 \cdot z_5^2 + b_{451} \cdot z_4 \cdot z_5 + b_{452} \cdot z_4 \cdot z_5^2 + b_{453} \cdot z_4^2 \cdot z_5 + b_{454} \cdot z_4^2 \cdot z_5^2.$$

b<sub>i</sub> – коефіцієнти регресії.

Далі визначали рівні варіювання та крок варіювання основних факторів, які впливають на вміст аскорбінової кислоти в яблучних снєках впродовж зберігання (табл. 1).

Таблиця 1

Встановлення рівнів та кроку варіювання основних факторів

Умови експерименту	Поз.	t, °C	lg	P <sub>н</sub> , кг/м <sup>2</sup>	lg	E, кВт	lg	τ, міс.	lg	Aw	lg
Основний рівень	x <sub>0</sub>	55	1,74	6,6	0,82	8	0,9	6	0,78	0,4	-0,39
Інтервал варіювання	Δx <sub>i</sub>	15	1,17	2,2	0,34	4	0,6	6	0,78	0,4	-0,39
Верхній рівень	x <sub>в</sub>	70	1,85	8,8	0,94	12	1,08	12	1,08	0,6	-0,22
Нижній рівень	x <sub>н</sub>	40	1,6	4,4	0,64	4	0,6	0	-	0,2	-0,69

**Висновок.** На основі здійсненого багатофакторного експерименту отримано адекватне рівняння регресії, в ході якого основними факторами, що впливають на вміст аскорбінової кислоти в яблучних снєках в процесі зберігання виявилися: температура сушіння, тривалість зберігання, активність води, питома навантаження залежне від опромінення. Значення Кохнера для вказаних факторів не перевищує 5 %.

## Використання кавітації для активації цукрових розчинів

Ігор Пастушенко, Олександр Марценюк

Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості  
Національний університет харчових технологій

**Вступ.** Використання кавітації може знизити вартість обробки цукрових розчинів перед дефекацією, підготовці соку до сатураційного очищення, активації вапняного молока, підготовці соку до адсорбційного очищення.

**Матеріали і методи.** Під час сплескування кавітаційних бульбашок виділяється енергія, достатня для перебудови водневих зв'язків у молекулах води. Зменшення розмірів структурних об'єднань робить розчини більш рухливими і реакційно активнішими.

**Результати.** Дипольні молекули води об'єднуються в структурні скупчення, які змінюють технологічні властивості соків. Разом із структурою соків змінюється поверхневий натяг, рН, електропровідність, кількість вільних іонів, активних радикалів та реакційна здатність продуктів. Активована вода за показником рН збільшувалась в середньому від 8 до 8,2 і зберігає свої властивості впродовж 50...60 хв.

Гідродинамічна кавітація у проточних кавітаторах виникає в зонах зниження тиску рідини до рівня нижче значень тиску насиченої пари за даної температури. При цьому утворюються дуже дрібні кавітаційні бульбашки. Внаслідок меншого тиску пари над цукровими розчинами, ніж над водою, режими створюються при менших витратах потужності насосів.

Зростання тиску за кавітатором призводить до швидкого стрибкоподібного захоплення дуже дрібних бульбашок, при якому створюються кавітаційні ефекти: гідравлічні мікроудари з подальшим підвищенням тиску до  $10^3$  МПа, температури газової фази до 2000 К.

Кавітаційні ударні хвилі мають обмежену зону ефективної дії, сумірну з розмірами бульбашок і не перевищують 0,2...0,3 мм. На міжфазній поверхні між рідиною і парогазовою фазою створюються електричні поля високої напруженості, причому у кавітаційних порожнинах виникають іонізовані збуджені молекули.

Висока об'ємна концентрація кавітаційних бульбашок дозволяє підводити до одиниці об'єму оброблюваної рідини велику питому потужність (до  $10^4...10^5$  кВт/м<sup>3</sup>) за допомогою насоса, який прокачує продукт через кавітаційний пристрій під тиском 0,3...1,2 МПа. Ударні хвилі, що виникають внаслідок колапсу розміщених у рідині бульбашок, створюють різні фізико-механічні ефекти, які інтенсифікують технологічні процеси абсорбції та адсорбції, і навіть дозволяють проводити деякі хімічні процеси з великою енергією активації, яку неможливо провести за звичайних умов.

Кавітаційні бульбашки можуть виникати не лише в об'ємі рідини за нерухомими і рухомими тілами, які потік обтікає, а й на поверхні цих тіл унаслідок розриваючої дії турбулентних вихорів.

**Висновки.** Використання кавітації сприяє активізації цукрових розчинів і зниженню вартості очищення цукрових соків.

### Література

1. Федоткин И.М., Гулый И.С. Кавитация. Кавитационная техника и технология, их использование в промышленности. – К.: Полиграфкнига, 1997. – ч. 1. – 839 с.

## Особливості фільтрування цукрових сиропів

Ігор Пастушенко, Олександр Марценюк

*Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості  
Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** У цукробуряковому виробництві фільтрування використовують для відділення осаду від сатураційних соків, очищення сиропів, розділення утфелю з метою отримання кристалічного цукру.

**Матеріали і методи.** При фільтруванні слід враховувати як властивості і дисперсійний склад твердих частинок, так і властивості фільтрувальної перегородки, особливо коли фільтрування відбувається одночасно за механізмом утворення осаду і механізмом закупорювання пор.

**Результати.** Сиропи після випарних установок мають каламутний вигляд, містять 0,15...0,3 % солей кальцію до маси сухих речовин (СР), рівної 65 % мас. та інші домішки. Щоб зменшити утворення барвних речовин при подальшій обробці, сироп змішують з клеровкою і сульфітують до рН 8,0...8,5. Для зниження в'язкості сироп з клеровкою перед фільтруванням нагрівають до 85...88 °С.

Сиропи фільтрують на дискових і патронних фільтрах. Дискові фільтри працюють під тиском 0,15...0,2 МПа, мають закріплені на горизонтальному трубовалу фільтрувальні елементи у вигляді рамок, на які надягнуті мішечки з фільтрувальною тканиною.

Для поліпшення умов фільтрування, особливо каламутних низькоякісних сиропів використовують допоміжні фільтрувальні матеріали (кізельгур і фільтроперліт). При фільтруванні сиропів із вмістом СР менше 60 % фільтрувальні порошки наминають на поверхню фільтрувальної тканини, а для густих сиропів порошки безпосередньо додають в сироп.

Фільтрувальні порошки виконують додаткову функцію адсорбційного уловлювання дуже дрібних частинок діаметром більше 0,5...1,0 мкм, сприяючи отриманню прозорих розчинів. Частинки перліту електронейтральні, а кізельгуру (розміром 1...30 мкм) мають від'ємний заряд і додатково затримують позитивно заряджені компоненти, тому фільтрування із застосуванням кізельгуру краще освітлює сиропи, але йде повільніше. При товщині намівного шару 0,8...1,0 мм питома витрата порошку кізельгуру становить 0,8...1,0 кг/м<sup>2</sup> поверхні фільтрування, а фільтроперліту – 0,3...0,4 кг/м<sup>2</sup>. Для отримання більшого і рівномірного шару до намівного порошку інколи додають 5 г целюлози на 1 м<sup>2</sup> фільтрувальної поверхні.

Дискові фільтри вимагають значних витрат ручної праці і фільтрувальної тканини, тому їх доцільно замінити автоматизованими патронними фільтрами РЗ-ПФП.

Густі сиропи з тонкодисперсними частинками очищуються недостатньо; в таких випадках рекомендують застосовувати спеціальні сепаратори А1-ПСС.

**Висновки.** Урахування компонентного складу домішок сиропів та використання намівних матеріалів, відповідного обладнання і якісної фільтрувальної тканини рівномірної щільності, яка не потребує надмірного тиску, дозволяє отримати прозорі цукрові сиропи.

### Література

1. Сапронов А.Р. Технологія сахарного виробництва. – М.: Колос, 1998. – 495 с.

## **Економія теплової енергії при випарюванні цукрових соків**

**Ігор Пастушенко, Павло Бик, Олександр Марценюк**

*Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Випарювання застосовують у багатьох галузях харчової промисловості: цукровій, крохмале-патокової, консервній, молочній, кондитерській. На цукрових заводах випарювання є одним з основних технологічних процесів і на його проведення використовується найбільша кількість теплової енергії.

**Матеріали і методи.** З метою економії теплової енергії випарювання проводять у багатокорпусних випарних установках (БВУ). При цьому початкова пара подається лише в нагрівну камеру першого корпусу, а наступні корпуси обігріваються вторинною парою попередніх корпусів, яка в паровідокремлювачах звільняється від дрібних краплинок соку. Перенесення теплоти в кожному корпусі забезпечується різницею температур між парою і соком, тому температура пари (і її тиск) в кожному наступному корпусі знижується від найбільшої в першому корпусі до найменшої в останньому, яка падає нижче 100 °С, що відповідає розрідженню.

**Результати.** Подати пару занадто високої температури в перший корпус не можна внаслідок термічного розкладання та пригорання продукту, тому кількість корпусів БВУ обмежена, а для подальшої економії пари використовують наступні способи:

- для обігрівання першого корпусу використовують відпрацьовану пару парових турбін, а перегріту пару охолоджують в редуційно-охолоджувальних пристроях;
- в останніх корпусах БВУ створюють розрідження за допомогою вакуум-конденсаційних установок;
- з корпусів установок відбирають екстрапару, яку використовують для початкового підігрівання соку та для інших потреб;
- конденсат із нагрівних камер корпусів збирають в конденсатні колонки і спрямовують для живлення парових котлів, а виділену з нього пару використовують для обігрівання наступних корпусів;
- знижують гідродинамічну депресію, викликану збільшенням температури кипіння розчину внаслідок висоти стовпа соку в кип'ятильних трубах, за рахунок використання апаратів плівкового типу;
- знижують втрати температури в паропроводах між корпусами збільшенням їх діаметра і зменшенням довжини (відстані між корпусами);
  - використовують інжекторні і механокомпресорні теплові насоси;
  - зовнішню поверхню корпусів апаратів теплоізолюють;
  - застосовують апарати з примусовою циркуляцією розчину.

**Висновки.** Використання БВУ із застосуванням додаткових заходів щодо економії нагрівної пари дозволяє в 4...5 разів знизити витрати теплової енергії порівняно з випарюванням соків в одиночному апараті.

### **Література**

1. Кулинченко В.Р. Промышленная кристаллизация сахаристых веществ: монография / В.Р. Кулинченко, В.Г. Мирончук, НУПТ. – К.: НУПТ, 2012. – 426 с.

## Застосування інформаційних технологій при оптимізації розрахунку витрат вапна на окремі ступені очищення дифузійного соку

Павло Юшук, Інна Юшук

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Вапняно-вуглецеве очищення є одним з важливих етапів цукрового виробництва – воно впливає на вихід і якість готової продукції. Одним з реальних шляхів підвищення ефективності цукрового виробництва є удосконалення технології вапняно-вуглецевого очищення з метою зниження витрат вапна на очищення дифузійного соку. Це дозволяє більш ефективно використовувати вапно при максимальному видаленні нецукрів та отримання осаду з добрими фільтраційними властивостями.

**Матеріали та методи.** Проблема цукрового заводу, що стосується необхідності зменшення витрат вапнякового молока на процес дефекації, витікає з того, що в процесах хімічного очищення соку від нецукрів основну роль відіграє хімічно активне вапнякове молоко. А в вапняковому молоці, яке подається на дефекацію, крім розчиненого вапна знаходиться деяка кількість вапна і у вигляді нерозчинених грудочок, з'єднань з нецукрами. При цьому частина вапна не приймає участі в очищенні цукрового розчину, а витрати його великі.

**Результати і обговорення.** Розроблена математична модель та алгоритм розрахунку оптимальної кількості вапна, що додається на прогресивну попередню дефекацію (ППД), виходячи з кількості та видів повертань

$$Y = f(x_1, x_2) \rightarrow \min$$
$$D \in \begin{cases} 120 \leq x_1 \leq 135 \\ 0.08 \leq x_2 \leq 0.1 \\ 30 \leq Y_0 \leq 100 \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{де } Y_0 = \frac{0.01 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot x_1^2 \cdot (x_2^2 - a_0^2)}{100 \cdot a_2 \cdot (a_3 - x_2) + 0.01 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (a_0 - x_2)}$$

Для отримання оптимального технологічного процесу необхідно дискретно розв'язувати дану задачу через кожний визначений проміжок часу. Таким чином, будемо мати функцію раціональних рішень протягом усього періоду протікання процесу.

Кількість вапняку, що додається на ППД залежить від кількості та видів повернень. При цьому кількість вапна у вигляді вапнякового молока повинна бути такою, щоб весь СаО знаходився у розчиненому вигляді.

Мета розрахунку полягає у визначенні кількості видів повернень в залежності від якості буряку і, відповідно, якості дифузійного соку. Пропонується розглянути три види повернень на ППД: нефільтрований сік I сатурації з додаванням вапнякового молока; нефільтрований сік I сатурації з додаванням дефекованого молока; згущена суспензія соку I сатурації з додаванням вапнякового молока.

**Висновок.** В результаті розрахунків для конкретних даних якості соку можна отримати кількість вапна на очищення. Практичне застосування програми полягає не тільки в розрахунку основних значень параметрів процесу, але й можливості аналізу роботи очисного відділення та вибору оптимальної схеми очищення в залежності від якості дифузійного соку.

**Динаміка фізико-хімічних показників та тепло-фізичних параметрів  
яблучних снєків в процесі зберігання в непрозорій пакувальній системі**

**Людмила Стрельченко, Ігор Дубковецький**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Хімічний склад продукту в процесі його зберігання змінюється під впливом великої кількості факторів. Даний процес є незворотнім, проте його можна зповільнити за рахунок відповідних пакувальних систем.

**Матеріали і методи.** Публікації вітчизняних і зарубіжних авторів, патенти та результати власних експериментальних досліджень.

**Результати.** Зберігання яблучних снєків здійснювали на протязі року (дослідження проводяться надалі до 18 місяців зберігання) в прозорих та непрозорих пакувальних системах, в табл. 1 представлені результати збереження продукту в непрозорій пакувальній системі з повітряним середовищем. Склад упаковки – папір та поліетилен 60 мкм.

*Таблиця 1*

*Динаміка показників продукту в процесі зберігання*

Найменування показника	Показники перед закладкою на зберігання	Показники через 12 місяців зберігання
Масова частка сухих речовин, %	86,20	84,39
Масова частка вологи, %	13,8	15,61
Масова частка органічних кислот, %	2,51	2,33
Масова частка золи, %	0,98	0,95
Масова частка пектинових речовин, %	1,52	1,5
Масова частка аскорбінової кислоти, %	6,65	5,15
Ентальпія, Дж/г	44,20	45,10
Концентрація парів, г/м <sup>3</sup>	9,81	10,36
Питома вологість, г/кг	8,37	8,84
Співвідношення концентрацій компонентів суміші, г/кг	8,44	8,92
Концентрація парів при насиченні, г/м <sup>3</sup>	20,11	19,78
Активність води, Aw	0,478	0,524

Вимірювання тепло-фізичних параметрів для продукту здійснювалось за допомогою аналізатора NuroLab 2. Температура вимірювання параметрів складала 20 °С.

З табл. 1 видно, що в процесі зберігання вологість продукту та активність води зростає, а вміст аскорбінової кислоти зменшується з 6,65 до 5,15 %/100 г, що свідчить про здатність упаковки з часом пропускати вологу з зовнішнього середовища. Також пропускна здатність пакувальної системи характеризується незначним збільшенням співвідношення концентрацій компонентів суміші в упаковці.

**Висновок.** Пакувальна система має значний недолік – пропускна здатність упаковки в процесі зберігання, це позначається на хімічному складі продукту, тому має місце вдосконалення технології зберігання яблучних снєків [1].

**Література.**

1. Пат. № 136356 України, МПК (2019.01) B65B 31/00 A23L 3/00 A23L 19/18 (2016.01) Спосіб зберігання фруктових снєків / Л. В. Стрельченко, І. В. Дубковецький, А. І. Маринін, В. М. Пасічний - № U 2019 02697, заявл. 20.03.19; опубл. 12.08.19, Бюл. №15.



## Аналіз ринку фруктових сніжкових продукцій в Україні станом на 2018-2020 роки

Людмила Стрельченко, Ігор Дубковецький

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Моніторинг ринку сніжкової продукції формує базу для створення розробок технологій та виробництва нової продукції. Аналіз ринку сніжків в Україні доводить перспективу створення нових технологій з традиційної сировини – яблук із застосуванням сучасних технологічних прийомів.

**Матеріали і методи.** Матеріали – публікації вітчизняних авторів та патенти. Об'єкт досліджень – ринок фруктових та ягідної сніжкової продукції в Україні.

**Результати.** Дослідження ринку фруктових сніжкової продукції в Україні показали, що споживача приваблюють сніжки без додавання штучних ароматизаторів, барвників та смакових добавок. В табл. 1 наведені найбільші вітчизняні виробники фруктових сніжків.

Таблиця 1

Виробники фруктових сніжків в Україні

Назва виробника	Найменування асортименту
ТОВ «Kokodeli»	кокосові чіпси: без цукру; з чорносливом; з сиром пармезан; з ваніллю; з апельсином, корицею і кавою; солодкі; солоні; гострі
ТОВ «Sergio»	яблучні чіпси; полуниця сушена; вишня сушена; черешня сушена без кісточки
ТОВ «Frutuschips»	чіпси з груш; чіпси з ананасу
ТОВ «Ramanoff»	чіпси з яблук; чіпси з дині
ТОВ «hi Snack»	чіпси з яблук; мікс з фруктів і горіхів; чіпси з персика; чіпси яблуко-груша; чіпси яблуко-ківі; чіпси з апельсину; чіпси із тропічних фруктів і горіхів; чіпси з ананасу; чіпси ананас-груша-клубніка

Асортимент продукції фруктових сніжків (табл. 1) зосереджений на ягідній та нетрадиційній для України сировині, дана тенденція пов'язана із застарілим вітчизняним асортиментом. Розробка технологій продукту з яблук [1] збільшить попит на традиційні сніжки, а впровадження нового енергоефективного обладнання [2] дозволить зменшити затрати на його виробництво, що вплине на зменшення цінової політики продукції та збільшить попит споживачів, що сприятиме популяризації даної продукції.

**Висновок.** Обмеженість сніжкової продукції з традиційної для українців сировини призводить до споживання сніжків з екзотичної та ягідної сировини. Дефіциту вітчизняної продукції можна уникнути шляхом впровадження нових технологій та енергоефективного обладнання, що дозволить розширити ринок сніжкової продукції в Україні.

### Література.

1. Спосіб виробництва яблучних сніжків Патент на винахід України № 113587 МПК А23L 19/8, А23В 7/02 [Текст] / Малежик І.Ф., Дубковецький І.В., Бандуренко Г.М., Стрельченко Л.В. – а 201511035; заявл. 11.11.2015; опубл. 10.02.17, Бюл. № 3.
2. Пат. № 136466 України, МПК (2019.01) F26B 3/30 (2006.01) F26B 3/20 (2006.01) F26B 9/06 (2006.01) F26B 21/00 А23В 7/02 (2006/01). Радіаційно-конвективна сушильна установка з тепловим насосом / І. В. Дубковецький, І. Ф. Малежик, Л. В. Стрельченко, Т. В. Бурлака - № У 2019 00690, заявл. 23.01.19; опубл. 27.08.19, Бюл. №16.

## Тепло- та масообмінні характеристики яблучних снєків

Людмила Стрельченко, Ігор Дубковецький

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** В даній роботі висвітлено вплив температури теплоносія на інтенсифікацію процесу сушіння яблучних снєків та показано залежність коефіцієнтів тепловіддачі і масовіддачі від температури.

### Матеріали і методи.

**Результати.** В результаті проведених досліджень були визначені тепло-, масообмінні параметри процесу з метою встановлення механізму та інтенсивності перенесення вологи через капілярно - порову структуру матеріалу при сушінні яблучних снєків.

Параметри сушіння були наступними: концентрація цукрового сиропу для бланшування та охолодження яблук – 30 %; температура теплоносія – 40...70 °С; швидкість руху теплоносія в камері – 5,5 м/с; питоме навантаження – 8,8 кг/м<sup>2</sup>; величина опромінення терморадіаційних ТЕНів – 8 кВт/м<sup>2</sup>, довжина хвиль трубчастих «темних» терморадіаційних генераторів 2,0...4,0 мкм; конвективне підведення теплоти здійснювалося від зовнішнього ТЕНу 1 кВт; відстань між терморадіаційними ТЕНами і продуктом складала 14 см.

В табл.1 представлені результати розрахунку для діапазону температур коефіцієнтів тепловіддачі, критеріїв Нуссельта та Рейнольдса при площі зовнішньої поверхні кілограма висушеного продукту 2,63 м<sup>2</sup>/кг.

Таблиця 1

Коефіцієнти тепловіддачі, критерії Нуссельта та Рейнольдса для температурного діапазону сушіння продукту

t, °С	$\alpha$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К	Nu	$\lambda$ , Вт/м·К	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\mu \cdot 10^6$ , Па·с	Re	J, %/хв	$\beta$ , м/с
40	209,93	371,83	0,0271	1,092	19,2	15015	12,17	320,26
50	230,01	397,14	0,0278	1,0585	19,65	14221,07	12,44	327,37
60	255,05	420,33	0,02802	1,025	20,1	13462,69	15,27	401,84
70	260,73	436,92	0,02915	0,9965	20,9	12587,36	16,53	434

З табл. 1 видно, що зі збільшенням температури теплоносія збільшуються коефіцієнти тепло- та масовіддачі, що сприяє швидшому видаленні вологи з продукту. Тобто із зростанням  $\alpha$  і  $\beta$  зменшується час сушіння продукту.

**Висновок.** Дослідження режиму та визначення тепло- і масообмінних параметрів для сушіння яблучних снєків дозволить підібрати оптимальний спосіб сушіння для продукту, а також зменшить затрати енергії на процес його виробництва.

### Література.

1. Малєжик І.Ф., Дубковецький І.В., Стрельченко Л. В. Дослідження процесу сушіння яблучних снєків конвективно-терморадіаційним енергопідведенням в залежності від температури теплоносія. Міжнародна конференція «Досягнення науки в 2015 році» Збірник наукових публікацій «ВЕЛЕС», м. Київ. 2015 р. с. 54.

## **Інтенсифікація процесу екстрагування цінних речовин з плодово-ягідних вичавок.**

**Ольга Вітковська, Лариса Зоткіна, Юлія Запорожець**

*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Проблема створення безвідхідних технологій в галузях, які переробляють ягоди та фрукти, є актуальною задачею і вирішується шляхом комплексної переробки сировини. В роботі досліджено процес екстрагування біологічно активних речовин з відходів консервного виробництва.

**Матеріали і методи.** Матеріалами досліджень були яблучні та виноградні вичавки. Вивчались умови досягнення рівноваги при екстрагуванні, залежність виснаження сировини від співвідношення фаз, тривалість екстрагування та температури процесу.

**Результати.** Раціональне використання вторинних сировинних ресурсів передбачає інтенсифікацію процесу екстрагування у безперервному секційному апараті.

Для вирішення цієї задачі вивчались дифузійні властивості сировини, співвідношення витрат фаз. Температура процесу підтримувалась у межах від 45° - 75°С, верхня температура процесу обмежена зміною структури рослинної сировини.

Співвідношення витрат фаз змінювалось в межах 1:2; 1:3; 1:5. Максимальний час проведення процесу 70 хв. В якості екстрагента використовували воду.

На основі аналізу досліджень визначенні режими процесу екстрагування, які забезпечують повне вилучення компонентів при заданій продуктивності апарату. Це спостерігається при співвідношенні витрат фаз 1:3, температури процесу 65°С та тривалості проведення процесу – 60 хв.

З метою визначення необхідної кількості ступеня екстрагування був проведений розрахунок комбінованого процесу екстрагування з відтискуванням в секціях і протитечійному переході між секціями сировини, який показав, що доцільно проводити процес екстрагування в трьохсекційному апараті.

Даний екстракт може бути використаний в харчовій промисловості при отриманні барвників природного походження.

### **Література**

1. Екстракція рослинної сировини / Ю.І. Сидоров, І.І. Губицька, Р.Т. Конечна, В.П. Новіков. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2008. – 336 с.
2. Овочі і фрукти в нашому харчуванні. – Ужгород : Карпати, 1988. – 197 с.

## **Аналіз сучасних способів сушіння та розробка оптимального режиму сушіння капілярно-пористих матеріалів**

**Лариса Зоткіна, Тетяна Бурлака**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Сушіння - це процес, який вимагає високої енергії через високу приховану теплоту випаровування води та відносно низьку енергоефективність промислових сушарок. В останні роки було багато досягнень пов'язаних з промисловим сушінням матеріалів. Це чинить позитивний вплив як з точки зору покращення якості продукції, так і з точки зору підвищення енергоефективності. Виникають нові способи, що використовують різні фізичні явища для поліпшення вже відомих способів сушіння

**Матеріали і методи.** Матеріали для огляду – публікації вітчизняних і зарубіжних авторів, патенти та результати власних експериментальних досліджень із розроблення ефективних способів сушіння високовологих матеріалів.

**Результати.** На сьогодні понад 85% всіх промислових сушарок мають конвективний тип. Спільною особливістю цих сушарок є високі витрати енергії. Більшість конвективних сушарок нераціонально використовують нагріте і відпрацьоване повітря, яке просто викидається безпосередньо в навколишнє середовище, що призводить до погіршення енергоефективності системи і в кінцевому рахунку, до підвищення вартості висушених продуктів. Деякі системи дозволяють утилізувати відпрацьоване тепло, що може істотно підвищити загальну енергетичну ефективність сушарки. У порівнянні з сушінням за допомогою нагрітого повітря, неконвективні способи сушіння ще не внесли значних результатів у промисловість з різних причин.

Впровадження екологічно безпечних способів сушіння є повільним через багато факторів, але найчастіше причиною цього є короткострокова економічна прибутковість. Одним з конструктивних рішень для реалізації способу комбінованого сушіння є використання теплових насосів що забезпечить економічні та екологічні переваги та дозволить контролювати вміст вологи і температуру нагрітого повітря, а також забезпечуватиме відновлення прихованої теплоти випаровування вологи з потоку відпрацьованого повітря, що втрачається при відведенні з сушарки у навколишнє середовище.

**Висновки.** В результаті можливо зробити висновок, що для підвищення енергоефективності сушарок їх необхідно або модернізувати, або створити нові, виходячи із принципів екологічної безпеки та раціонального використання енергоресурсів. Одним із шляхів модернізації є застосування комбінованих способів теплопідводу з використанням теплових насосів.

### **Література**

1. Пат. 112348 України, МПК А 23 В 7/02 (2006.01). Радіаційно-конвективна сушильна установка / І. В. Дубковецький, І. Ф. Малежик Т. В. Бурлака, Л. В. Стрельченко — № U 2014 11435, заявл. 20.10.14; опубл. 25.08.16, Бюл. №16.
2. Пат. № 136466 України, МПК (2019.01) F26B 3/30 (2006.01) F26B 3/20 (2006.01) F26B 9/06 (2006.01) F26B 21/00 A23B 7/02 (2006/01). Радіаційно-конвективна сушильна установка з тепловим насосом / І. В. Дубковецький, І. Ф. Малежик, Л. В. Стрельченко, Т. В. Бурлака - № U 2019 00690, заявл. 23.01.19; опубл. 27.08.19, Бюл. №16.

## Дослідження кінетики екстрагування шишок хмелю

Наталія Новосаденко, Лариса Зоткіна, Юлія Запорожець  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Аналіз сучасного стану виробництва хмелю в Україні і особливостей його зберігання довів доцільність виробництва хмельових екстрактів, які забезпечують більшу тривалість зберігання в незмінному вигляді цінних для пивоваріння речовин хмелю, а також дозволяє більш ефективно нормувати і переробляти хміль безпосередньо у виробництві пива.

**Матеріали і методи.** Оброблення експериментальних даних і розрахунки було виконано із застосуванням сучасних інтегрованих систем MathCAD 14, CorelDRAW X4 та ін.

**Результати.** В результаті експериментів було отримано залежності накопичення загальних сухих речовин хмелю в екстрагенті – воді, від параметрів електроіскрових розрядів. Результати експериментів наведено на рис. 1.

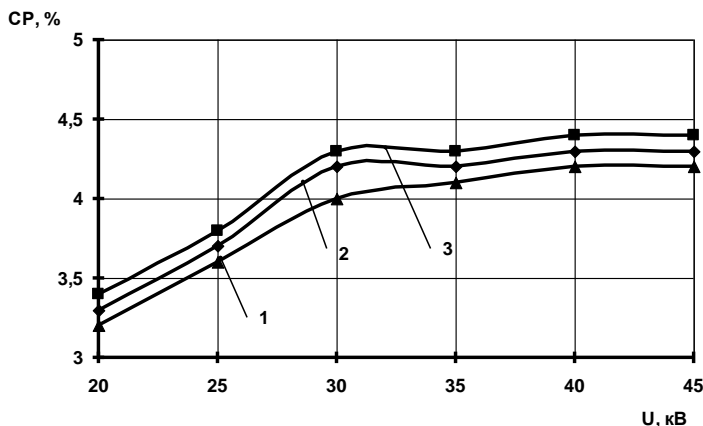


Рис. 1. Залежність вмісту сухих речовин від напруги розряду при обробленні водяної суспензії шишок хмелю 1 (крива 1), 2 (крива 2) і 3 (крива 3) електроіскровими розрядами

Аналіз наведених залежностей показує найбільшу динаміку накопичення сухих речовин при обробленні водяної суспензії шишок хмелю першим розрядом з напругою 30 кВ.

**Висновки.** Таким чином, експериментальним шляхом встановлено, що кількість сухих речовин в хмельовому екстракті при попередньому електроіскровому обробленні водяної суспензії шишок хмелю перед віброекстрагуванням залежить від напруги розрядів і кількості імпульсів. При цьому найбільша швидкість екстракції має місце при обробленні одним розрядом напругою 30 кВ. При дослідженні динаміки накопичення величини гіркоти показано, що при обробленні більш ніж одним електророзрядом величина гіркоти зменшується внаслідок зміни під дією електровибуху структури речовин, що формують величину гіркоти. При цьому раціональною напругою розряду можна вважати напругу розряду, що не перевищує 30 кВ, а бажана кількість імпульсів при обробленні складає 1.

## Математичне моделювання процесу сушіння культивованих грибів

Тетяна Бурлака, Юлія Запорожець, Тетяна Мучич  
 Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** У представленій роботі за допомогою диференціальних рівнянь проведено математичне моделювання кінетики процесу сушіння високовологих матеріалів. Отримані залежності дозволять в подальшому при використанні спеціалізованих обчислювальних пристроїв багаторазово вирішувати завдання розрахунку кінетики сушіння при зміні початкової вологості продукту.

**Матеріали і методи.** Основні теплообмінні і масообмінні характеристики сушіння одержані експериментальними методами у лабораторних умовах кафедри процесів і апаратів харчових виробництв Національного університету харчових технологій. Оброблення експериментальних даних і розрахунки було виконано із застосуванням сучасної інтегрованої системи MathCAD 14.

**Результати.** Математична модель процесу сушіння формулюється на основі узагальненого закону переміщення вологи, що враховує потік вологи, як у вигляді пари, так і у вигляді рідини, викликаний наявністю у вологому матеріалі градієнта вологості і градієнта температури.

Так як температура теплоносія в реальних умовах становить величину менше 80 °С, то явищем бародифузії і термовологопровідністю нехтуємо. Коефіцієнти поглинання, відбивання і пропускання променевого потоку будемо вважати постійними. Нехай щільність променевого потоку падаючого на частинку променевого потоку дорівнює  $q(\tau)$ :

$$q(\tau) = Aq(\tau)\exp(k(R - r))$$

У цих умовах процес сушіння описується системою диференціальних рівнянь в часткових похідних в сферичних координатах, що складається з диференціальних рівнянь тепло- і масопереносу для частки продукту.

$$\begin{cases} \frac{\partial T(r, \tau)}{\partial \tau} = a \left( \frac{d^2 T(r, \tau)}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dT(r, \tau)}{dr} \right) + \frac{\varepsilon r}{c} \frac{\partial W(r, \tau)}{\partial \tau} + \frac{Aq}{c\rho_0} \\ \frac{\partial W(r, \tau)}{\partial \tau} = a_m \left( \frac{d^2 W(r, \tau)}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dW(r, \tau)}{dr} \right) + a_m^r \left( \frac{d^2 T(r, \tau)}{dr^2} + \frac{2}{r} \frac{dT(r, \tau)}{dr} \right) \end{cases}$$

Система рівнянь вирішена методом інтегральних перетворень Лапласа. Розроблено програмний модуль розрахунку процесу сушіння високовологих матеріалів при конвективно-терморадіаційному режимі в системі MathCAD.

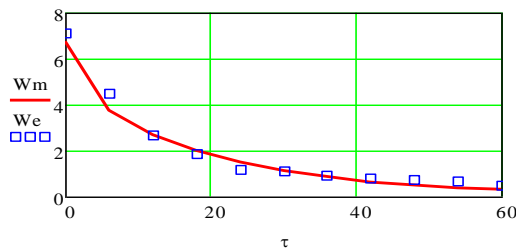


Рис. 1. Зміна вологовмісту культивованих грибів від часу

де  $W_e$  – експериментальні дані, кг/кг;  $W_m$  – розраховані дані, кг/кг;  $\tau$  – тривалість сушіння, хв.

Порівняльний аналіз розрахункових і експериментальних даних (рис. 1) показує хорошу збіжність: відхилення розрахункових даних від експериментальних даних не перевищувало 12,6%.

**Висновки.** Отримана система диференціальних рівнянь переносу разом з початковими й граничними умовами відображає в аналітичній формі основні риси досліджуваного процесу сушіння високовологих матеріалів, тобто є його математичною моделлю.

### Дослідження структурних змін культивованих грибів при конвективно-терморадіаційному сушінні

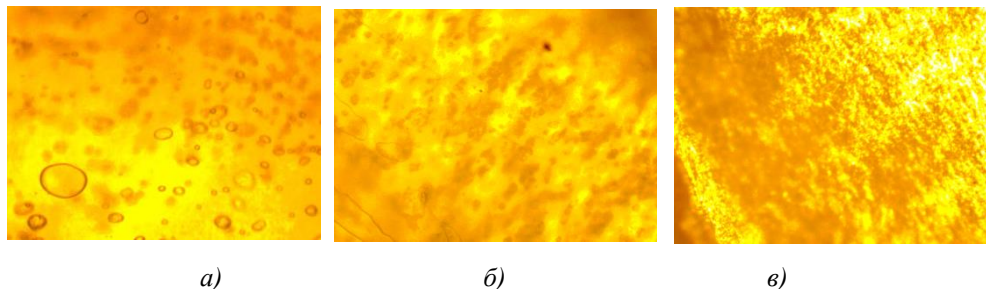
Лариса Зоткіна, Тетяна Бурлака

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Сушіння рослинної сировини, зокрема культивованих грибів, представляється у вигляді теплофізичного й технологічного процесів. Теплофізичний процес сушіння визначає переміщення тепла й вологи крізь товщину продукту, в той час коли технологічний являє собою сукупність процесів переміщення вологи й тепла, що супроводжуються хімічними, біохімічними й структурно-механічними змінами.

**Матеріали і методи.** Основні теплообмінні і масообмінні характеристики сушіння одержанні експериментальними методами у лабораторних умовах кафедри процесів і апаратів харчових виробництв Національного університету харчових технологій.

**Результати.** Складний процес сушіння культивованих грибів глива звичайна суттєво гальмується через надзвичайно високу еластичність і міцність структурних елементів рослинних клітин. Отже, механічне руйнування морфологічних частин культивованих грибів глива звичайна має сприяти процесу сушіння. Нами досліджено структуру грибної сировини за допомогою мікроскопа при 30-кратному збільшенні, під час впливу конвективно-йтерморадіаційного сушіння на цілісність і стан рослинних клітин. Результати наведені на *рис. 1* відбувається практично повна руйнація міцної структури культивованих грибів глива звичайна. Тобто фізичне порушення цілісності хітин, який перешкоджає засвоєнню біологічно активним речовинам організмом людини, розпадається. Відповідно такий режим є цілком достатнім для збереження біологічно активних речовин, в першу чергу, білків.



*Рис. 1* Структурні зміни культивованих грибів при конвективно-терморадіаційному сушінні: а) вихідна сировина; б) протягом 10 хв; в) протягом 20 хв.

Сушені гриби це напівфабрикат, який пропонується використовувати у складі перших та других обідніх страв, тому необхідно дослідити її відновлюваність та підготовку до споживання.

**Висновки.** Результати дослідження свідчать про те, що вже протягом максимум 20 хв. відбувається практично повна руйнація міцної структури культивованих грибів глива звичайна. Тобто фізичне порушення цілісності хітин, який перешкоджає засвоєнню біологічно активним речовинам організмом людини, розпадається. Відповідно такий режим є цілком достатнім для збереження біологічно активних речовин, в першу чергу, білків.

## Особливості екстрагування гірких речовин з хмелю

Ольга Розмеріця, Юлія Запорожець, Тетяна Бурлака

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

**Вступ.** Хміль – є незамінною і найдорожчою сировиною для виробництва пива. За складом своїх речовин хміль є унікальною рослиною і тому не має заміників. Він містить близько 100 сполук, які відносяться до гірких речовин, 70 поліфенолів, а також понад 320 ароматних речовин. Гіркі речовини хмелю є ціноутворюючими як найбільш специфічні і характерні для якості пива компоненти хмелю. Причому визначення вартості хмелю і, що навіть більш важливо, дозування його здійснюють за єдиним показником — вмістом альфа-кислот. В той же час для інтенсифікації, більш глибокого використання хмелю у пивоварінні необхідно враховувати і всі інші складові частини його гіркоти.

**Матеріали і методи.** Оброблення експериментальних даних і розрахунки було виконано із застосуванням сучасних інтегрованих систем MathCAD 14, CorelDRAW X4 та ін.

**Результати.** Гіркі речовини мають, поряд зі смаковими властивостями, дуже високу поверхневу активність і завдяки цьому разом з поліфенолами підвищують суттєвий показник якості пива — стійкість піни. Гіркі речовини також гальмують розвиток в пиві мікроорганізмів і цим сприяють вирішенню актуальної проблеми підвищення стійкості пива в процесі реалізації.

Метою експериментів було отримання залежності величини гіркоти в складі сухих речовин екстракту від аналогічних параметрів електроіскрових розрядів. Результати експериментів наведено на рис. 1.

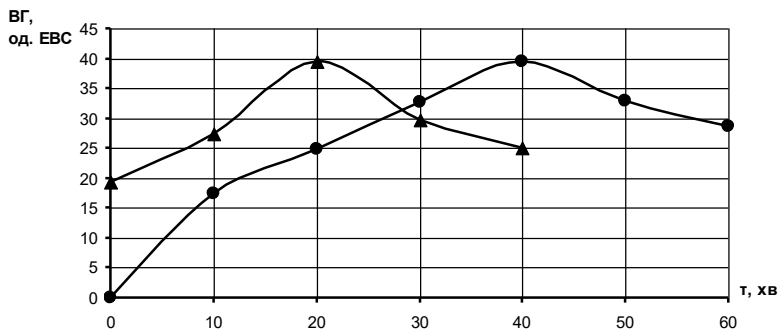


Рис.1. Зміна величини гіркоти в часі при сумісному впливі попередньої електроіскрової обробки сировини і низькочастотних механічних коливань на процес віброекстрагування:

▲ – сировина з попереднім обробленням; ● – сировина без попереднього оброблення

**Висновки.** При дослідженні динаміки накопичення величини гіркоти показано, що при обробленні більш ніж одним електророзрядом величина гіркоти зменшується внаслідок зміни під дією електровибуху структури речовин, що формують величину гіркоти.



## Визначення терміну зберігання сушених культивованих грибів

Тетяна Бурлака, Наталія Ткачук

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

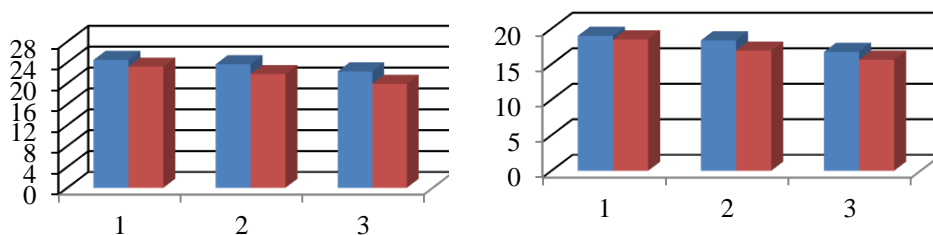
**Вступ.** Протягом останніх років в Україні спостерігається інтенсивний розвиток промислового виробництва штучно культивованих грибів. Проте лише 20 % грибів від загальної кількості вирощених надходить на переробку. Причинами, які стримують їх широке використання у виробництві та просування на споживчому ринку, є незначний термін зберігання і недостатня кількість технологій переробки.

**Матеріали і методи.** Основні теплообмінні і масообмінні характеристики сушіння одержанні експериментальними методами у лабораторних умовах кафедри процесів і апаратів харчових виробництв Національного університету харчових технологій.

**Результати.** Товарні особливості грибів насамперед характеризуються органолептичними й фізичними властивостями, однією з яких є харчова цінність. В експериментах була прийнята наступна експозиція зберігання: температура  $(18 \pm 3)^\circ\text{C}$  і відносна вологість повітря середовища 60...75% протягом 12 міс. у картонному, поліетиленовому та вакуумному пакуванні. Першим етапом досліджень було визначення зміни органолептичних показників під час зберігання протягом року.

Аналіз одержаних даних показує, що консистенція, зовнішній вигляд і колір напівфабрикату не змінюється протягом усього терміну зберігання. У цілому, можна констатувати, що в процесі зберігання напівфабрикату при температурі  $18^\circ\text{C}$  органолептичні показники якості залишилися на рівні початкового зразка.

Другим етапом роботи було експериментальне дослідження загального вмісту білка в сушених культивованих грибах глива звичайна під час зберігання протягом року *рис.1*.



*Рис.1.* Зміна вмісту загального білка протягом року в висунених культивованих грибах за температури  $40^\circ\text{C}$  та  $70^\circ\text{C}$  при різних способах сушіння: 1 – конвективно-терморадіаційним; 2 – терморадіаційним; 3 – конвективним.

**Висновки.** Внаслідок дослідження виявлено, що при температурі сушіння  $70^\circ\text{C}$  в вміст загального білка в висунених культивованих грибах зменшуються протягом року на 2,6% при конвективно-терморадіаційному способі, на 6,63 % при терморадіаційному способі і на 7,95% при конвективному способі сушіння. В той час коли при  $40^\circ\text{C}$  в вміст загального білка в висунених культивованих грибах зменшуються протягом року на 5,3 % при конвективно-терморадіаційному способі, на 7,98 % при терморадіаційному способі і на 10,6 % при конвективному способі сушіння.

## Дослідження ефективності попередньої обробки сировини перед віброекстрагуванням

Валерія Свинтак, Юлія Запорожець, Наталія Ткачук

Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

**Вступ.** Досліджено попередню обробку сировини електро-іскровими розрядами з подальшим екстрагуванням водою у безперервнодіючому віброекстракторі та встановлено, що даний спосіб дає можливість скоротити час екстрагування при незмінних якісних показниках екстракту. Процес екстрагування відноситься до масообмінних процесів і протікає за рахунок дифузії із зони з високою концентрацією в зону з низькою концентрацією до досягнення стану, коли швидкості переходу цільової речовини з рослинної сировини в екстрагент і навпаки є рівними.

**Матеріали і методи.** Основні теплообмінні і масообмінні характеристики сушіння одержанні експериментальними методами у лабораторних умовах кафедри процесів і апаратів харчових виробництв Національного університету харчових технологій.

**Результати.** Особливої уваги потребує більш детальне дослідження використання електроіскрового оброблення сировини перед віброекстрагуванням. Фізична суть електрогідродудару полягає в утворенні ударної хвилі в рідині при виникненні в ній спеціально сформованого імпульсного високовольтного електричного розряду. В процесі електроімпульсної обробки основна частина електричної енергії, що виділяється в каналі розряду, перетворюється в пружну енергію з надвисокою амплітудою імпульсних пружних хвиль, дія яких різко скорочує тривалість екстрагування і підвищує вихід біологічно активних речовин.

Метою проведення експериментів було порівняння накопичення загальних сухих речовин хмелю в екстрагенті – воді, при попередній обробці сировини та без попередньої обробки сировини. Результати дослідів наведено на рис. 1.

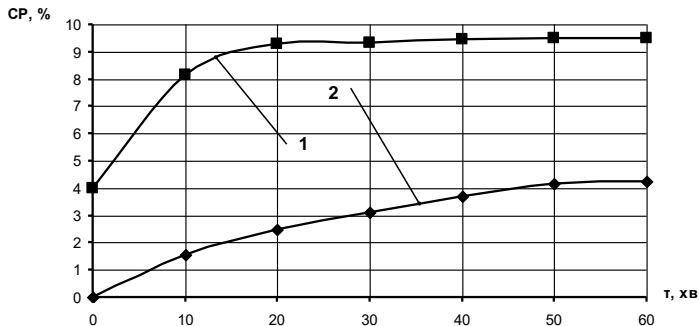


Рис.1 Вміст сухих речовин в екстракті при віброекстрагуванні:

1 – з попередньою обробкою сировини; 2 – без попередньої обробки сировини

**Висновки.** В результаті проведених досліджень можна зробити висновок, що попередня обробка сировини електроіскровими розрядами з подальшим екстрагуванням водою у безперервнодіючому віброекстракторі дає можливість скоротити час екстрагування від 40 до 20 хв. при незмінних якісних показниках екстракту. Що в свою чергу підкреслює переваги отримання водноізомеризованого екстракту, оскільки в цьому випадку можна отримати комплексний препарат, який містить не тільки водорозчинні гіркі речовини, а й весь комплекс речовин.

## Гігроскопічні властивості сушених культивованих грибів

Тетяна Бурлака

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Рівноважна вологість є однією з основних характеристик гігроскопічних властивостей культивованих грибів. Коли парціальні тиски парів біля поверхні матеріалу і в повітрі стають рівними настає стан динамічної рівноваги.

**Матеріали і методи.** Матеріали для огляду – публікації вітчизняних і зарубіжних авторів, патенти та результати власних експериментальних досліджень із розроблення ефективних способів сушіння високовологих матеріалів. Для дослідження використовувались свіжі культивовані гриби – глива звичайна. Основні теплообмінні і масообмінні характеристики сушіння одержували теоретичними та експериментальними методами, заснованими на класичних положеннях і законах.

**Результати.** Для того, щоб встановити умови зберігання культивованих грибів глива звичайна необхідно дослідити їх здатність поглинати вологу при різних значеннях відносної вологості повітря на протязі певного часу, результати досліджень яких представлені на рис. 1

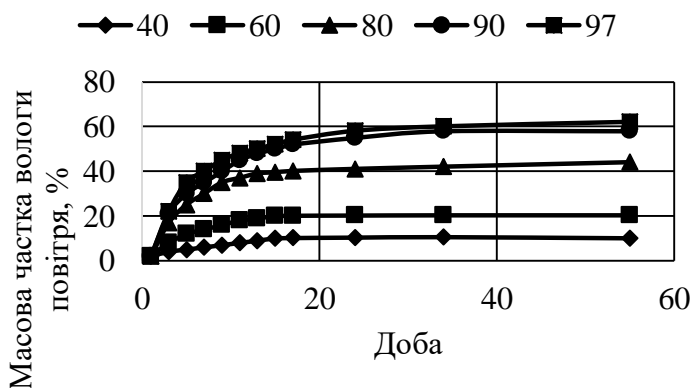


Рис. 1. Зміни масової частки вологи культивованих грибів глива звичайна під час зберігання

**Висновки.** Згідно результатів досліджень при відносній вологості повітря 40 % досягає постійної маси на 17 добу зберігання, при 60 % на 24 добу зберігання, що свідчить про встановлення рівноважної вологості. Вже при  $\phi = 60\%$  відбувається швидке поглинання вологи, яке значно збільшується при підвищенні  $\phi$  до 80 %. Навіть на 55 добу зберігання не досягає рівноважної вологості при відносній вологості повітря від 80% до 97 %.

### Література

1. Пат. 112348 України, МПК А 23 В 7/02 (2006.01). Радіаційно-конвективна сушильна установка / І. В. Дубковецький, І. Ф. Малєжик Т. В. Бурлака, Л. В. Стрельченко — № U 2014 11435, заявл. 20.10.14; опубл. 25.08.16, Бюл. №16.
2. Пат. № 136466 України, МПК (2019.01) F26B 3/30 (2006.01) F26B 3/20 (2006.01) F26B 9/06 (2006.01) F26B 21/00 A23B 7/02 (2006/01). Радіаційно-конвективна сушильна установка з тепловим насосом / І. В. Дубковецький, І. Ф. Малєжик, Л. В. Стрельченко, Т. В. Бурлака - № U 2019 00690, заявл. 23.01.19; опубл. 27.08.19, Бюл. №16.

# Section 18

## **Physical and mathematical principles of technological processes**

# Секція 18

## **Фізико-математичні основи технологічних процесів**

# 18.1.

## Physics

**Chairperson – associate professor Svitlana Litvynchuk**

**Secretary – associate professor Mykhailo Lazarenko**

# 18.1.

## Фізика

**Голова – доцент Світлана Літвинчук**

**Секретар – доцент Михайло Лазаренко**

## 1. Осмос

**Єфим Тагізада, Юлія Легкодух, Михайло Лазаренко**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Осмос досить широко використовують у лабораторній техніці при визначенні молярних характеристик полімерів, концентрування розчинів, дослідженні різноманітних біологічних структур. Осмотичні явища іноді використовуються в промисловості, наприклад при отриманні деяких полімерних матеріалів, очищенні високо-мінералізованої води методом «зворотнього» осмосу рідин. Також осмос суттєво впливає на існування живих клітин.

**Матеріали і методи.** Осмос – спонтанний перехід (однобічна дифузія) рідин через перегородку (мембрану) від чистого розчину (розчину меншої концентрації або розчинника) до насиченого розчину і зумовлений прагненням системи рідин до вирівнювання концентрацій розчину з обох боків мембрани. Також існує зворотний осмос. Зворотний осмос – це процес, в якому при певному тиску розчинник (зазвичай вода) проходить через напівпроникну мембрану з більш концентрованою в менш концентрований розчин, тобто в зворотному для осмосу напрямку. При цьому мембрана пропускає розчинник, але не пропускає деякі розчинені в ньому речовини.

**Результати.** Осмос зумовлений прагненням системи до термодинамічної рівноваги і вирівнювання концентрацій розчину з обох боків мембрани. Явище осмосу спостерігається в тих середовищах, де рухливість розчинника більша від рухливості розчинених речовин.

Осмос, спрямований всередину обмеженого об'єму рідини, називається ендосмосом, назовні – екзосмосом. Перенесення розчинника через мембрану зумовлене осмотичним тиском. Він дорівнює надлишковому зовнішньому тиску, який слід докласти з боку розчину, щоб припинити процес, тобто створити умови осмотичної рівноваги. Перевищення надлишкового тиску над осмотичним може призвести до спрямування процесу в протилежний бік – зворотної дифузії розчинника. У випадках, коли мембрана проникла не тільки для розчинника, але і для деяких розчинених речовин, перенесення останніх з розчину в розчинник дозволяє здійснити діаліз, вживається як спосіб очищення полімерів і колоїдних систем від низькомолекулярних домішок, наприклад електролітів.

Клітинний осмос – клітинні мембрани більш проникні для води ніж для більшості іонів, малих гідрофільних молекул та макромолекул. Така різниця великою мірою виникає внаслідок наявності в мембранах білків аквапоринів, що пропускають тільки молекули води. Якщо клітина перебуває в ізотонічному розчині (0,9% хлориду натрію або 5% глюкози для людських клітин), вона не втрачає і не набуває води. У гіперотонічному середовищі, тобто у середовищі з більшою осмолярністю, клітина зморщується внаслідок зневоднення, а в гіпотонічному навпаки – набухає, і якщо надходження води не вдається спинити, це призводить до розривання, осмотичного лізису клітини.

**Висновки.** Отже, осмос є важливим фізичним процесом, який широко використовується в людському житті та в забезпеченні існування живих клітин. Вирізняють два види осмосу: звичайний та зворотний. Звичайний осмос поділяють на два типи: ендосмас та екзосмас.

### Література

<https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3179/osmos>

## 2. Кліматичні комплекси – багатофункціональні прилади для фільтрації повітря

Ірина Горбенко, Михайло Лазаренко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** В умовах сучасної урбанізації дуже складно домогтися комфортного середовища для роботи та відпочинку. У великому мегаполісі повітря зазвичай не кращої якості. Найсильніше це відчутно в офісах та помешканнях з величезним скупченням народу, де буквально через годину стає нічим дихати. Особливо ця проблема актуальна спекотним літом, коли температура на вулиці додає додаткових незручностей. На допомогу людині приходить саме сучасне обладнання – кліматичний комплекс.

**Матеріали і методи.** Поняття «комплекс» означає, що об'єкт має кілька функцій, але основна – це функція очищення повітря. Розглянемо принцип роботи кліматичного комплексу, його типи та виявимо: для чого потрібні ці прилади.

**Результати.** Кліматичні комплекси – це комплекси з функціями обігріву, охолодження, зволоження, іонізації, очищення та вентиляції повітря, які можна використовувати протягом усього року. Кліматичний комплексом є багатофункціональний прилад, який створює оптимальний мікроклімат у приміщенні. Він не тільки чистить повітря від алергенів, пилу і суспензії, але і усуває неприємні запахи, дезодорує повітря, задає комфортну вологість. Опційно комплекси можуть комплектуватися аромасистемами, УФ-стерилізаторами, додатковими фільтрами і т.д. Такі пристрої застосовуються вдома, в офісах, медичних центрах.

Вода може поглинати гарячу пару, яка перебуває зверху. Поглинаючи тепло з повітря йде процес випаровування, при цьому  $O_2$  охолоджується. Як і в природі, коли гаряче повітря переміщається над водою, вода поглинає тепло з повітря і випаровується, повітря стає прохолодним. Кліматичний комплекс, працюючи на охолодження повітря, просто повторює собою цей природний процес у вигляді технології обробки повітря. Вода стікає по спеціальній матерії, зробленої у вигляді сот, гаряче повітря пропускається через цей водяний водоспад за допомогою потужних циліндричних лопатей і охолоджується за рахунок проходження через воду і процесу випаровування води. Таким чином, на відміну від штучно охолоджуваного повітря усіма іншими системами кондиціонування, і, зокрема, компресорного типу, кліматичний комплекс подає в приміщення постійний потік натурально охолодженого свіжого повітря.

**Висновок.** Кліматичні комплекси потрібні для запобігання поширенню хвороботворних вірусів, полегшення дихання алергіків (очищення повітря від алергенів), сухості чи лущення шкірних покривів. Кліматичний комплекс нейтралізує шкідливі фактори зовнішнього середовища.

### Література

1. [http://www.klimatvdomi.com/st\\_byt-teh-instr/st\\_klimaticheskij-kompleks-zalog-krepkogo-zdorovya-i-prekrasnogo-samochuvstviya\\_ua.html](http://www.klimatvdomi.com/st_byt-teh-instr/st_klimaticheskij-kompleks-zalog-krepkogo-zdorovya-i-prekrasnogo-samochuvstviya_ua.html)
2. [https://uk.wikipedia.org/wiki/Зволожувач\\_повітря](https://uk.wikipedia.org/wiki/Зволожувач_повітря)
3. <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/klimaticheskii-kompleks/>

### 3. Визначення енергоефективності й енергоощадності ламп у побуті

Олена Доценко, Михайло Лазаренко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Проблема енергозбереження та енергоефективності як в цілому для України, так і для місцевості, а особливо для родин, є однією з найважливіших. Це пов'язано з нестачею власних енергоресурсів та з постійним зростанням вартості електроенергії, що змушує нас економити. Енергетика України найбільш енерговитратна у світі.

**Матеріали і методи.** Найбільш поширеними побутовими лампами для освітлення є: лампи розжарювання, компактні люмінесцентні лампи, світлодіодні лампи. У кожній із них є свої переваги і недоліки. Тому перед нами стоїть завдання «експериментально-дослідним шляхом» визначити, які лампи найкраще використовувати в побутових умовах щодо енергоефективності та енергоощадності.

**Результати.** Дослідивши вибрані об'єкти, стало відомо їх переваги та недоліки.

Лампи розжарювання. *Переваги:* безперервний спектр випромінювання; низька ціна; відсутність пускорегулювальної апаратури; невисока чутливість до збоїв в живленні і стрибків напруги; відсутність токсичних компонентів; можливість роботи при будь-якому виді струму; можливість виготовлення ламп різної напруги. *Недоліки:* низька світлова віддача; відносно малий термін служби; крихкість, чутливість до удару і вібрації; різка залежність світлової віддачі і терміну служби від напруги; кидок струму при увімкненні; представляють пожежну небезпеку; нагрівання частин лампи вимагає термостійкої арматури світильників; світловий коефіцієнт корисної дії ламп розжарювання не перевищує 4%.

Люмінесцентна лампа (енергозберігаюча). *Переваги:* економічність у 5 разів вища, ніж у ламп розжарювання; термін служби 8-10 тис. годин; низька тепловіддача; рівномірність випромінювання; широка кольорова гама. *Недоліки:* зниження напруги призводить до відключення лампи; невелика потужність; чутливість до перепадів напруги; затримки при включенні ламп; залежність терміну служби від кількості перемикачів; складність утилізації; найшкідливіші з усіх типів ламп; відносно висока ціна.

Світлодіодна лампа (LED). *Переваги:* набирають повної яскравості зразу, без прогрівання; мають тривалий термін служби (до 50000 год); світильники з діодів дуже компактні; лампа майже не гріється; не містить шкідливих парів ртуті; не піддаються механічним пошкодженням. *Недоліки:* можуть мерехтіти; мають високу яскравість точкових джерел світла, тому дивитися прямо на них шкідливо для очей; висока ціна.

**Висновки.** Найбільш енергоефективні та енергоощадні є світлодіодні лампи. Проте енергозберігаючі лампи дорожче звичайних, і щоб така інвестиція окупилася, їх потрібно встановлювати в місцях, де вони будуть часто експлуатуватися. Так, якщо у приміщенні горить світло мінімум 5-6 годин на добу, то така заміна буде вигідною. Коли ж енергоефективну лампу встановити в кімнатах, де світло включається рідко і не на тривалий час, то економічного ефекту не буде. Тут можна обійтися і звичайною лампочкою. Отже, вибираючи енергоефективну лампу, передусім потрібно враховувати місце й умови її використання. Міняти можна лампочки від 60 Вт, заміна малопотужних ламп навряд чи коли-небудь окупиться. Обов'язково потрібно враховувати характеристики від виробника, переваги та недоліки ламп.



#### 4. Фізичні властивості рідких кристалів

Дар`я Благодир, Михайло Лазаренко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Розвиток сучасної науки і техніки неможливо уявити без систем обробки і відображення інформації. Зокрема, важливе значення має індикаторна техніка: від простого пристрою, що відображає два стійких стани системи до телевізійних екранів, великих екранів колективного використання, дисплеїв ЕОМ, що можуть відображати велику кількість інформації, яка швидко змінюється, і т.д.

**Матеріали і методи.** Дослідження з фізики рідких кристалів та їх застосування в даний час ведуться широким фронтом у всіх найбільш розвинутих країнах світу. Вітчизняні дослідження зосереджені як в академічних, так і галузевих науково-дослідних установах. На даний час використання нематичних рідких кристалів в техніці базується на їх оптичних властивостях, що робить їх досить перспективними середовищами для практичних використань в оптичних приладах.

**Результати.** Рідкий кристал – це проміжна фаза (мезофаза) між ізотропною рідиною і кристалічним твердим тілом. Рідкі кристали являють собою флюїди, молекули яких певним чином впорядковані, тобто існує певна симетрія. Як наслідок, існує анізотропія механічних, електричних, магнітних та оптичних властивостей речовин цього класу. Поєднуючи властивості рідин та твердих тіл (текучість, анізотропія), рідкі кристали проявляють специфічні ефекти, багато з яких не спостерігаються у рідинах та твердих тілах. Зокрема, в рідких кристалах спостерігається подвійне променезаломлення, флексоелектричний ефект, перехід Фредерікса.

Рідким кристалам притаманні незвичайні властивості. Зокрема, нематичні і смектичні є оптично одноосними кристалами. Холестеричним рідким кристалам внаслідок періодичності структури притаманне брегівське відбивання у видимій області. У нематиках і холестериках носієм властивостей є рідина (середовище легко деформується), тому вони надзвичайно чутливі до зовнішніх подразнень. Така мезофаза має властивості рідини, хоча і характеризується значною в'язкістю порівняно із нематиками. Енергія, необхідна для деформації рідкого кристала настільки мала, що найменше збудження (пил, неоднорідність поверхні) можуть сильно спотворити структуру. Тому, якщо рідкий кристал помістити між скляними пластинками в поляризаційний мікроскоп, то можна буде побачити складну оптичну картину. Наприклад, плівка нематика виявляє характерну ниткоподібну структуру, а смектика – дає конфокальну структуру. Ці структури корисні при оптичній ідентифікації мезофаз.

**Висновки.** Отже, рідкий кристал – це специфічний агрегатний стан речовини, у якому він виявляє одночасно властивості кристала і рідини, хоча, слід зазначити, що далеко не всі речовини можуть знаходитися у рідкокристалічному стані. Як результат, детальне дослідження рідких кристалів як з точки зору оптики, так і з точки зору новітніх інформаційних технологій, представляє надзвичайно великий інтерес для сучасної науки.

#### Література

1. Aphonin O.A., Nazvanov V.F. Light transmission, linear dichroism and birefringence of nematic/polymer dispersions // *Liquid Crystals*. – 1997. – V. 23. – № 6. – P.845–859.

## 5. Ультра- та інфразвуки й їх вплив на біологічні процеси

Кирил Муренко, Михайло Лазаренко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Для багатьох випадків практичного використання звуків велике значення мають звуки, в яких основна частина енергії зосереджена в області частот, що не сприймаються людським вухом. У зв'язку з цим окремо виділяють такі особливі типи збурень, як ультразвук та інфразвук.

**Матеріали і методи.** Ультразвуком називають механічні коливання пружного середовища з частотою, що перевищує верхню межу чутності 20 кГц. Поглинання ультразвуку супроводжується нагріванням середовища. Інфразвуком називають акустичні коливання з частотою нижче 20 Гц. Цей частотний діапазон лежить нижче порога чутності і людське вухо не здатне сприймати коливання зазначених частот.

**Результати.** Ультразвукові коливання, генеруючи ультразвуком низькочастотним промисловим устаткуванням, впливають на організм людини. Тривалий систематичний вплив ультразвуку, що поширюється повітряним шляхом, викликає зміни нервової, серцево-судинної й ендокринної систем, слухового і вестибулярного аналізаторів. Найбільш характерним є наявність вегето-судинної дистонії й астеничного синдрому. Характер змін, що виникають в організмі під впливом ультразвуку, залежить від дози впливу. Малі дози (рівень звуку 80–90 дБ) дають стимулюючий ефект – мікромасаж, прискорення обмінних процесів. Великі дози (рівень звуку 120 і більш дБ) дають вражаючий ефект.

Виробничий інфразвук виникає за рахунок тих же процесів, що і шум чутних частот. У повітрі інфразвук поглинається незначно. У зв'язку з цим він здатний поширюватися на великі відстані. Найбільшу інтенсивність інфразвукових коливань створюють машини і механізми, які мають поверхні великих розмірів, що роблять низькочастотні механічні коливання (інфразвук механічного походження) чи турбулентні потоки газів і рідин. Багато природних явищ – землетруси, виверження вулканів, морські бурі тощо супроводжуються випромінюванням інфразвукових коливань.

Дослідження біологічної дії інфразвуку на організм показали, що при рівні від 110 до 150 дБ він може викликати у людей неприємні суб'єктивні відчуття і численні реактивні зміни, до числа яких варто віднести зміни в центральній нервовій, серцево-судинній і дихальній системах, вестибулярному аналізаторі. Є літературні дані про те, що інфразвук викликає зниження слуху переважно на низьких і середніх частотах. Виразність цих змін залежить від рівня інтенсивності інфразвуку і тривалості дії фактора. Низькочастотні коливання з рівнем інфразвукового тиску, що перевищує 150 дБ, людина не в змозі перенести. Особливо несприятливі наслідки викликають інфразвукові коливання з частотою 2–15 Гц у зв'язку з виникненням резонансних явищ в організмі людини. Особливо небезпечною є частота 7 Гц, тому що вона може збігатися з ритмом біотоків мозку.

**Висновки.** Отже, можемо зробити висновок, що звуки, які знаходяться поза межею чутності слухового апарата людини, негативно впливають на її функціональність і взагалі несуть навіть летальні наслідки.

### Література

<https://osvita.ua/vnz/reports/bjd/22731/>

## 6. Визначення олеїнової кислоти у високоолеїновому соняшниковому насінні

**Аліна Сокол, Олександра Клюс, Інна Гуцало, Світлана Літвинчук**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** В даний час важливе значення у збереженні здоров'я людини набуває споживання продуктів здорового харчування високої якості, які забезпечують нормалізацію харчового статусу за рахунок надходження в організм необхідних білків, жирів і вуглеводів. Одним із основних елементів в структурі харчування населення є рослинні олії. Традиційною для нашої країни є соняшникова олія.

**Матеріали і методи.** Високоолеїнова соняшникова олія є кращою сировиною для виробництва борошняних кондитерських виробів, маргаринів і спреїв, фритюрного виробництва та рибоконсервної промисловості, оскільки, на відміну від звичайного соняшникової олії, містить меншу кількість поліненасичених жирних кислот. Внаслідок цього в процесі термічної обробки і гідрогенізації утворюється менша кількість шкідливих для здоров'я людини транс-ізомерів жирних кислот та інших речовин, що мають канцерогенні властивості.

**Результати.** Підвищений вміст олеїнової кислоти в насінні соняшника робить їх більш стійкими до впливу умов навколишнього середовища при зберіганні. За своїм жирнокислотним складом високоолеїнова соняшникова олія дуже наближена до оливкової олії, але за собівартістю вигідно відрізняється від останньої. Завдяки низькій собівартості та технологічним властивостям, високоолеїнова соняшникова олія в майбутньому може частково замінити не лише оливкову олію, але і тропічні олії, що застосовуються в харчовій промисловості.

Контроль вмісту олеїнової кислоти в олії соняшникового насіння є важливим показником для виробництва. Основним способом визначення вмісту цієї кислоти є хроматографічний. Проте він має ряд недоліків, а саме: тривалість і складність аналізу, необхідність застосування токсичних реактивів (метиловий спирт), висока вартість обладнання, необхідність проведення попередньої пробопідготовки, відсутність автоматизації процесу аналізу, певні вимоги до кваліфікації персоналу.

Враховуючи щорічне збільшення посівних площ високоолеїнового соняшника, гостро постає питання про розробку експрес-способів оцінки вмісту олеїнової кислоти. Серед сучасних фізико-хімічних методів її ідентифікації та оцінки якості найбільш ефективним і безпечним є експрес-спосіб визначення масової частки олеїнової кислоти в олії соняшникового насіння на основі методу інфрачервоної спектроскопії ближньої області (БІЧ), розроблений авторами роботи у Національному університеті харчових технологій.

**Висновки.** Розроблений спосіб визначення масової частки олеїнової кислоти в олії соняшникового насіння має такі переваги: неруйнівний (не вимагає вилучення олії з насіння), не вимагає проведення спеціальної пробопідготовки, виключає застосування токсичних хімічних реактивів, тривалість аналізу складає лише 2 хвилини, забезпечує високу наочність проби, а простота і автоматизація процесу аналізу знижує вимоги до кваліфікації персоналу лабораторії. Крім цього, слід зазначити, що визначення масової частки олеїнової кислоти в олії соняшникового насіння можна здійснювати одночасно з визначенням олійності та вологості.

## 7. Characterisation of sunflowerseeds cultivars based on NIR diffusion reflectance spectra of whole seeds and derived samples

Vika Zomchak, Inna Hutsalo, Svitlana Litvynchuk

*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Sunflower is a widely cultivated crop with many applications. It is cultivated mainly for oil production. It is possible to modify fatty acid composition in sunflowerseeds by breeding. Sunflower varieties cultivated for seed production and nutritional purposes can be divided into three groups according to polyunsaturated fatty acid composition: high oleic, but low linolenic acid; low oleic, but high linolenic acid; both fatty acids at comparable medium amounts. Reflection spectroscopy in near infrared (NIR) region is often used for qualitative and quantitative characterisation of food products and raw materials including oils and oilseeds

**Material and methods.** There are spectroscopic methods. Diffuse reflectance NIR spectra were recorded on the NIR spectrometer INFRAPID-61. The samples were scanned in cuvette with glass window holding approximately 50 of seeds when full. Each sample was measured five times. The spectra were converted and exported to Origin ver. 6.0 for further processing (smoothing, baseline correction and/or normalisation) and creation of graphical output.

**Results.** Consider the obtained NIR spectra of sunflower seed kernels. Sunflowerseeds oil is located in the kernel part inside the seed, so the NIR spectra of sunflowerseeds kernels should better detect the differences in oil composition for the cultivars of this study. The regions of 1st and 2nd overtones of CH stretching showed significant differences in intensities of the bands sensitive to composition of unsaturated acids in sunflowerseeds oil.

It was found that, like in the cases of whole seeds and kernels described above, the regions of 1st and 2nd overtones of CH stretching vibrations showed pronounced differences in the intensities of several bands.

In the spectra of oils have the main contribution from the oleic (C18:1), linoleic (C18:2) and linolenic (C18:3) acids respectively. All these acids are common in sunflowerseeds oil. The latter band was found to be sensitive to the oleic acid to linoleic acid ratio in flour and seeds; it became stronger compared to the first band when the proportion of linoleic acid increased. Therefore, the three bands mentioned above can be used for evaluation of the ratio between C=C and C-C in sunflowerseeds oil, which is contributed to the spectra of whole seeds. Partially, the relationship between these bands should indicate the differences in relative amounts of the corresponding unsaturated fatty acids.

Therefore, the ratio between intensities of these two bands determines the difference in relative amounts of the major polyunsaturated fatty acids in sunflowerseeds oil. In comparison with other spectroscopic methods, NIR spectroscopy has an advantage that it is able to check fatty acid composition in whole seeds. Therefore, multivariate analyses of NIR spectra at specific spectral region sensitive to fatty acid composition led to successful discrimination of whole seeds.

**Conclusions.** Obtained results confirmed that NIR spectroscopy can be used as effective tool in characterisation of the chemical composition of sunflowerseeds. These results contribute to characterisation of crop cultivars and estimation of their quality that is important for food processing. Use of NIR spectroscopy for quantitative estimation of the main sunflowerseed constituents like fats and proteins could be the subjects of future investigations.

## 8. Використання фізичних методів для оцінки якості молока та молочних продуктів

**Артем Литвиненко, Юлія Яснець, Світлана Літвинчук, Володимир Носенко**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** На сучасному етапі молочна промисловість Україні стоїть на досить високому рівні. Якість молока та молочних продуктів контролюють за багатьма показниками: біологічними, фізико-хімічними, санітарно-гігієнічними та технологічними (залежно від мети досліджень).

**Матеріали і методи.** На основі існуючих лабораторних приладів молокопереробних підприємств були досліджені різні сучасні методи аналізу вмісту жиру та білку. Методи, використані для досліджень: ультразвукові, електричні, спектральні або оптичні, в т.ч. світлові.

**Результати.** Ультразвуковий метод аналізу базується на вимірюванні швидкості поширення ультразвукових коливань в залежності від температури і складу молока (масових частин жиру та сухого знежиреного молочного залишку).

Електричні методи. Принцип дії приладів заснований на використанні діелектричних або кондуктометричних методів вимірювання. Перший метод використовує залежність діелектричної проникності молока від вмісту в ньому жиру; другий – різницю в електропровідності жиру і плазми молока.

Спектральні або оптичні методи. Метод інфрачервоної спектроскопії ґрунтується на частковій здатності компонентів молока поглинати ІЧ-випромінювання на певних довжинах хвиль. ІЧ-аналізатори для контролю складу молока працюють у діапазоні 2,5–12 мкм. Так, максимуми поглинання жиру спостерігаються при довжині хвилі 3,5 і 5,73 мкм, білку – 6,46, лактози – 9,6, води – 4,42 мкм.

Спектрофотометричний метод. Це метод Варбурга і Христіана, що ґрунтується на визначенні співвідношення величин поглинання при довжині хвилі 280 і 260 нм та дозволяє визначити вміст масової частки білка в доволі низькому діапазоні (до 0,5%). Через високу вартість обладнання та відсутність стандартизованих методик на практиці використовується рідко.

Рефрактометричний метод. Заснований на встановленні різниці показників заломлення променя світла після проходження його через молоко і одержаної з нього безбілкової сироватки при однакових умовах вимірювання. Метод достатньо простий. На визначення масової частки білка витрачається не більше 30 хв. Але в порівнянні з арбітражним методом відхилення за значеннями масової частки білка може досягати до 0,4 %.

Світлові методи: фотометричний, нефелометричний та флуоресцентний. Фотометричний метод базується на залежності оптичної густини від жирності молока, при цьому важливе дотримання певних вимог: світло розсіюється лише жировими кульками, які мають однаковий розмір або дуже малі; товщина шару молока, що аналізується, і його температура не змінюється. Нефелометричний метод базується на залежності величини розсіяного світлового потоку від жирності молока. Флуоресцентний метод заснований на вимірюванні інтенсивності флуоресценції жирової фази молока при опроміненні їх світлом.

**Висновки.** Виходячи з результатів досліджень, можна зробити висновок, що при визначенні вмісту жиру та білку на вітчизняних переробних підприємствах застосовуються далеко не всі методи, а особливо фізичні, які мають велику перспективу для лабораторних досліджень.

## 9. Способи опромінення м'яса та м'ясопродуктів

**Вікторія Коновалова, Крістіна Гуленко,  
Світлана Літвинчук, Інна Гуцало, Галина Шатковська**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Актуальною задачею у технології м'яса та м'ясопродуктів є інтенсифікація різних технологічних процесів, підвищення виходу та поліпшення якості готової продукції, удосконалення існуючої технології і техніки, раціональне використання тваринної сировини.

**Матеріали і методи.** Поставлені завдання можна розв'язати саме за допомогою фізичних методів. Зокрема, за допомогою використання іонізуючих випромінювань, ультрафіолетових та інфрачервоних променів.

**Результати.** Іонізуючі випромінювання, такі, як катодні, рентгенівські та радіоактивні гамма-промені мають сильну бактерицидну дію, тобто забезпечують повну стерилізацію продукту за дуже короткий час. Обробка м'ясної сировини та готових виробів радіоактивними іонізуючими випромінюваннями протягом декількох десятків секунд призводить до знищення мікрофлори. Реалізація радуризації в промисловості дозволяє зберігати м'ясо, запаковане у герметичну тару при температурах близько 20 °С, без холодильника впродовж 1,5–2 років. Легко уявити, яка практична користь та економічний ефект виходить внаслідок використання радіоактивної обробки м'яса.

Іншим фізичним методом технологічної обробки м'ясопродуктів є ультрафіолетове опромінення. Стерилізуюча дія ультрафіолетових променів проявляється в основному на поверхні продукту (на глибині до 0,1 міліметра), що має особливе значення для м'яса, яке відразу після забою усередині не має мікробів і промислово стерильно, але зовні вже обсіменено небажаною мікрофлорою. Тому ультрафіолетові лампи найчастіше використовують для опромінення туш м'яса, призначених для тривалого зберігання. Також застосовують ультрафіолетове опромінення і для стерилізаційної обробки ковбас, води, повітря та розсолів.

Відомо, що за допомогою інфрачервоних променів можливе нагрівання та навіть запечення продуктів. Комплексні дослідження по вивченню теоретичних характеристик і кінетики процесів теплової обробки м'ясопродуктів, а також вплив інфрачервоного випромінювання різного спектрального діапазону на фізико-хімічні, мікробіологічні і структурно-механічні властивості готових виробів дозволяють використати інфрачервону обробку для отримання запечених м'ясопродуктів типу шийки, карбонаду, м'ясних хлібців і деяких інших. При цьому досягається не лише скорочення загальної тривалості термообробки, але і високий вихід і якість виробів, а витрати на їх виготовлення значно знижуються.

У технології м'яса застосовують також і комбіновані методи, тобто обробляють продукт послідовно або одночасно двома фізичними методами. Наприклад, обробка м'яса надчастотним методом на перших стадіях та інфрачервоним випромінюванням на завершальній стадії смаження або одночасний нагрів шляхом конвекції гарячого повітря та інфрачервоним випромінюванням.

**Висновки.** Отже, застосування різних видів опромінення відкриває великі перспективи у технології м'яса та м'ясопродуктів. Такі способи обробки дозволяють по-новому побудувати технологічний процес, значно прискорити його, підвищити вихід продукту і поліпшити його якість.

## 10. Використання електрофізичних методів у технології м'яса та оцінки його якості

Ірина Яковенко<sup>1</sup>, Світлана Літвинчук<sup>1</sup>, Сергій Тарасенко<sup>2</sup>

*1 – Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

*2 – Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна*

**Вступ.** Завжди актуальним питанням харчової і, зокрема, м'ясної промисловості є оцінка та покращення якості продукції, а також забезпечення тривалого зберігання готових виробів.

**Матеріали і методи.** У роботі аналізується електрофізичний метод оцінки якості м'яса, що полягає у вимірюванні електроємності заповненого дослідним зразком конденсатора. Також розглянуто використання у технології м'яса діелектричного нагріву, струмів високої частоти та електромагнітних полів надвисоких частот.

**Результати.** Метод оцінки якості м'яса полягає у вимірюванні електроємності конденсатора, заповненого м'ясним продуктом, на частоті 50-100 кГц. За отриманим значенням електричної ємності робиться висновок про якість зразка. Отримання низького значення електроємності конденсатора, заповненого м'ясом, свідчить про високу якість, його високу водоутримуючу властивість та малий вміст вільної вологи. Таке м'ясо доцільно переробляти на копчені чи в'ялені м'ясні чи ковбасні вироби, оскільки воно має менше вільної вологи та її важко випарувати. Також таке м'ясо рекомендують направляти на виробництво варених ковбас, оскільки під час технологічних процесів можна додати більше води, яка утримається білками м'яса.

М'ясо, що дає вищу електроємність під час вимірювання у конденсаторі, має більше вільної вологи, меншу водоутримуючу властивість, нижче значення рН. Під час соління таке м'ясо поглинає менше вологи, бо її вже має. Це м'ясо вважають низької якості. Вихід м'ясного чи ковбасного виробу з такого м'яса буде нижчим, ніж з м'яса високої якості. Тому його реалізують населенню через роздрібну торгівлю.

У м'ясній технології використовується діелектричний нагрів, при якому електрична енергія перетворюється в теплову у результаті складних поляризаційних процесів на молекулярному рівні, що дає можливість прогрівати продукт одночасно по всьому об'єму в дуже короткий час. Так 1 кілограм фаршу при виготовленні м'ясних хлібів можна нагріти за 3–5 хвилин до 70 °С. Електричний нагрів простий у застосуванні та конструкторському виконанні, а також є економічним. Він використовується для варіння м'ясних фаршів, паштетів і ліверних ковбас. З цією ж метою застосовують індукційний нагрів, струми високої частоти і електромагнітні поля надвисоких частот. Цікаво відмітити, що НВЧ-нагрівання має переваги перед традиційними способами, що полягають як в швидкості та рівномірності прогрівання продукту по всьому об'єму, так і у високому стерилізуючому ефекті. При ВЧ-та НВЧ-обробці загибель мікроорганізмів відбувається не лише завдяки об'ємному нагріванню, але у багатьох випадках і в результаті прямої дії випромінювання на мікробні клітини. У силу цих обставин ВЧ-нагрів можна використати не лише для варіння м'ясопродуктів, розморожування сировини, зневоднення рідких середовищ і сублимаційної сушки, але і для стерилізації консервів і пресервів.

**Висновки.** Отже, за допомогою використання електрофізичних методів можна удосконалити як технологію м'яса, так і швидко оцінити його якість.

### Література

<http://library.nuft.edu.ua/ebook/file/shapovalIT%D0%94.pdf>

## 11. Ємнісний перетворювач для гранулометричного контролю

Микита Євсєєнко<sup>2</sup>, Дмитро Кравцов<sup>2</sup>, Світлана Літвинчук<sup>1</sup>,  
Володимир Носенко<sup>1</sup>, Сергій Тарасенко<sup>2</sup>

1 – Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

2 – Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна

**Вступ.** Динамічний контроль присутності домішок в транспортованій речовині потребує особливих вимог до стабільності, точності та перешкодозахищеності не тільки вторинних, а й первинних вимірювальних перетворювачів.

**Матеріали і методи.** Розроблялися конструкції нового класу триконтактних вимірювальних систем на основі теореми Лемпрда-Гомсона, де підключення реалізуються трьома з'єднувальними лініями, що в сукупності дозволяє досягти найвищих метрологічних параметрів серед сучасних електричних систем. В розрахунку застосовувались метод конформних перетворень, метод безпосереднього визначення напруженості поля, еліптичні інтеграли, теорема Гауса.

**Результати.** Ємнісний вимірювальний перетворювач складається із трьох кільцеподібних електродів, що разом з трубою утворюють порожнистий квазіциліндр. Він має постійний поперечний переріз для зменшення налипань на електроди контрольованої речовини та уникнення механічних спотворень її потоку.

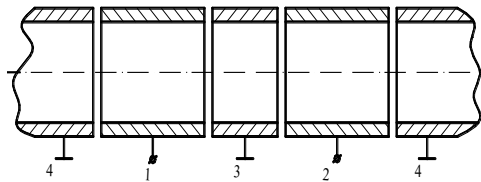


Рис. 1. Проточний ємнісний триконтактний датчик, поздовжній осьовий переріз (електроди 1, 2 – вимірювальні, 3 – екранний, 4 – трубопровід)

Якщо вимірювати часткову ємність між електродами 1 і 2 (коли ізольовані від них електрод 3 і трубопровід заземлені), то можливі випадки нечутливості датчика до окремих зон контрольованої речовини в поперечному перерізі труби. Для уникнення цього необхідно знати закон розподілення інтенсивності електричного поля пристрою в поперечному перетині труби. Відповідно був проведений розрахунок ємності між вимірювальними електродами половини датчика відносно його осі. Для цього площина комплексного змінного була відповідно конформно відображена на півплощину іншого комплексного змінного зі збереженням відповідності аналогічних точок вихідної та відображеної площин.

При використанні функції гіперболічного тангенсу  $\text{th}(x)$  та вказаних вище методів розрахунку у представленій моделі була визначена часткова (на одиницю довжини між електродами 1 і 2) ємність:

$$C = \frac{\varepsilon}{\pi} \ln \frac{(a_1 + a_2)^2}{4a_1a_2} . \quad (1)$$

Аналізуючи зміну ємності та електричного поля в поперечному перерізі датчика для виключення зон нечутливості поля в трубі, було встановлено, що найбільш рівномірне вимірювальне поле в поперечному перерізі труби – коли довжина заземленого електроду 3 вздовж осі датчика дорівнює 0,3 діаметру трубопроводу.

**Висновки.** Розроблений первинний вимірювальний перетворювач відповідає потребам динамічного прецизійного контролю в трубопроводах не тільки інтегральних, але й диференціальних (гранулометричних) параметрів речовин.



## 12. Контроль параметрів харчової продукції за допомогою нового класу ємнісних вимірювальних перетворювачів

Микита Євсєєнко<sup>2</sup>, Дмитро Кравцов<sup>2</sup>, Світлана Літвинчук<sup>1</sup>,  
Володимир Носенко<sup>1</sup>, Сергій Тарасенко<sup>2</sup>

*1 – Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

*2 – Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна*

**Вступ.** На основі використання нового класу традиційно нестабільних ємнісних систем з'являється можливість надточного та надстабільного і високочутливого контролю, включаючи гранулометрію та структурні зміни продуктів в часі.

**Матеріали і методи.** Новий різновид ємнісних вимірювальних перетворювачів – високочутливі та високостабільні триконтактні системи – дозволяють розв'язати проблему ефективного високоточного гранулометричного (в потоці контрольованої речовини) складу та параметрів сторонніх домішок в ній. Цього можна досягти на основі використання теореми Лемпарда–Томсона, на базі якої побудовані найточніші з первинних електричних еталонів передових країн світу.

**Результати.** В перетворювачах на основі Лемпарда–Томсона ємність вперше не залежить від форми електродів та відстані між ними (а визначається тільки довжиною чотирьох електродів, які утворюють квазіциліндр). Вперше вихідний сигнал в електроємнісній системі електродів практично не залежить від наявності на них помірних плівок окислів і бруду (як залишків на електродах раніше контрольованих продуктів), а також від певної неточності встановлення електродів.

За умови використання ефекту М.М. Горбова стає можливим в подібних системах з “перехресними” ємностями на пласкому транспортері при транспортуванні продукту роздільно контролювати його склад і кількість. Відповідний первинний вимірювальний перетворювач не спотворює контрольований потік речовини, бо в середині такого датчика немає ніяких електродів. Перетворювач представляє собою три електрично ізольовані між собою циліндричні електроди як частини труби. Середній електрод, як і трубопровід, заземлений, а два інші електроди – вимірювальні. Їх довжина повинна бути не меншою за діаметр труби. Довжина середнього електроду для забезпечення максимуму чутливості вздовж осі датчика, одночасно із забезпеченням максимально рівномірної чутливості датчика в поперечному перерізі трубопроводу, має бути 0,3 діаметра труби.

Експериментальне дослідження розподілу електричного поля в такому датчику показало його певну неоднорідність біля стінок труби. Тому була розроблена модифікація перетворювача для можливостей гранулометричного контролю, коли досліджуються склад і розмір частинок домішок в потоці. Виявилось, що при збільшенні діаметра електродів на 30% поле в поперечному перерізі трубопроводу повністю рівномірне. Але виникає додатковий кільцеподібний простір датчика над діаметром труби. Для збереження отриманого характеру розподілу вимірювального поля всередині трубопроводу його слід заповнити допоміжною речовиною. В найпростішому випадку – це контрольована речовина без домішок. І внутрішня циліндрична поверхня утвореного кільця має бути обмежена діелектричною трубою.

**Висновки.** На основі розроблених нами конструкцій проточних ємнісних циліндричних вимірювальних перетворювачів можна проводити високоточний, так званий, інтегральний контроль складу транспортованої в трубопроводі речовини. Але їх різновиди дозволяють також проводити і гранулометричний (диференціальний) контроль складу або розмірів частинок домішок в такій речовині.

### 13. Виявлення фальсифікованого меду цукровим сиропом методом ЯМР

**Катерина Андрієнко, Тетяна Громик, Володимир Вишняк**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Мед розглядається споживачами як природний та справжній продукт. Він використовується не лише у вигляді столового меду в домашніх господарствах, а також має важливе значення як інгредієнт у харчовій та косметичній промисловості.

**Матеріали і методи.** Завдяки унікальним можливостям "все в одному" спектроскопія високої роздільної здатності 1H-ЯМР (ядерний магнітний резонанс) у поєднанні з багатовимірною статистичною хемометрією є потужним інструментом для визначення достовірності та якості меду. Honey-Profiling може виявити кілька сотень сполук у пробі меду одночасно, які використовуються для характеристики меду за допомогою всеосяжної бази референтних медів.

**Результати.** На жаль, мед є одним із найбільш часто фальсифікованих харчових продуктів у всьому світі. Наслідки шахрайства з продовольством руйнівні, оскільки репутація харчових компаній, регіонів чи країн погіршуються, а довіра споживачів знижується. Найпоширеніші форми шахрайства з медом – це навмисне додавання цукрових сиропів та помилкова декларація про географічне походження чи ботанічну різноманітність. Оскільки шахрайські практики стають все більш досконалими і шахраї можуть ухилятися від виявлення за допомогою класичної та цілеспрямованої аналітики, зростає потреба у нових та нецільових методах контролю справжності харчових продуктів.

За допомогою ЯМР можна виявити екзогенні цукри, перевірити країну походження, проаналізувати склад, а також параметри якості та свіжості.

#### Параметри, які кількісно оцінюються в меді за допомогою Honey-Profiling™ 2.0

Цукри	Кислоти	Амінокислоти	Ферментація	Маркери
Фруктоза	Лимонна к-та	Аланін	2,3-бутандіол	3-фенілмолочна к-та
Глюкоза	Яблучна к-та	Аспарагінова к-та	5-ГМФ (5-HMF)	Дігідроксіацетон (DHA)
Цукроза	Хінна к-та	Глутамін	Оцтова к-та	Метилглюкосал (MGO)
Тураноза		Лейцин	Ацетоїн	Кінуренова к-та
Мальтоза		Пролін	Етанол	Шикімова к-та
Мелезітоза		Валін	Молочна к-та	
Мальтотріоза		Тирозин	Мурашина к-та	
Генціобіоза		Фенілаланін	Фумарова к-та	
Рафіноза			Бурштинова к-та	
Маноза				

Для дослідження методом ЯМР були відібрані чотири зразки натурального бджолиного меду українського походження, а також один спеціально підготовлений фальсифікований зразок меду. Фальсифікат був отриманий шляхом підгодівлі бджіл цукровим сиропом під час медозбору.

**Висновки.** До переваг методу можна віднести: комплексний скринінг автентичності одним методом, виявлення наявності зовнішніх цукрів за багатьма маркерами, незалежними від джерела цукру (цукрової тростини, буряка тощо).

#### Література

1. Chenxi He, Yun Liu, Huili Liu, Xin Zheng, Guiping Shen, Jianghua Feng. Compositional identification and authentication of Chinese honeys by 1H NMR combined with multivariate analysis // Food Research International. 2020. 130. 108936.
2. [https://www.bruker.com/fileadmin/user\\_upload/8-PDF-Docs/MagneticResonance/NMR/Food/foodscreening-honey\\_T172135.pdf](https://www.bruker.com/fileadmin/user_upload/8-PDF-Docs/MagneticResonance/NMR/Food/foodscreening-honey_T172135.pdf)

#### 14. Ідентифікація меду за допомогою інфрачервоної Фур'є-спектроскопії (FTIR)

Анна Веберова, Маргарита Сергієнко, Володимир Вишняк, Світлана Літвинчук  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Мед є природним продуктом дуже високої поживної цінності. Він виробляється медоносними бджолами в процесі збору нектару (квітковий), а також солодких виділень рослин (падевий) та подальшої переробки і зберігання у сотах.

**Матеріали і методи.** В даній роботі були досліджені десять зразків натурального бджолиного меду врожаю 2019 року та спеціально підготовленого фальсифікату на компактному інфрачервоному Фур'є-спектрометрі ALPNA II фірми Bruker. Пасіка територіально була розміщена в Києво-Святошинському районі Київської області.

**Результати.** Метод інфрачервоної Фур'є-спектроскопії (Fourier Transform Infrared Spectroscopy – FTIR) є потужним інструментом дослідження продуктів харчування, зокрема меду.

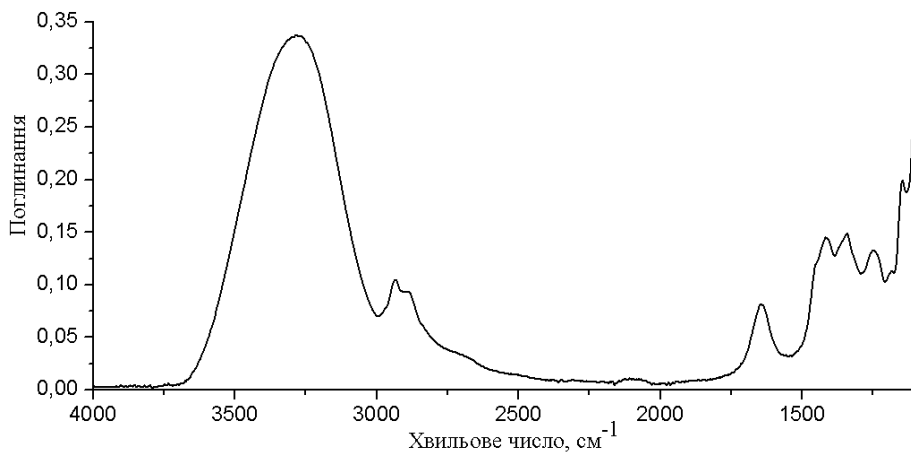


Рис. 1. Типовий ІЧ спектр поглинання натурального бджолиного меду

У наш час попит на екологічно чистий мед серед населення поступово зростає. Мед привертає увагу споживачів як додатковий та альтернативний лікувальний засіб. Він також цінується споживачами як солодка речовина природного походження.

Характеристики меду залежать насамперед від ботанічного походження нектару. Мед по суті є концентрованим водним розчином інвертованого цукру, але він також містить дуже складну суміш інших сахаридів, білків, ферментів, амінокислот, органічних кислот, вітамінів та мінералів. Фруктоза та глюкоза – це найбільш переважаючі цукри, які визначають більшість фізичних, хімічних та харчових особливостей меду.

**Висновки.** В даному дослідженні було показано, що можливо відрізнити інфрачервоні спектри, отримані на ІЧ-Фур'є спектрометрі натурального бджолиного меду, від спектру зразка фальсифікованого меду розчином цукру.

#### Література

Anne Stöbener, Uta Naefken, Joscha Kleber, Andreas Liese. Determination of trace amounts with ATR FTIR spectroscopy and chemometrics: 5-(hydroxymethyl) furfural in honey// Talanta. 2019. 204. P. 1-5.

## 15. Контроль якості меду за допомогою Фур'є спектрометра ближнього інфрачервоного діапазону

**Вікторія Самарська, Дар'я Головач, Володимир Вишняк**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Дослідження були проведені з метою перевірки та удосконалення експрес-методики для визначення основних параметрів якості бджололиного меду (сахароза, глюкоза, фруктоза, 5-НМФ, вміст вологи).

**Матеріали і методи.** В даній роботі контроль якості меду здійснювався за допомогою Фур'є спектрометра ближнього інфрачервоного діапазону. Зразки натурального меду були відібрані на пасіці, що була територіально розміщена в Києво-Святошинському районі Київської області (після цвітіння акації та липи).

**Результати.** Мед з давніх давен використовувався як харчових продукт, що має лікувальні та імуностимулюючі властивості. Мед у своєму складі в основному містить вуглеводи, а інші компоненти в невеликій кількості, зокрема білки, амінокислоти, ліпіди, органічні кислоти, мінерали та вітаміни. Це природний солодкий харчовий продукт, що виробляється бджолами *Apis mellifera*, які збирають нектар з рослин, а потім виготовляють з нього мед після серії специфічних процесів. Мед має різні структурні відмінності в залежності від регіону, де він виготовляється, типу бджіл, кліматичних умов, рослинності, умов зберігання та наявності будь-якої фальсифікації під час його виробництва.

Дослідження меду до сьогодення проводяться з використанням традиційних методів, які здебільшого зосереджені на визначенні географічного та ботанічного походження, контролю якості та виявлення фальсифікату. В той же час, аналітичні методи, що застосовуються в даних дослідженнях, є довготривалими в часі та передбачають застосування досить складних процедур в процесі підготовки зразків, використання токсичних хімікатів та кваліфікованого персоналу для проведення вище перерахованих аналізів. Отже, сучасні методи не можуть задовольнити постійно зростаючі вимоги, що стосуються якості меду та реалізувати порівняно недорогі і, як наслідок, доступні для широкого загалу способи вирішення актуальних задач сьогодення.

У зв'язку з потенційним ризиком невірної маркування продукції бджільництва та наявністю підробок в роздрібній торгівлі, з метою пошуку нових, простих та економічних рішень, що спрямовані на визначення параметрів показників якості меду, науковці розробляють нові методи досліджень. Один із привабливих варіантів – інфрачервона спектроскопія, яка надає швидко інформацію про компоненти продуктів харчування, в той же час не вимагає складної процедури підготовки зразка. Використання інфрачервоної спектроскопії дозволяє успішно знаходити рішення для задач, які стосуються контролю якості та безпечності харчових продуктів, а також отримувати унікальну інформацію про біохімічний склад харчових продуктів.

**Висновки.** Інфрачервона спектроскопія зарекомендувала себе як ефективний, неруйнівний (зразки повністю зберігають свої властивості) метод експрес-аналізу меду, що потребує порівняно невелику кількість зразка (близько 15-20 г).

### **Література**

Anina Guelpa, Federico Marini, Anton du Plessis, Ruhana Slabbert, Marena Manley. Verification of authenticity and fraud detection in South African honey using NIR spectroscopy // *Food Control*. 2017. 73. P. 1388-1396

## 16. Інфрачервона спектроскопія дифузного відбивання порошкоподібних харчових сумішей на основі білого цукру

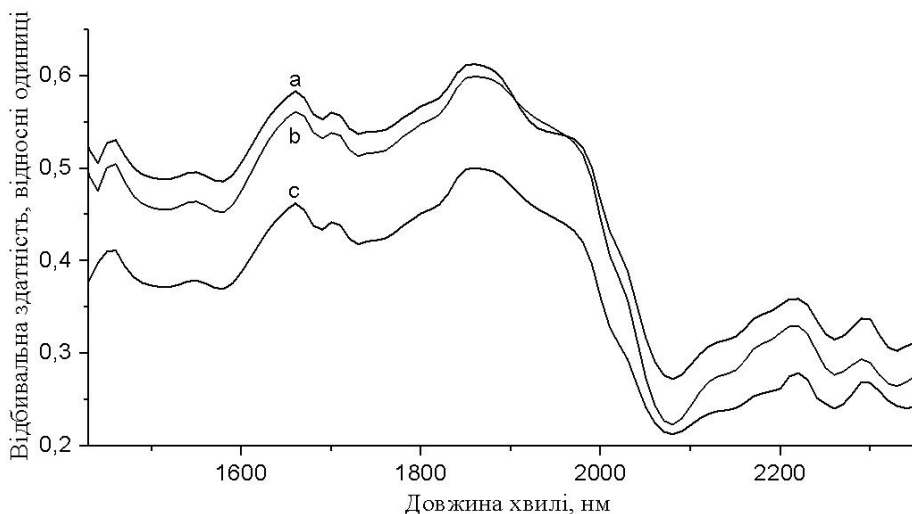
Яна Ярошинська, Анастасія Склярова, Дмитро Чижук, Володимир Вишняк  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Харчова промисловість потребує сучасних, надійних та швидких засобів діагностики продуктів харчування. Одним з перспективних шляхів вирішення даної актуальної задачі є застосування інфрачервоних спектрометрів відбивання.

**Матеріали і методи.** За допомогою приладу «Infrapid-61» були отримані інфрачервоні спектри дифузного відбивання порошкоподібних сумішей, до складу яких входив цукор білий, імбир, кардамон, перець чорний, кориця тощо.

**Результати.** Метод інфрачервоні спектроскопії відбивання ідеально підходить для неруйнівного та безконтактного тестування продуктів харчування. Інфрачервоні спектрометри успішно вирішують задачі, пов'язані з перевіркою якості, та забезпечують швидкий багатокомпонентний аналіз досліджуваних зразків. Такі прилади є потужним інструментом моніторингу фізико-хімічних процесів.

Даний підхід в наш час все більше застосовується при дослідженні харчових порошкоподібних сумішей, гранул, винограду, картоплі, оливок, суспензій та багатьох твердих речовин.



**Рис. 1.** Інфрачервоні спектри відбивання порошкоподібних сумішей харчових продуктів на основі білого цукру з додаванням: а – імбиру; b – кардамону, імбиру, чорного перцю; с – кориці, імбиру, кардамону, духмяного перцю

**Висновки.** Виявлені спектральні особливості дозволяють зробити висновок, що методом інфрачервоні спектроскопії дифузного відбивання можна здійснювати контроль багатокомпонентного складу порошкоподібних сумішей на основі білого цукру.

### Література

Celio Pasquini. Near infrared spectroscopy: A mature analytical technique with new perspectives – A review // *Analytica Chimica Acta*. 2018. 10265. P. 8-36.

## 17. Control of component composition of food powders by infrared spectroscopy

**Anna Veberova, Volodymyr Vyshniak, Svitlana Litvynchuk**  
*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Food manufacture is subject to many safety and quality regulations. Effective quality control is thus a preeminent consideration in the food industry in that it ensures customer satisfaction and safety are achieved as far as possible.

**Materials and methods.** This study aimed to establish a correlation between the obtained infrared spectra of diffuse reflection and powdered food mixtures. The subject of the study was selected dry powders of white sugar with impurities of cinnamon, bee pollen, mustard, pepper, ginger and the like.

**Results.** Nowadays, food nutrition and safety are gaining increasing public attention. Near-infrared spectroscopy, a rapid and nondestructive analysis technique with good reproducibility, has been widely applied for fast detection of food compositions and quality evaluation in food products to guarantee food safety and to provide technical support in food development.

Much of the primary studies of food powder mixtures were performed on an «Infrapid-61» infrared spectrometer. At the initial stage of the study, the reflection spectra of each component were obtained separately. Then the reflectance spectra of powders with different component composition were obtained. In the course of this study, the spectral features of the samples with different moisture content were also studied.

Infrared reflection spectra are determined by the chemical nature of the specimen and its morphology (dispersion). In this paper, it was shown that when the dispersion (crushing) of the sample changes, the profile of the spectrum is practically unchanged, the position of highs and lows is maintained, while the spectra change substantially in intensity.

This method also allows the detection and identification of the presence of foreign impurities in powdered food mixtures. Thus, it is possible to carry out current control directly at the production and to carry out quality control of ready-mixed powders in retail trade, as well as to check the conformity of marking. Sensitivity of infrared spectroscopy to the water content of the samples makes this method an indispensable tool for humidity control. The best results were obtained in the case of dry powders (dried to constant weight). In the presence of a large number of different components that were part of the food powder mixture, the interpretation of the results was somewhat complicated. In this case, additional instruments must be used to interpret the spectra accurately and uniquely.

**Conclusions.** The revealed spectral patterns make it possible to conclude that infrared spectroscopy can successfully control the component composition of food powders, control the moisture content and identify the foreign impurities.

### References

1. Angela Baronea, Jarka Glassey, Gary Montague. Towards online Near-Infrared spectroscopy to optimise food product mixing // *Journal of Food Engineering*. 2019. 263. P. 227–236.
2. Katarina Slettengren, Peggy Heunemann, Olivia Knuchel, Erich J. Windhab. Mixing quality of powder-liquid mixtures studied by near infrared spectroscopy and colorimetry // *Powder Technology*. 2015. 278. P.130-137.
3. Xichang Wang. Near-infrared spectroscopy for food quality evaluation // *Evaluation Technologies for Food Quality (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition)*. 2019. P.105-118.

## 18. Quality control of honey using infrared spectrometer

**Victoria Samarskaya, Darya Golovach, Volodymyr Vyshniak**  
*National University of Food Technology, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** These studies were conducted to test and improve the rapid methodology for determining the basic quality parameters of bee honey (sucrose, glucose, fructose, 5-HMF, moisture content).

**Materials and methods.** In this paper, honey quality control was performed using a Fourier Transform Near-Infrared (FT-NIR) Spectrometers. Samples of natural honey were taken from the apiary located in the Kyiv-Svyatoshinsky district, Kyiv region, after the acacia and linden blossoms.

**Results.** Honey has long been used as a food product that has healing and immunostimulating properties. It is a natural sweet food produced by the bees of *Apis mellifera*, which collects nectar from plants and then makes honey after a series of specific processes. Honey has different structural differences depending on the region where it is produced, the type of bees, climatic conditions, vegetation, storage conditions and the presence of any adulteration during its production.

Honey studies to date are mostly conducted using traditional methods, which are generally focused on defining geographical and botanical origin, quality control and counterfeit detection. At the same time, the analytical methods used in these studies are time-consuming and involve fairly complex procedures in the sample preparation process. Such methods require the use of toxic chemicals and require skilled work to perform the above analyzes. Consequently, standard methods of analysis may not always satisfy the ever-increasing demands on honey quality. Traditional methods of honey analysis can not implement relatively inexpensive, as a consequence, accessible to the public, ways to solve current problems of today.

Due to the potential risk of incorrect labeling of bee products and the presence of counterfeits in the retail industry, scientists are developing new research methods to find new, simple and cost-effective solutions to determine the parameters of honey quality indicators. One of the attractive options is infrared spectroscopy, as it provides fast information on the components of the food, but does not require a complicated sample preparation procedure.

The use of infrared spectroscopy makes it possible to successfully find solutions to problems related to quality control and food safety and to obtain unique information regarding their biochemical composition.

The obtained values of honey quality parameters in this experiment coincided within the margin of error with the results of studies obtained using traditional methods. This fact confirms the high reliability of the data obtained with FT-NIR Spectrometers.

**Conclusions.** Infrared spectroscopy has proven to be an effective, non-destructive (samples completely retain their properties) method of rapid analysis, which requires a relatively small amount of honey (about 15-20 g).

### Literature

1. Anina Guelpa, Federico Marini, Anton du Plessis, Ruhan Slabbert, Marena Manley. Verification of authenticity and fraud detection in South African honey using NIR spectroscopy // *Food Control*. 2017. 73. P. 1388-1396.
1. <https://www.bruker.com/products/infrared-near-infrared-and-raman-spectroscopy/ft-nir/tango>

## 19. Інтеграція навчальних дисциплін в контексті інформатизації освіти

**Софія Карплюк, Катерина Пістрик, Галина Шатковська, Світлана Літвинчук**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Інформатизація суспільства – це перспективний шлях до економічного, соціального та освітнього розвитку. Інформатизація освіти спрямовується на формування та розвиток інтелектуального потенціалу нації, удосконалення форм і змісту навчального процесу, впровадження комп'ютерних методів навчання та тестування, що надає можливість вирішувати проблеми освіти на вищому рівні з урахуванням світових вимог.

**Матеріали і методи.** Одним із важливих напрямків розвитку інформатизації освіти є нові комп'ютерні технології. Інтерактивність, інтенсифікація процесу навчання, зворотний зв'язок – помітні переваги цих технологій, котрі зумовили необхідність їх застосування у різних галузях людської діяльності, насамперед у тих, які пов'язані з освітою та професійною підготовкою.

**Результати.** Виникнення та розвиток інформаційного суспільства (ІС) припускає широке застосування інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в освіті, що визначається багатьма чинниками. *По-перше*, впровадження ІКТ у сучасну освіту суттєво прискорює передавання знань і накопиченого технологічного та соціального досвіду людства не тільки від покоління до покоління, а й від однієї людини до іншої. *По-друге*, сучасні ІКТ, підвищуючи якість навчання й освіти, дають змогу людині успішніше й швидше адаптуватися до навколишнього середовища, до соціальних змін. *По-третє*, активне й ефективне впровадження цих технологій в освіту є важливим чинником створення нової системи освіти, що відповідає вимогам ІС і процесу модернізації традиційної системи освіти.

Як свідчать дослідження вчених, основними напрямками формування перспективної системи освіти, що мають принципово важливе значення для України, яка нині перебуває на етапі складних економічних перетворень, є такі: підвищення якості освіти шляхом її фундаменталізації, інформування учнів і здобувачів про сучасні досягнення науки у більшому обсязі та швидшими темпами; забезпечення орієнтації навчання на нові технології ІС; забезпечення більшої доступності освіти для різних верств населення; підвищення творчого потенціалу освіти.

Інформатизація суспільства пов'язана, насамперед, з розвитком комп'ютерної техніки, різноманітного програмного забезпечення, глобальних мереж (Інтернет) та мультимедійних технологій. Існують різні способи застосування засобів мультимедіа в навчальному процесі, серед яких: використання електронних лекторів, тренажерів, підручників, енциклопедій; розробка ситуаційно-рольових та інтелектуальних ігор з використанням штучного інтелекту; моделювання процесів і явищ; забезпечення дистанційної форми навчання; проведення інтерактивних освітніх телеконференцій; побудова систем контролю й перевірки знань і умінь студентів (використання контролюючих програм-тестів); створення і підтримка сайтів навчальних закладів; створення презентацій навчального матеріалу; здійснення проектної і дослідницької діяльності здобувачів тощо.

**Висновки.** Використання засобів мультимедіа в освітньому процесі сприяє: підвищенню мотивації студентів до навчання; реалізації соціальної мети, а саме – інформатизації суспільства; інтенсифікації процесу навчання; розвитку особистості студента; розвитку навичок самостійної роботи з навчальним матеріалом; підвищенню ефективності навчання за рахунок його індивідуалізації.



## 20. Голографія, яка значно розширює область практичного використання хвильових явищ

Олександр Литвин, Вадим Карпишинець,  
Галина Шатковська, Світлана Літвинчук

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Методи голографії (запис голограми в тривимірних середовищах, кольорове і панорамне голографування і т.д.) знаходять все більшого розвитку. Вона може застосовуватися в ЕОМ з голографічною пам'яттю, голографічному електронному мікроскопі, голографічному кіно і телебаченні, голографічній інтерферометрії тощо.

**Матеріали і методи.** Ідея та принципи голографії, сформульовані Д. Габортом, народилася при розробці зовсім іншої проблеми – удосконалення електронного мікроскопа. Сутність ідеї полягала у фіксації повної інформації про предмет, причому інформації не тільки про амплітуду, але і про фазу світлової хвилі.

**Результати.** Голограми мають унікальну властивість – відновлювати повноцінне об'ємне зображення реальних предметів. На відміну від фотографії, голографічне зображення може відтворювати точну тривимірну копію оригінального об'єкта. Таке зображення з безліччю ракурсів, що змінюються зі зміною точки спостереження, має дивну реалістичність і часто не відрізняється від реального об'єкта. Сучасні голограми спостерігають при освітленні звичайними джерелами світла, і повноцінна об'ємність в комбінації з високою точністю передачі фактури поверхонь забезпечує повний ефект присутності. Голографія ґрунтується на двох фізичних явищах – дифракції та інтерференції світлових хвиль. Зафіксована на світлочутливій поверхні інтерференційна картина після прояву називається голограмою. Для того, щоб побачити зображення предмета, голограму необхідно просвітити тією ж опорною хвилею, яка використовувалася при її отриманні.

Голографічні зображення унікальних предметів мистецтва дають можливість «побачити» ці предмети одночасно багатьом людям у багатьох місцях. Уже зроблені експериментальні зйомки об'ємних голографічних фільмів. Можна відновлювати голограму, просвічуючи її когерентним випромінюванням, що має довжину хвилі, яка більше довжини хвилі випромінювання, за допомогою якого була отримана голограма. У цьому випадку розмір зображення буде більшим розміру предмета. На цьому заснована дія голографічних мікроскопів. Голографічний запис з використанням лазерного пучка дозволяє фіксувати вібрації і деформації, що виникають у різних вузлах і деталях працюючих машин. Ще одне технічне застосування голографії – кількісні дослідження повітряних потоків в аеродинамічних трубах. Голограми незамінні при виготовленні високоякісних репродукцій творів скульптури, музейних експонатів тощо. Водночас, можливість створення об'ємних зображень відкриває нові напрямки в мистецтві – образотворчу голографію і оптичний дизайн. Голограми широко використовуються в сувенірній продукції і в якості прикрас, а також у рекламі.

**Висновки.** Таким чином, виявляється, що матеріалізована об'ємна картина хвиль інтенсивності здатна відтворювати хвильове поле з усіма його параметрами – амплітудою, фазою, спектральним складом, станом поляризації і навіть зі змінами цих параметрів у часі. Слід відмітити, що прецедент об'єднання голографії і нелінійної оптики в динамічну голографію показує, що внесення ідей голографії в суміжні з нею галузі знань може призвести до появи абсолютно нових напрямків.

## 21. Вологість повітря. Вплив вологого середовища на живі організми

**Марина Грищенко, Наталія Медвідь, Михайло Лазаренко**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Газоподібна фаза води називається парою. Пара, яка знаходиться в термодинамічній рівновазі з рідиною, називається насиченою. Під вологістю повітря розуміють наявність у ньому водяної пари. Повітря, що містить водяну пару, називають вологим, а те, що не містить – сухим.

**Матеріали і методи.** Одним із способів визначення вологості повітря є метод точки роси. Точкою роси називають температуру, за якої наявна в повітрі водяна пара стає насиченою, що сприяє її конденсації на охолодженій поверхні. Визначити точку роси можна за допомогою гігрометра. Вологість повітря вимірюють спеціальними приладами – психрометром та гігрометром.

**Результати.** Вологість здатна змінювати ефекти температури: зниження вологості нижче деякої межі при даній температурі приводить до висушуючої дії повітря, що особливо впливає на деякі рослини. Якщо для водних організмів вода є середовищем їх життя, то для наземних рослин і тварин – необхідною умовою існування, оскільки без неї неможливі процеси метаболізму. Рослини і тварини повинні постійно підтримувати баланс між споживанням води організмом і випаровуванням, з одного боку, і наявністю вологи в оточуючому середовищі і її фактичним надходженням до організму – з іншого. Через те, що усі живі організми мають специфічну будову та фізіологію, вони потребують різної оптимальної вологості повітря.

Людський організм бере участь у таких процесах теплообміну як випаровування (через потовиділення), теплову конвекцію та теплове випромінювання. Перший процес суттєво залежить від вологості: при високих рівнях вологості повітря ефективність потовиділення тіла людини зменшується. Оптимальними рівнями відносної вологості для людини в домашніх умовах можна вважати діапазон від 30 % до 65-70 %, хоча рекомендований інтервал становить 30-50 %.

Вживання мікроорганізмів, що мешкають у повітрі приміщень, залежить від відносної вологості. Активність інфекційних бактерій та вірусів зводиться нанівець в інтервалі відносної вологості 40-70 %. Алергенні кліщі та гриби припиняють свою активність, якщо рівень відносної вологості не перевищує 50 %, тоді як максимальна активність спостерігається при 80 %.

Рослини мають надземну частину, що зазнає такі ж втрати води, як і тварина, але підземна частина має безпосередній контакт з середовищем, з якого постачається вода. Простір листка в районі продихів характеризується майже насиченим станом повітря, тоді як тиск водяної пари в атмосферному повітрі залежить від відносної вологості повітря та його температури. Якщо відносна вологість повітря підвищується, рівень транспірації зменшується, оскільки вода випаровується легше у сухе повітря, ніж у насичене.

**Висновки.** Вологість повітря є одним з найважливіших параметрів атмосфери, що характеризується абсолютною та відносною вологістю та чинить значний вплив на життєдіяльність різних організмів.

## 22. Явища електроосмосу та електрофорезу. Застосування в медицині

**Анна Воробей, Наталія Медвідь, Михайло Лазаренко**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Явища електрофорезу і електроосмосу належать до електрокінетичних явищ. Вони властиві дисперсним системам та виникають при накладанні поля постійного електричного струму або при русі дисперсійного середовища і дисперсної фази.

**Матеріали і методи.** Електроосмос та електрофорез – дуже схожі явища. Відмінність полягає лише у тому, що при електроосмосі відбувається перенесення рідини крізь пористі діафрагми і вузькі капіляри, а електрофорез базується на русі частинок дисперсної фази в електричному полі. Дані електрокінетичні явища напряму пов'язані з осмотичним тиском людини та здатністю поглинати лікарські препарати.

**Результати.** Було встановлено, що частки рухаються в електричному полі зі сталою швидкістю. Швидкість тим більше, чим вище різниця потенціалів і діелектрична постійність середовища, і тим менше, чим більше в'язкість середовища. Подвійний електричний шар можна розділити на два шари. Наявність просторово розділених електричних зарядів протилежного знака приводить до виникнення в подвійному шарі стрибка потенціалу, який розподіляється між адсорбційною і дифузійною частиною. Цю різницю потенціалу використовують у медицині.

Найпоширенішими методами лікування є гальванізація, лікарський електрофорез, внутрішньотканинний електрофорез. Гальванізація заснована на використанні постійного, незмінного по величині електричного струму низької напруги (до 60 В). При цьому порушується кислотно-лужна рівновага в шкірі.

Лікарський електрофорез – метод поєднаної дії на організм постійного електричного струму і лікарських речовин, введених за його допомоги. Обидва фактори впливають на організм в тісному взаємозв'язку, викликаючи специфічну для лікарської речовини на тілі дії постійного струму, як активного біологічного подразника. Методом електрофореза в організм частіше всього вводять ліки-електроліти, які дисоціюють в розчинах на іони і несуть електричний заряд.

Внутрішньотканинний електрофорез являє собою поєднання впливу на організм ліків, які вводяться традиційними фармакологічними способами і впливу постійного електричного струму на вогнище враження. Вплив постійного електричного струму на хворий орган призводить до переміщення та накопичення заряджених часток ліків в міжелектродному просторі та збільшення адсорбційної можливості тканин. Це сприяє підвищенню концентрації лікарських препаратів в уражених органах і тканинах.

**Висновки.** При правильному застосуванні електрокінетичних явищ можна покращити лікування. Насамперед, найбільш дієве використання при захворюванні органів дихання, у офтальмології, косметології, захворюваннях хребта та суглобів, внутрішніх хворобах.

### Література

1. <http://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/8/2-8-141.pdf>
2. [http://www.pomc.ru/extended\\_care/physiotherapy/electricity](http://www.pomc.ru/extended_care/physiotherapy/electricity)

## **18.2.**

### **Higher mathematics**

**Chairperson – associate professor I.I. Yuryk**  
**Secretary – associate professor O.P. Zinkevych**

## **18.2.**

### **Вища математика**

**Голова – доцент І.І. Юрик**  
**Секретар – доцент О.П. Зінкевич**

## 1. Кафедра вищої математики імені професора Можара В. І. (до 90-річниці заснування)

Владислав Спашиба. Іван Юрик

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*



Національний університет харчових технологій (НУХТ) розпочав свій славний шлях у далекому 1884р. в провінційному містечку Сміла з технічного училища і через 136-ти річний неперервний проміжок часу перетворився в один із найпотужніших провідних науково-педагогічних центрів України. Документально відомо, що одночасно із заснуванням в 1930 році Київського інституту цукрової промисловості (КІЦП) в його штаті розпочали свій творчий шлях 6 фундаментальних кафедр і серед них кафедра вищої математики, яка є однією із тих, що не змінила своєї назви за 90 років. У той час у Всеукраїнській Академії Наук (ВУАН) активно працювала плеяда геніальних математиків: М. Кравчук, Д. Граве, М. Крилов та інші. Вони зробили вагомий внесок у розвиток світової математичної науки і поставили українську математичну школу на один рівень з найкращими науковими школами світу. ВУАН постійно готувала науково-педагогічні кадри для вищих навчальних закладів (ВНЗ) України, і одним з найталановитіших учнів академіка М. Кравчука був Можар Володимир Іванович, який і став першим завідувачем кафедри. Всебічно обдарований і високоосвічений в різних галузях науки і культури проф. Можар В.І. без сумніву належав до інтелектуальної творчої еліти українського народу. За свідченням рідних і близьких він вільно володів декількома іноземними мовами: англійською, німецькою, французькою та ін. Аналізуючи тільки ті роботи, які збереглися до сьогодні, приходиш до висновку, що кафедра вищої математики в той час працювала надзвичайно результативно і на високому рівні. Так, за період з 1930-36 р.р. кафедра підготувала і видала два посібники з вищої математики українською мовою. 1937р. В.І. Можар від'їхав до Москви для доповіді своєї роботи на науковому семінарі, проте 27.04.1937р. був заарештований органами НКВС, як активний учасник націонал-фашистської терористичної організації. а 9 листопада 1937 року розстріляний. Так, тільки за просування українізації на злеті розквіту життєвих і творчих сил, на тридцять сьомому році життя обірвалася діяльність талановитого математика, визначного педагога, першого завідувачого кафедри вищої математики проф. Володимира Івановича Можара. Місце його могили на сьогоднішній день не відоме. 03.08.1956 року справу було переглянуто і Володимир Іванович був повністю реабілітований.

Трагічно закінчився перший період (1930-1937р.р.) надзвичайно високих науково-методичних досягнень колективу кафедри. Після цього над кафедрою пронісся процес руйнації і всі попередні досягнення були перекреслені.

В 1974 р. кафедру очолив доцент Побиванець Іван Пантелеймонович. Він багато уваги приділяв кадровій політиці. За 20-ти річний період роботи кафедри під керівництвом доцента Побиванця її штат постійно зростав і збільшився майже у два рази. Кафедра значно „омолодилася“ і були роки, коли найстарший викладач мав всього 50 років. Суттєві зміни в роботу кафедри вніс закон “Про державну мову”. На кафедрі був підготовлений посібник з математики державною мовою, який виграв

всеукраїнський конкурс і який побачили студенти та педагоги України в 1993 р.: *В.П. Дубовик, І.І. Юрик, Вища математика. Навч. посібник. - К: Вища школа.* Це перший посібник українською мовою для студентів технічних і технологічних вузів, який витримав багато перевидань з загальним тиражем понад 100 тис. і яким користуються студенти вузів по всій Україні і дотепер. Аналогів цієї праці на вітчизняному педагогічному математичному полі в той час не було. Протягом року колектив кафедри під цей посібник підготував збірник задач, який вийшов з друку тільки 1999 , дякуючи зусиллям вже нового завідувача кафедри професора Мартиненка Михайла Антоновича. Під його керівництвом, опираючись на значний попередній досвід підготовки широкого кола методичних розробок, кафедра після 1994 взяла напрямок на підняття методичної роботи на наступний вищий фаховий рівень. Робота колективу була спрямована на підготовку навчальних посібників і підручників, зокрема, з теорії ймовірностей та математичної статистики, математичного програмування і теорії функцій комплексної змінної. Було досягнуто повне забезпечення всіх дисциплін математичного циклу україномовними підручниками та навчальними посібниками, адаптованими до професійної спрямованості майбутніх спеціалістів;

Сьогодні, завдяки наполегливості Мартиненка М.А. кафедра вищої математики НУХТ носить ім'я професора Можара В.І.

В 2017 р. кофедру очолив професор Юрик Іван Іванович. Кафедра одразу взяла курс на максимальне використання попереднього педагогічного досвіду колективу і успішно продовжила працювати над усіма переліченими вище основними напрямками науково-методичних досліджень. Викладачі кафедри працюють на всіх факультетах університету і забезпечують викладання наступних навчальних дисциплін: «Вища математика», «Теорія ймовірностей та математична статистика», «Теорія ймовірностей та випадкові процеси», «Вища математика для економістів», «Математика», «Вища математика для харчових технологій», «Дискретна математика». Для покращення навчального процесу викладачі кафедри працюють над створенням методичних рекомендацій, конспектів лекцій та навчальних посібників. У процесі розробки робочих навчальних планів і програм дисциплін використовується передовий досвід інших вищих навчальних закладів.

Викладачі кафедри готують фахівців також у відокремлених структурних підрозділах НУХТ – регіональних навчальних центрах.

Кожного року викладачі кафедри приймають активну участь у зарубіжних, міжнародних та всеукраїнських конференціях.

Кафедра вищої математики НУХТ співпрацює з науковими та вищими навчальними закладами України: Інститут математики НАН України, Інститут механіки ім. С.П.Тимошенка НАН України, Національний університет ім. Тараса Шевченка, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова, Національний університет біоресурсів і природокористування, Національний технічний університет України КІП.

Працелюбний, високопрофесійний, досвідчений і дружний колектив математиків і його творчі надбання в педагогічній, науково-методичній і виховній роботі дає право і підстави сподіватися на чудове майбутнє кафедри вищої математики імені проф. Можара В.І.

## 2. Передаточна функція і інтеграл Дюамеля

Михайло Бураков, Іван Юрик

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ** Операційне числення широко використовується в прикладній математиці, в технічній фізиці, автоматизації та електротехніці. Методи операційного числення базуються на заміні операцій диференціювання та інтегрування заданої функції  $f(t)$  алгебраїчними операціями – відповідно операціями множення та ділення на деяку змінну  $p$  функції  $F(p)$ , що визначається згідно з певними правилами за функцією  $f(t)$ . В результаті цього багато математичних дій, виконання яких у диференційному та інтегральному численні є досить складними, зводяться до простіших алгебраїчних дій. Розглядається рівняння  $L(x) = f(t)$ , де  $L(x)$  - лінійний диференціальний оператор  $n$ -го порядку, а функція  $f(t)$  - оригінал.

**Твердження.** Якщо  $x_1(t)$  - розв'язок рівняння  $L(x) = 1$ , при нульових початкових умовах, то розв'язок рівняння  $L(x) = f(t)$  є функція

$$x(t) = \int_0^t x_1'(t) f(t - \tau) d\tau.$$

Дійсно, рівнянню  $L(x) = 1$  відповідає операторне рівняння  $L^*(p)X_1(p) = \frac{1}{p}$ , де  $L^*(p) = p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n$ ,  $X_1(p) \div x_1(t)$ . Звідси  $L^*(p) = \frac{1}{pX_1(p)}$ . Рівнянню  $L(x) = f(t)$  відповідає операторне рівняння  $L^*(p)X(p) = F(p)$ , де  $X(p) \div x(t)$ ,  $F(p) \div f(t)$ . Звідси  $X(p) = \frac{F(p)}{L^*(p)} = p X_1(p)F(p)$ . За формулою Дюамеля одержимо

$$x(t) = x_0(0) f(t) + \int_0^t x_1'(t) f(t - \tau) d\tau = \int_0^t x_1'(\tau) f(t - \tau) d\tau.$$

В теорії автоматичного регулювання функцію  $\frac{1}{L^*(p)}$ , яку потрібно помножити на зображення правої частини рівняння, щоб отримати зображення розв'язку, називають передаточною функцією. Функцію  $f(t)$  називають вхідним, а розв'язок  $x(t)$  - вихідним сигналом. Отже, передаточна функції це відношення зображення вихідного і вхідного сигналів. аналогічно вводиться поняття передаточних функцій для систем лінійних диференціальних рівнянь - як коефіцієнтів, на які потрібно помножити зображення вихідних сигналів системи, щоб отримати (після додавання по всім вхідним сигналам) зображення відповідне функції на виході.

**Висновок.** Знаючи розв'язок для одиначної правої частини, ми за допомогою інтегрування знаходимо розв'язок для довільної правої частини. Вимога нульових початкових умов є несуттєвою, оскільки простою заміною шуканої функції задачу з ненульовими початковими вимогами можна звести до задачі з нульовими умовами.

### 3. Asset Price Model

Яна Кріпак, Olena Radziewska  
*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** The competitiveness and ability to pay of any modern business is determined by the rational organization of finance, therefore, the ability to conduct financial and commercial calculations is a necessary part of the training of a specialist in the field of management. Financial calculations are the basis of investment and managerial analysis. An investor has, for example, the problem of choosing the most rational decisions from the position of their profitability and risk level. A finance professional is required correctly assess the possible options for financial consequences when making any transaction and implementing any project and eliminate undesirable consequences.

**Materials and methods.** We consider an Asset Price Model. The asset prices move randomly because of the following efficient market hypothesis: 1. The past history is fully reflected in the present price, which does not hold any future information. This means the future price of the asset only depends on its current value and does not depends on its value one month ago, or one year ago. 2. Market responds immediately to any new information about an asset.

We shall introduce a discrete model and a continuous model.

**Results.** Let us consider the discrete price model.

$$\frac{S_{n+1}}{S_n} = \begin{cases} u & \text{with probability} = \frac{1}{2} \\ v & \text{with probability} = \frac{1}{2} \end{cases}$$

A sequence of movements  $\{S_0, S_1, \dots, S_n\}$  is called an  $n$ -step path. In such a path, it can consist of  $l$  times up movements and  $n - l$  times down movements, where  $0 \leq l \leq n$ . The corresponding values of  $S_n = S_0 u^l v^{n-l}$ . Since the probability of each movement is independent, the probability of an  $n$ -step path with  $l$  up movements (and  $n - l$  down movements) is  $\left(\frac{1}{2}\right)^l \left(\frac{1}{2}\right)^{n-l} = \left(\frac{1}{2}\right)^n$

There are  $\binom{n}{l}$  paths with  $l$  up movements in  $n$ -step paths, we then obtain the transition probability of the asset price to be:  $P(S_n = S | S_0) = \binom{n}{l} \left(\frac{1}{2}\right)^n$  when  $S = S_0 u^l v^{n-l}$ . Such  $S_n$  is called a (discrete) random walk.

**Conclusions.** Using definite substitutions we can find simplification of these formula for calculations.



#### 4. Using Logarithmic Derivative in Financial Mathematics

Марія Корнієнко, Olena Radzievska  
*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** The derivative of a function is its velocity of change. Therefore, the logarithmic derivative is often called the relative velocity of change or rate of change. The logarithmic derivative finds numerous applications in the economy, in particular, to determine bank interest on deposits or to determine the return on assets. These two tasks will be the focus of our report.

**Materials and methods.** Using the logarithmic differentiation, we will find that bank interest coincides with the logarithmic derivative of the deposit amount as a function of time and also we will show how the use of the logarithmic derivative helps to decide on the purchase or sale of a bill to invest in a more profitable asset.

**Results.** Let  $B(t)$  be the value of the bank deposit at time  $t$ . Let us determine the amount of bank interest by function  $B(t)$ . To do this, consider the time interval  $[t, t + h], h > 0$ . Then the increment of the contribution in this interval is  $B(t + h) - B(t)$ . On the other hand, this increment is due to interest accrual. Therefore, assuming that  $h$  is small and the bank interest rate changes little over this period, then the deposit increment over this period is approximately equal  $rhB(t)$ . From here we get approximate equality

$$r(t) \approx \frac{B(t + h) - B(t)}{h} \cdot \frac{1}{B(t)}$$

Consider the limit of this expression for  $h \rightarrow 0$  we obtain

$$r(t) = \frac{B'(t)}{B(t)}.$$

So, we have shown that bank interest coincides with the logarithmic derivative of the deposit amount as a function of time.

The above reasoning is suitable for the mathematical determination of the income of any financial asset, if its value is known as a function of time. The average profitability of a financial index over a certain period of time is usually called its relative increment over this period of time.

Therefore, arguing, as above, we can come to the definition of the profitability of the asset as its logarithmic derivative. Let  $C(t)$  be the value of some asset at time  $t$ . Then its profitable at this moment is called

$$\rho(t) = (\ln C(t))' = \frac{C'(t)}{C(t)}$$

**Conclusions.** We have found that bank interest and profitability of the asset are logarithmic derivative of functions  $B(t)$  and  $C(t)$  accordingly.

## 5. Зростання суспільного добробуту. Модель золотаса.

Катерина Пістрик, Юлія Васютинська  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Основним завданням економіки будь-якої країни є зростання добробуту її громадян.  
**Матеріали і методи.** Відомий грецький економіст, Ксенофонт Золотас, у минулому прем'єр-міністр Греції, у 1944р. управляючий Центральним Банком Греції, на основі своєї наукової діяльності, висловив гіпотезу, згідно з якою виробництво великої кількості товару не обов'язково веде до покращення життя. Він розглядає два фактори, які діють з більшою або меншою відносною інтенсивністю в залежності від вже досягнутого рівня суспільного добробуту. Перший фактор є стимулюючим розвиток, другий – стримуючим.

**Результати.** Якщо позначити рівень суспільного добробуту в цілому через  $W$ , а через  $A$  – критичну точку, то стримуючим фактором буде  $(A-W)$ , а стимулюючим фактором:  $KW$  ( $K>0$ ).

При такому підході динаміка рівня суспільного добробуту визначається диференціальним рівнянням виду:

$$\frac{dW}{dY} = KW(A - W), \quad (1)$$

де  $Y = Y(t)$  – прибуток на душу населення. Це диференціальне рівняння трактується як модель Золотаса.

Це диференціальне рівняння відноситься до типу диференціальних рівнянь з відокремленими змінними і приводиться до вигляду:

$$\frac{dW}{KW(A - W)} = dY, \quad (2)$$

після чого розв'язується частинним інтегруванням. Знайшовши інтеграли від кожної з частин цього рівняння ми отримаємо функцію виду:

$$W(Y) = \frac{A}{1 + Be^{-AKY}} \quad (3)$$

де  $B$  – константа, що визначається початковим значенням  $W(0)$ .

Ця залежність визначає добре відому логістичну криву, яка широко використовується при дослідженні соціально-економічних процесів.

Досліджуючи рішення диференціального рівняння, К.Золотас виділяє три стадії розвитку суспільства:

I. «суспільство потреб»

II. «суспільство постійного покращення»

III. «суспільство зі знижуючими темпами росту суспільного добробуту»

Константи  $P$  і  $Q$  визначають деякі рівні доходів.

**Висновки.** Отже, проаналізувавши графік логістичної кривої, потрібно сказати про те, що коли рівень доходів перевищує рівень  $Q$ , то доходи вже не впливають на суспільний добробут, це стосується III стадії розвитку суспільства, тобто суспільства зі «знижуючими темпами росту суспільного добробуту».

А «золотою серединою» розвитку суспільства є так зване «суспільство постійного покращення», коли зростають доходи населення і підвищується добробут населення. Це відбувається за тих умов, коли рівень доходів перевищує рівень доходів  $P$  але не перевищує рівень доходів  $Q$ .

## 6. Застосування рангових методів статистики до аналізу ефективності роботи експертів з оцінювання якості за сукупністю органолептичних показників

Анна Дегтяр, Тетяна Зінченко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** У наукових дослідженнях проблем оцінки якості готової продукції застосовуються методи математичної статистики, в тому числі рангові, які надають надійні результати оцінки узгодженості експертних суджень різних експертів.

**Матеріали і методи.** Застосування рангових методів статистики дозволяє оцінити ефективність роботи експертів з оцінювання якості готового продукту за сукупністю органолептичних показників. Для цього можна використати, зокрема, коефіцієнти рангової кореляції Спірмена чи Кендалла.

**Результати.** Визначення рейтингу виробів проводиться шляхом організації відповідного експертного опитування щодо визначення окремих показників та їх дескрипторів, яке доцільно здійснювати у два етапи. На першому етапі експерти колегіально формують перелік органолептичних показників та їх складових – дескрипторів. Об'єднанням переліків кожного експерта формується загальний перелік, що містить усі показники, які необхідно визначити у запропонованих зразках. На другому етапі оцінюються значення органолептичних показників запропонованих зразків всіма експертами в балах (в певному масштабі), а також їх середні значення. За середніми значеннями показників за обраним критерієм якості оцінюються всі зразки та обирається найбільш рейтинговий.

Для підтвердження фаховості кожного експерта та достатньої міри узгодженості роботи експертів можна застосувати рангові статистичні методи дослідження кореляційного зв'язку між показниками еталонного зразку (чи обраного як найкращого) та показниками кожного з експертів. Для присвоєння рангів для значень сукупності  $E$  органолептичних показників еталонного зразку ці значення спочатку розташовуються в порядку зменшення балів, після чого нумеруються від 1 до  $n$ , після чого за певними правилами формуються ранги  $X_i, i = 1, 2, \dots, n$ . Якщо в сукупності  $E$  є показники з однаковими значеннями, то їх ранги обчислюються як середнє арифметичне їх номерів у спадній послідовності. Аналогічно присвоюються ранги  $Y_i, i = 1, 2, \dots, n$ , для результатів сукупності  $A$ , одержаних кожним експертом. Послідовно для кожного експерта знаходимо коефіцієнт рангової кореляції Спірмена між результатами експерта та даними еталонного зразку [1]:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{36} d_i^2}{(n^3 - n)}, \quad d_i^2 = |d_i|^2 = (X_i - Y_i)^2.$$

За наявності зв'язаних рангів (для груп з однаковими значеннями показників) коефіцієнт кореляції рангів Спірмена визначається за уточненою формулою [1]:

$$r_s = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{36} d_i^2}{\frac{1}{6}(n^3 - n) - (T_x - T_y)}, \quad \text{де} \quad d_i^2 = |d_i|^2 = (X_i - Y_i)^2,$$

$$T_x = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{m_x} (t_x^3 - t_x), \quad T_y = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{m_y} (t_y^3 - t_y),$$

де  $m_x, m_y$  - число груп, що не різняться рангом відповідно у сукупностях Е та А,  
 $t_x, t_y$  - число рангів у групі нерозрізнених рангів.

Для прикладу розглянуто задачу оцінки ефективності роботи групи з 5-ти експертів з оцінювання якості харчового виробу за 12-ти органолептичними показниками. Значення органолептичних показників запропонованих зразків оцінювались всіма експертами в балах за 10-ти бальною шкалою. В якості еталонного зразку розглянули зразок, показники якого мали значення, усереднені за всіма експериментами. Для кожної сукупності значень 12-ти показників (для кожного експерта і усередненого зразка) були визначені послідовності рангів. За сукупностями рангів  $\{X_i, Y_i\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , обчислили коефіцієнти кореляції  $r_s$  для кожного експерта. Всі значення коефіцієнтів кореляції рангів Спірмена виявились не меншими від значення 0.94.

**Висновки.** Отримані значення коефіцієнту кореляції рангів Спірмена близькі до 1. Це означає, що оцінки показників якості, отримані експертами, і показники еталонного зразку досить щільно узгоджуються. Оскільки для всіх експертів значення коефіцієнта кореляції  $r_s$  близькі до 1:  $0.94 < r_s < 1$ , роботу групи експертів можна вважати злагодженою. Такі дослідження можна застосовувати для формування групи експертів для подальшої роботи.

Для оцінювання якості зразків готового продукту групою експертів за сукупністю обраних органолептичних показників необхідно всі показники оцінювати в балах за обраною шкалою (наприклад, 10-бальною). За обраним критерієм якості (наприклад, нелінійним, за профілограмою) порівняти зразки продукту та обрати найкращий за максимальним значенням критерію.

#### Література.

1. Коваленко І.П. Математична статистика у прикладах і задачах. Навчальний посібник. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2012. – 496 с.
2. Дорохович А.М., Дорохович В.В., Зінченко Т.В. Оптимізація технологічних процесів галузі: Підручник — К: Фірма «НКОС», 2016. - 392 с.
3. Зинченко Т. В. Решение задачи выбора оптимальной концентрации ингредиента как задачи многокритериальной оптимизации / Т. В. Зинченко, И. Л. Корецкая // Хранительна наука, техніка и технологии. Пловдив. — 2013. — Том LX. — С. 131 — 137.
4. Корецкая И.Л., Зинченко Т.В. Новый метод оценки качества. В журн. «Продукты & Ингредиенты» № 2, 2006. – С. 16-17.
5. Корецька І.Л., Зінченко Т. В. Літ. твір «Рекомендації щодо використання профілограм для оцінювання якості виробу»©. Свідцтво про реєстрацію авторського права на твір № 74803 від 17.11.2017.
6. Tetiana Zinchenko Mathematical modeling of nonlinear regression function at the central compositional design of experimant with any number of factors / Tetiana Zinchenko, Yana Syvolobova// Ukrainian Journal of Food Science. Volume 4, Issue 1, 2016. –National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine.- P. 131 – 137.

## 7. Застосування нелінійних критеріїв ефективності для аналізу та порівняння профілограм

Ксенія Мишко, Тетяна Зінченко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** У наукових дослідженнях багатокритеріальних задач зручним способом представлення показників якості є графічна побудова профілограм. Аналіз профілограм повинен базуватись на прийнятому узагальненому критерії якості.

**Матеріали і методи.** Метою наукового дослідження є математичні моделі нелінійних узагальнених критеріїв ефективності, які об'єднують всі частинні критерії якості готового продукту, в тому числі органолептичні показники якості. Проблема об'єднання кількох окремих критеріїв  $f_1, f_2 \dots f_N$  в один узагальнений критерій є обов'язковою складовою задач багатокритеріальної оптимізації.

**Результати.** При об'єднанні частинних критеріїв (фізичних та органолептичних) значення критеріїв  $f_i$  з їх розмірностями переводять певним чином (наприклад, за допомогою нормування) у відносні безрозмірні величини  $f_i^*$ . Нормовані значення критеріїв, а також значення органолептичних показників якості представляють в балах (безрозмірно) за певною шкалою, наприклад, 10-бальною (рис.1).

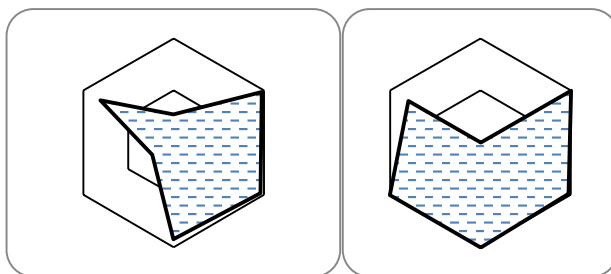


Рис.1. Зразки профілограм, побудованих для 6-ти частинних критеріїв за 10-бальною шкалою оцінювання.

Критерій якості будується, як і деякі діаграми (в тому числі гістограми), за площинним принципом, тобто значення комплексного критерію відповідає площі багатокутника, в якому відстані від його центру до вершин рівні нормованим значенням окремих показників якості  $f_j$ ,  $j = \overline{1, N}$ , де  $N$  – кількість окремих показників якості. Площа  $S$  багатокутника якості дорівнює сумі площ трикутників, утворених відповідними променями окремих (частинних) показників якості:

$$S = \sum_{j=1}^N \left( \frac{1}{2} \cdot f_j \cdot f_{j+1} \cdot \sin \frac{2\pi}{N} \right) = \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{N} \cdot \sum_{j=1}^N (f_j \cdot f_{j+1}), \text{ де } f_{N+1} = f_1.$$

**Висновки.** Для порівняння профілограм з однаковою кількістю  $N$  критеріїв достатньо використати формулу узагальненого критерію у спрощеному виді:

$$F = \sum_{j=1}^N (f_j \cdot f_{j+1}) = f_1 f_2 + f_2 f_3 + \dots + f_{N-1} f_N + f_N f_1.$$

### 8. Один із можливих підходів до знаходження абсолютного екстремуму функції

Олександр Рибальченко, Олексій Зінкевич  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** У багатьох геометричних, фізичних, економічних і технічних задачах необхідно знайти найбільше або найменше значення величини (найбільше і найменше значення називають також абсолютними екстремумами величини (функції)), пов'язаної функціонально залежністю з іншою величиною.

**Матеріали і методи.** Виходячи із умови задачі, вибирають незалежну змінну і виражають досліджувану величину через цю змінну.

**Результати.** *Приклад 1.* Одна із сторін прямокутної ділянки землі примикає до берега каналу, а три інші огорожуються огорожею. Якими мають бути розміри цієї ділянки, щоб його площа дорівнювала  $S$ , а довжина огорожі була найменша?

*Розв'язання.* Нехай  $x$  і  $y$  відповідно ширина і довжина огорожі. Тоді периметр  $p = 2x + y$ . Виберемо за незалежну змінну  $x$  – ширину ділянки. Враховуючи, що  $S = xy$ ,  $y = S/x$  маємо  $p(x) = 2x + S/x$ . Знайдемо мінімум  $p(x)$  без використання похідної. Помноживши останню рівність на  $x$  і після алгебраїчних перетворень можна отримати квадратне рівняння  $2x^2 - x \cdot p(x) + S = 0$  відносно змінної  $x$ , а  $p(x)$  називають функцією (параметром) від змінної  $x$ . Знайдемо дискримінант рівняння:  $D = p^2 - 8S$ . Можливі випадки: 1)  $D < 0$ ; 2)  $D = p^2 - 8S > 0$ ; 3)  $D = p^2 - 8S = 0$ . В першому випадку рівняння не має дійсних коренів, Порівнюючи 2) і 3) можна зробити висновок, що  $p(x)$  набуває меншого значення в випадку 3) ніж в 2). Зауважимо, що рівняння має єдиний дійсний розв'язок, якщо  $p^2 - 8S = 0$  (якщо серед усіх периметрів огорожі існує найменший, то він має бути єдиним). Отже,  $p^2 = 8S$ ,  $p = 2\sqrt{2S}$ ,  $x = p/4 = \sqrt{2S}/2$ ,  $y = S/x = \sqrt{2S}$ .

Загалом, якщо функціональна залежність має вигляд  $b(x) = ax + c/x$ ,  $ax^2 - x \cdot b(x) + c = 0$ , то маємо такий вираз  $b^2 - 4ac = 0$  для знаходження найменшого (найбільшого) значення відповідного параметра (функції)  $b(x)$ . Обчислення відповідного значення змінної  $x$ , виконується за формулою  $x = b/(2a)$ .

*Приклад 2.* Із куска жести, який має форму півкола радіусу  $R$ , вирізати прямокутник із найбільшою площею.

*Розв'язання.* Позначимо через  $x$  і  $y$  відповідно ширину і довжину прямокутника, тоді  $S = xy$ . Враховуючи, що  $R^2 = x^2 + y^2/4$  знайдемо  $y = 2\sqrt{R^2 - x^2}$ . Отже,  $S = 2x\sqrt{R^2 - x^2}$ . Після алгебраїчних перетворень останнього виразу будемо мати біквадратне рівняння  $4x^4 - 4R^2x^2 + S^2 = 0$ . Дискримінант відповідного квадратного рівняння буде  $D = 16R^4 - 16S^2$ . Рівняння має єдиний дійсний розв'язок, якщо  $16R^4 - 16S^2 = 0$ . Отже,  $S_{\text{найб.}} = R^2$ ,  $x = \sqrt{2}R/2$ ,  $y = \sqrt{2}R$ .

**Висновок.** Традиційний підхід до знаходження найбільшого чи найменшого значень функції за допомогою похідної може ускладниться уже при знаходженні похідної. Цю складність можна обійти, якщо застосувати інші підходи.

## 9. Поняття про математичну мову

Єгор Фузік, Олексій Зінькевич

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Математична мова є штучною мовою, яка будується за певними правилами з математичних знаків, що становлять її алфавіт. Під *математичними знаками* розуміють умовні позначення, якими скорочено записують математичні поняття і твердження, а також операції над математичними об'єктами.

**Матеріали і методи.** Ці поняття є основними в семіотиці – наука, що вивчає структуру та функціонування різних мовних систем.

**Результати.** Математичні знаки традиційно називають «символами». Однак терміни «знак» і «символ» не рівнозначні. Символ не байдужий до того, що він зображує. Систему або сукупність логіко-математичних знаків називають *символікою*. Знаки є вихідним або матеріалом, з якого будуються за певними правилами мовні вирази – аналоги слів і тверджень звичайної мови. *Математичний вираз* – це скінченна послідовність знаків з алфавіту математичної мови. Правила його побудови розглядаються в *синтаксисі* – граматиці математичної мови. Проте не кожна послідовність знаків є математичним виразом. Наприклад, послідовність математичних символів  $a + \perp b$  позбавлена будь-якого змісту. Математичні вирази можна з'єднувати знаком певного відношення. Наприклад, з'єднавши вирази  $3+1$  і  $7$  знаком  $<$ , дістанемо висловлення:  $3+1 < 7$ .

Висловлення – поняття логічне, а не математичне. Отже, математичні вирази можуть задавати не тільки, а й логічні об'єкти.

У використанні символів звичайної і математичної мов є істотні відмінності. Так, у математичній мові один символ означає те, що у звичайній виражається словом, тобто певною скінченною послідовністю знаків – букв алфавіту цієї мови. Це дає змогу скорочувати в математичці записи мовних висловів. Наприклад, математичний запис формули розв'язування квадратного рівняння  $x = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a}$  займає мало місця, тоді як її словесний запис досить громіздкий і важкий для сприймання.

Перевага символічного запису над словесним і в тому, що математичні знаки вільні від смислової багатозначності й обмеженості, які характерні для слів будь-якої звичайної мови.

У математиці до появи буквенної символіки можна було говорити лише про індивідуальні вирази. І тільки створення алгебраїчної символіки (у 1591 році французький математик Франсуа Вієт ввів символи змінних і почав будувати алгебраїчні формули, яким Рене Декарт надав, починаючи з 1637 року, сучасного вигляду) дало змогу абстрагуватися від конкретного змісту об'єктів будь-якої розв'язуваної задачі й перейти до широких узагальнень.

Економія запису і заміна мовних висловів однозначними символами важлива, але не основна перевага символічної мови над звичайною. Основна перевага символічної мови над звичайною полягає в тому, що над логіко-математичними знаками можна виконувати операції і внаслідок цього перетворювати одні формули в інші.

**Висновки.** Отже, найважливішою функцією логіко-математичної символіки є функція нормалізувати такий рух математичної думки, коли шуканий результат досягається внаслідок тимчасового абстрагування від конкретного змісту розглядуваної задачі.

## 10. Скалярний добуток при знаходженні найбільшого значення функції

Петро Якимчук, Олексій Зінкевич

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Задачі на знаходження на знаходження найбільшого і найменшого значень, як правило, розв'язуються загальним методом – методом диференціального числення. Однак, дослідження може ускладнитися уже при знаходженні похідної. Цю складність можна обійти, якщо застосувати інші підходи.

**Матеріали і методи.** Використані поняття вектора на площині, скалярного добутку двох векторів.

**Результати.** Відомо, що скалярний добуток векторів  $\vec{r}_1 = (\alpha_1; \beta_1)$  і  $\vec{r}_2 = (\alpha_2; \beta_2)$  визначається за формулою:  $\vec{r}_1 \cdot \vec{r}_2 = |\vec{r}_1| |\vec{r}_2| \cos \varphi$ , де  $\varphi$  – кут між векторами. Так як  $-1 \leq \cos \varphi \leq 1$ , то справедлива подвійна нерівність  $-|\vec{r}_1| |\vec{r}_2| \leq \vec{r}_1 \cdot \vec{r}_2 \leq |\vec{r}_1| |\vec{r}_2|$ . (1)

Знак рівності досягається, якщо вектори колінеарні, причому  $\vec{r}_1 \cdot \vec{r}_2 = |\vec{r}_1| |\vec{r}_2|$ , якщо вектори співнаправлені, і  $\vec{r}_1 \cdot \vec{r}_2 = -|\vec{r}_1| |\vec{r}_2|$ , якщо вони протилежно направлені.

У координатній формі нерівність (1) має вигляд

$$-\sqrt{\alpha_1^2 + \beta_1^2} \sqrt{\alpha_2^2 + \beta_2^2} \leq \alpha_1 \alpha_2 + \beta_1 \beta_2 \leq \sqrt{\alpha_1^2 + \beta_1^2} \sqrt{\alpha_2^2 + \beta_2^2}. \quad (2)$$

Колінеарні вектори пов'язані співвідношенням  $(\alpha_1/\alpha_2) = (\beta_1/\beta_2)$ .

**Приклад 1.** Знайти найбільше значення функції  $y = 2^{x/2} + 4\sqrt{21 - 2^{x-1}}$ .

**Розв'язання.** Область визначення функції  $y: 21 - 2^{x-1} \geq 0, 2^{x-1} \leq 21, x \leq 1 + \ln 21 / \ln 2$ .

Введемо до розгляду вектори  $\vec{r}_1$  і  $\vec{r}_2$  за умови виконання рівності  $y = \vec{r}_1 \cdot \vec{r}_2$ ;

$$\vec{r}_1 = (\sqrt{8 \cdot 2^x}; 4\sqrt{21 - 2^{x-1}}), \vec{r}_2 = (1/\sqrt{8}; 1), \text{ тоді } |\vec{r}_1| = \sqrt{8 \cdot 2^x + 16 \cdot 21 - 8 \cdot 2^x} = 4\sqrt{21},$$

$|\vec{r}_2| = 3/(2\sqrt{2})$ . Отже,  $y = \vec{r}_1 \cdot \vec{r}_2 = 2^{x/2} + 4\sqrt{21 - 2^{x-1}} \leq |\vec{r}_1| |\vec{r}_2| = 6\sqrt{21}/\sqrt{2}$  – верхня оцінка нерівності (2). Знак рівності досягається, коли вектори  $\vec{r}_1$  і  $\vec{r}_2$  колінеарні і співнаправлені. Це можливо, якщо їхні координати пропорційні  $\sqrt{8 \cdot 2^x} / (1/\sqrt{8}) = 4\sqrt{21 - 2^{x-1}} / 1; 8 \cdot 2^{x/2} = 4\sqrt{21 - 2^{x-1}}, 2^{x-1} = 7/3, x = 1 + (\ln 7 - \ln 3) / \ln 2$ .

Встановимо, чи належить знайдене значення  $x$  області визначення функції перевіривши умову  $1 + \ln 7 / \ln 2 - \ln 3 / \ln 2 \leq 1 + \ln 21 / \ln 2$ ; (3)

$$1 + \ln 21 / \ln 2 - 1 - \ln 7 / \ln 2 + \ln 3 / \ln 2 = \ln 7 / \ln 2 + \ln 3 / \ln 2 - \ln 7 / \ln 2 + \ln 3 / \ln 2 = 2 \ln 3 / \ln 2 > 0$$

нерівність (3) виконується.  $y_{\text{наіб.}} = 6\sqrt{21}/\sqrt{2}$  в точці  $x = 1 + (\ln 7 - \ln 3) / \ln 2 \approx 2,222$ .

**Приклад 2.** Знайти найбільше значення функцію  $y = \sqrt{5-x} + \sqrt{x+8}$ .

**Розв'язання.** Функція визначена і неперервна на відрізку  $[-8; 5]$ ;  $\vec{r}_1 = (\sqrt{5-x}; \sqrt{x+8})$ ,

$$\vec{r}_2 = (1; 1); |\vec{r}_1| = \sqrt{5-x+x+8} = \sqrt{13}; |\vec{r}_2| = \sqrt{1+1} = \sqrt{2}, y = \sqrt{5-x} + \sqrt{x+8} \leq |\vec{r}_1| |\vec{r}_2| = \sqrt{26},$$

$$\sqrt{5-x}/1 = \sqrt{x+8}/1, 5-x = x+8, x = -3/2; y_{\text{наіб.}} = y(-3/2) = \sqrt{26}.$$

Нижня оцінка функції  $\sqrt{5-x} + \sqrt{x+8} \geq -\sqrt{26}$ , в той же час існує більш точна оцінка  $\sqrt{5-x} + \sqrt{x+8} > 0$ .

**Висновок.** Знайдено найбільше значення функцій без знаходження похідної функції. Це дозволяє збагатити студентів новими підходами до розв'язання задач.



## 11. Застосування векторних методів в розрахунках економічних показників

Маргарита Кушнір, Володимир Листопад

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** В економічних розрахунках часто користуються матричними або векторними методами для спрощення обчислень та отримання необхідних економічних показників. Розглянемо приклад в якому з допомогою скалярних добутоків знаходяться необхідні економічні параметри.

**Матеріали та методи.** Розглянемо задачу.

У цеху щоденно виробляють два види продукції: 50 одиниць одного виду та 80 одиниць другого виду. Витрати сировини (в кг) та робочого часу (в год.) на виробництво одиниці продукції кожного виду, а також вартість (у грн.) одиниці продукції наведено нижче у таблиці. Визначити щоденні показники: витрати сировини  $S$  та вартість  $V$  виробленої за день продукції.

Таблиця 1

Вид. продукції.	Кількість продукції. (шт)	Витрати сировини.(кг)	Витрати часу (год)	Вартість. (грн.)
Перший вид	50	3	4	84
Другий вид	80	5	6	140

Розв'язання. За даними цієї таблиці можна записати чотири вектори, що характеризують виробничий процес:

$\vec{q} = (50;80)$  -вектор асортименту продукції;  $\vec{s} = (3;5)$  – вектор витрати сировини

$\vec{t} = (4;6)$  – вектор витрати робочого часу ;  $\vec{v} = (84;140)$  – вектор вартості продукції.

Тоді шукані величини є скалярними добутками вектора асортименту  $\vec{q}$  на три інші вектори:

$S = \vec{q} \cdot \vec{s} = 50 \cdot 3 + 80 \cdot 5 = 550$  кг сировини витрачається щоденно,

$T = \vec{q} \cdot \vec{t} = 50 \cdot 4 + 80 \cdot 6 = 680$  год робочого часу витрачається щоденно.

$V = \vec{q} \cdot \vec{v} = 50 \cdot 84 + 80 \cdot 140 = 15400$  грн. вартість виробленої за день продукції

Якщо потрібно, то можемо підрахувати вартість щоденного випуску продукції в доларах.

Якщо курс долара визначається співвідношенням  $1\$ = 25,1$  грн, то  $1 \text{ грн} = \frac{1}{25,1} \$$ .

Поклавши  $\alpha = \frac{1}{25,1}$ , розглянемо  $\vec{\alpha} \cdot \vec{v} = \frac{1}{25,1} \cdot (84;140) \approx (3,35;5,6)$  - вектор вартості продукції в доларах.

Тоді вартість у доларах всієї виробленої продукції становить:

$V = \vec{q} \cdot \vec{\alpha} \vec{v} = 50 \cdot 3,35 + 80 \cdot 5,6 \approx 613,5\$ = 50 \cdot 3,35 + 80 \cdot 5,68 = 613,9\$$

Зауваження. Якби у цеху вироблялось більше видів продукції, то аналогічно можна було б розглянути вектори  $\vec{q}$ ,  $\vec{s}$ ,  $\vec{t}$ ,  $\vec{v}$  з більшою кількістю координат.

**Висновок.** Таким чином, задача практичного змісту звелася до задачі про обчислення скалярних добутоків векторів.

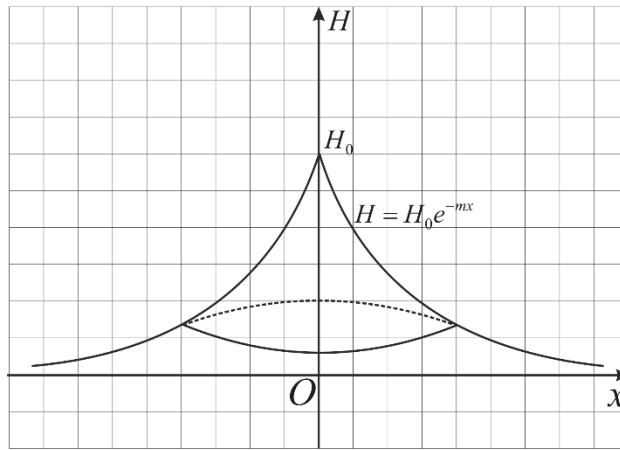
**Література.** Дюженкова Л.І., Дюженкова О.Ю., Міхалін Г.О. Вища математика: Приклади і задачі/Посібник. – К.:Видавничий центр «Академія»,2003ю – 624 с. (Альма-матер).

## 12. Застосування інтегрального числення в геоморфології

Ольга Гонська, Володимир Листопад  
 Національний університет харчових технологій, Київ, Україна  
 Володимир Шоха  
 Коледж технологій та дизайну КНУТД, Київ, Україна

**Постановка задачі.** Обчислимо об'єм вулкана гавайського типу, профіль якого можна апроксимувати функцією  $H = H_0 e^{-mx}$ , де  $H_0$  – висота вершини вулкана,  $m$  – логарифмічний декремент, який характеризує крутість схилу: чим схил вулкана крутіше, тим  $m$  більше.

**Прилади та матеріали.** Зобразимо профіль вулкана на малюнку.



Для обчислення об'єму вулкана використаємо формулу  $V = \pi \int_0^{H_0} x^2 dH$ .

Для використання даної формули прологарифмуємо вираз  $H = H_0 e^{-mx}$ :

$\ln H = \ln H_0 - mx$ , звідси  $x = \frac{1}{m} (\ln H_0 - \ln H)$ . Тоді маємо:

$$\begin{aligned}
 V &= \pi \int_0^{H_0} \frac{1}{m^2} (\ln H_0 - \ln H)^2 dH = \\
 &= \frac{\pi}{m^2} \left( (\ln^2 H_0 + 2 \ln H_0 + 2) H - 2 (\ln H_0 - 1) H \ln H + H \ln^2 H \right) \Big|_0^{H_0} = \frac{2\pi H_0}{m^2}.
 \end{aligned}$$

**Висновки.** Об'єм вулкана тим більший, чим більше висота  $H_0$  і чим менше логарифмічний декремент, тобто чим більш пологі схили.

### 13. Графи навколо нас

Катерина Пістрик, Олег Мазур.

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

Розглянемо задачу, яка потребує відповіді на таке запитання:

Яким способом можна прокласти найдешевшу з можливих мереж доріг.

Є декілька міст  $A, B, C, \dots$ , які потрібно з'єднати між собою мережею шосейних або залізних доріг. Для кожної пари міст  $A, B$  відома вартість  $C(A, B)$  будівництва сполучаючої їх дороги.

Граф найбільш дешевої сполучаючої мережі має бути деревом (граф, в якому будь-які дві вершини з'єднані рівно одним простим шляхом, тобто не має циклів), оскільки якщо він містить цикл, можна було б видалити одну з ланок цього циклу і міста все ще залишилися б сполученими. Отже, для сполучення  $n$  міст потрібно побудувати  $n - 1$  доріг.

Перш за все, сполучаємо два міста з найбільш дешевою сполучаючою ланкою  $S_1$ . На кожному з наступних кроків додаємо найдешевшу з ланок  $S_1$  при приєднанні якого до вже побудованих ребер не утворюється ніякого циклу; якщо є декілька ланок однієї і тієї ж вартості, вибираємо будь-яке з них.

Кожне дерево  $T$ , побудоване таким чином, що ми називатимемо економічним деревом. Його вартість дорівнює сумі вартостей окремих ланок:

$$c(T) = c(S_1) + c(S_2) + \dots + c(S_{n-1}).$$

Нам треба довести, що жодне інше дерево  $B$ , що сполучає ті ж вершини, не може виявитись дешевше за економічне дерево  $T$ . Нехай  $B$  - найдешевше дерево, що сполучає наші вершини, а  $T$  - будь-яке економічне дерево. Припустимо, що ребра  $S_1, S_2, \dots$  економічного дерева  $T$  занумеровані в тому порядку, в якому вони приєднувалися при побудові  $T$ . Якщо найдешевше дерево  $B$  не збігається з  $T$ , то  $T$  має щонайменше одне ребро, що не належить  $B$ . Нехай  $S_1 = (A, B)$  - перше таке ребро, і нехай  $P(A, B)$  - ланцюг графа  $B$ , що сполучає вершини  $A$  і  $B$  (додаток 1)

Додаток 1.

Якщо ребро  $S_1$  додати до  $B$ , то граф  $B + S_1$ , міститиме цикл  $C = S_1 + P(A, B)$ , а оскільки

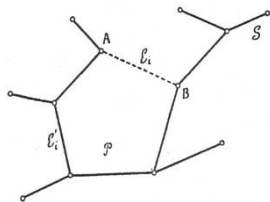
$T$  не має циклів, то цикл  $C$  повинен містити принаймні одне ребро, що не належить  $T$ . Видаливши це ребро  $S_1$  ми отримаємо дерево  $B' = B + S_1 - S_1'$  з тією ж кількістю вершин, що і  $B$ , причому його вартість дорівнює  $C(B') = c(B) + c(S_1) - c(S_1')$

Оскільки  $B$  має найменшу можливу вартість, то  $c(S_1) \geq c(S_1')$  Але  $S_1$  було ланкою найменшої вартості, при додаванні якого до  $S_1, S_2, \dots, S_{n-1}$  не виходить циклів.

Таким чином, ми знайшли інше дерево  $B'$  мінімальної вартості, що має з економічним деревом  $T$  на одне спільним ребро більше, ніж  $B$ . Ми можемо повторювати цю операцію до тих пір, поки остаточно не отримаємо сполучаюче дерево мінімальної вартості, яке співпадає з  $T$ . Таким чином,  $T$ , а також всі інші економічні дерева дійсно мають мінімальну вартість.

У своїй роботі я довела, що вирішення задач за допомогою графів зменшують витрати часу при вирішенні деяких задач прикладного спрямування.

Оскільки при додаванні ребра  $S_1'$  до цих ребер ми теж не отримаємо ніякого циклу, то  $c(S_1) = c(S_1')$  і, отже,  $B'$  теж має мінімальну вартість:  $c(B) = c(B')$ .



#### 14. Ентропійний аналіз ступеня невизначеності випадкових процесів

Ольга Аніщенко, Оксана Мулява

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** У 1948 році Карл Шеннон створив математичну теорію ентропії, як міри випадковості, яка широко застосовується в теорії інформації та в теоретичній фізиці. Досліджується поняття ентропії для з'ясування ступеня невизначеності розподілів випадкових величин та їх порівнянні з метою прогнозування наслідків випадкових подій.

**Матеріали і методи.** Використовуються основні поняття випадкових величин, їх числові характеристики, закони розподілів дискретних та неперервних випадкових величин, а також елементи ентропійного аналізу.

**Результати.** Основною властивістю випадкових подій є відсутність відомої впевненості у їх появі, що створює певну невизначеність при проведенні пов'язаних з цією подією випробування. Однак на практиці важливо вміти прогнозувати наслідки різних випробувань, тобто чисельно оцінювати ступінь невизначеності, яка у них закладена, що дасть можливість порівняти ці випробування з цього погляду.

Розглянемо дискретну випадкову величину  $X$ , яка приймає значення  $x_1, \dots, x_n$  з ймовірностями  $p_1, \dots, p_n$  і вважатимемо випробуванням набуття нею свого чергового значення

$$H_x = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

називається ентропією дискретно розподіленої випадкової величини  $X$  і є мірою його невизначеності, що вимірюється у спеціальних одиницях – бітах. Разом з ентропією дискретного розподілу розглядається ентропія неперервної випадкової величини  $X$ , яка визначається формулою

$$H_x = -\int_{\hat{a}}^{\hat{a}} f_x(x) \log_2 f_x(x) dx,$$

де  $f_x(x)$  - щільність розподілу ймовірностей  $X$ .

**Висновки.** Показано, що з усіх розподілів дискретних випадкових величин максимальну ентропію має рівномірний розподіл, тобто у цьому випадку передбачити наслідок випробування найважче і ця складність буде зростати разом із зростанням кількості наслідків випробування. Якщо задана дисперсія, то нормальний закон розподілу має найбільшу ентропію.

**Література.** 1. Вентцель Теория вероятности и математическая статистика: Учебник – 5-е изд; стереотип.- М.: высшая школа, 1999 – 576с. 2. Кремер Н.Ш. Теория вероятности и математическая статистика.- М.: ЮНИТИ, 2003.- 543 с. 3. Ниворошкина Л.И., Морозова З.А. Основы статистики с элементами теории вероятности для экономистов.- Ростов-на-Дону: Феникс, 1999.- 316 с.

## 15. Існування розв'язку в грі «П'ятнадцять»

Ольга Пронських, Настасія Парака, Оксана Ніколаєва  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** П'ятнашки (п'ятнадцять) — популярна головоломка, яка складається з 15 однакових квадратних пластинок з нанесеними числами від 1 до 15. Якщо пластинки розташувати у довільному порядку, то виникає питання, які з можливих комбінацій можна привести до початкового виду.

**Матеріали і методи.** Використовуються поняття комбінаторики та поняття інваріанта.

**Результати.** П'ятнашки (п'ятнадцять) — популярна головоломка, придумана у 1878 році Ноем Чепменом. Складається з 15 однакових квадратних пластинок з нанесеними числами від 1 до 15, які поміщаються в квадратну коробку, довжина сторони якої в чотири рази більша довжини сторони пластинок, відповідно в коробці залишається незаповненим одне квадратне поле (див. рис. 1). Мета гри — переміщаючи пластинки по коробці, добитися впорядкування їх по номерах (як зображено на рисунку 1), бажано зробивши якомога менше переміщень. На початку 1880 року Чарльз Певі, дантист з Вустера, привернув увагу громадськості, запропонувавши грошову винагороду за рішення задачі збирання головоломки, що додало популярності новій граві. Задача полягала в тому, щоб знайти таку послідовність переміщень пластинок, що з розташування в таблиці на рис. 2 перейти до розташування на рис. 1. Доведемо, що це неможливо.

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	

Рис. 1

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	15	14	

Рис. 2

Таблиці на рис. 1 відповідає така послідовність:

$$1; 2; 3; 4; 8; 7; 6; 5; 9; 10; 11; 12; 15; 14; 13. \quad (1)$$

Таблиці на рис. 2 відповідає така послідовність:

$$1; 2; 3; 4; 8; 7; 6; 5; 9; 10; 11; 12; 14; 15; 13. \quad (2)$$

Кількість пар чисел дорівнює  $C_{15}^2 = \frac{15 \cdot 14}{2} = 105$ . Для кожної пари визначаємо, в

якому порядку записано числа. Якщо в порядку зростання, то пара правильна, якщо спадання, то неправильна. Для послідовності (1) кількість неправильних пар 9, а для послідовності (2) – 8 пар. Можна показати, що ніякі зміни послідовності, згідно правил, не змінюють парності числа, яке задає кількість неправильних пар. Отже, не існує такої послідовності переміщень пластинок, що з розташування в таблиці на рис. 2 можна перейти до розташування на рис. 1. Взагалі, для того, щоб з'ясувати, чи можна з будь-якого розміщення пластинок перейти до розміщення в таблиці на рис.1, потрібно знайти кількість неправильних пар. Якщо ця кількість є числом неправильним, то можна, в іншому випадку – ні.

**Висновок.** Одержано критерій, згідно якого можна з'ясувати, чи дана позиція може бути приведена до початкової.

## 16. Стрічка Мебіуса та пляшка Клейна

Олександр Журавльов, Роман Наумук, Оксана Ніколаєва

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Одним з найпростіших і одночасно найскладніших об'єктів є стрічка Мебіуса, яка є найпростішою неорієнтовною поверхнею в тривимірному просторі.

**Матеріали і методи.** Розглянути неорієнтовні поверхні та їх застосування в навколишньому світі.

**Результати.** Стрічка Мебіуса незалежно відкрита німецькими математиками Мебіусом і Лістінгом в 1858 році. Її екземпляр легко може бути виготовлений зі смужки паперу, повертаючи один з її кінців на півоберту і з'єднуючи кінці стрічки для створення замкненої поверхні. Поверхня стрічки Мебіуса одностороння. Якщо взяти пензлик і почати фарбувати стрічку з будь-якого місця, не перевертаючи, то в кінцевому підсумку, стрічка виявиться зафарбованою.

В евклідовому просторі є два типи стрічок Мебіуса, в залежності від напрямку здійсненого півоберту: за годинниковою стрілкою, та проти.

Як поверхня в  $R^3$ , стрічка Мебіуса задається параметричними рівняннями:

$$x(u;v) = \left(1 + \frac{v}{2} + \cos \frac{u}{2}\right) \cos u; \quad y(u;v) = \left(1 + \frac{v}{2} + \cos \frac{u}{2}\right) \sin u; \quad z(u;v) = \frac{v}{2} \sin \frac{u}{2},$$

де  $0 \leq u < 2\pi$ ;  $-1 \leq v \leq 1$ . Ці формули задають стрічку Мебіуса ширини 1, чий центральний круг має радіус 1 та лежить у площині  $Oxy$  з центром в точці  $(0;0;0)$ .

Параметр  $u$  пробігає вздовж стрічки, в той час як  $v$  задає відстань від краю.

Існує гіпотеза, що полімер ДНК, що представляє собою подвійну спіраль, є фрагментом стрічки Мебіуса і з цієї причини код ДНК настільки віжкий для розшифрування.

Пляшка Клейна — це визначена неорієнтовна поверхня. Пляшка Клейна вперше була описана в 1882 г. німецьким математиком Ф. Клейном. Щоб побудувати модель пляшки Клейна, необхідно взяти пляшку з отвором у дні, витягнути горло пляшки, зігнути його вниз, і одягнути його через отвір у стінці пляшки (для справжньої пляшки Клейна в чотиривимірному просторі цей отвір не потрібно, але без нього не можна обійтися в тривимірному евклідовому просторі), приєднати до отвору на дні пляшки. На відміну від звичайної склянки в цього об'єкта немає "краю", де б поверхня різко закінчувалася. На відміну від повітряної кулі можна пройти шлях зсередини назовні не перетинаючи поверхню (тобто насправді в цього об'єкта немає понять всередині і ззовні). Якщо розрізати пляшку Клейна пополам вздовж її осі симетрії, то результатом буде стрічка Мебіуса.

Смуга стрічкового конвеєра виконана у вигляді стрічки Мебіуса, дозволяє йому працювати довше, тому що вся поверхня стрічки рівномірно зношується. У багатьох матричних принтерах барвна стрічка також має вигляд стрічки Мебіуса для збільшення її ресурсу.

**Висновок.** Розглянуто властивості таких неорієнтовних поверхонь, як стрічка Мебіуса та поверхня Клейна.

## 17. Роль статистики в житті людини

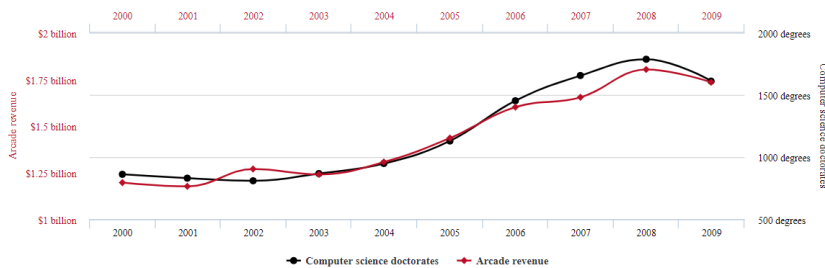
Олександр Левченко, Вікторія Романенко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Сьогодні майже кожна людина світу має доступ до всесвітньої мережі інтернет, а разом з цим і до статистики в різних областях. Цей матеріал допоможе зрозуміти нюанси статистичних розрахунків і відкриє багато нових фактів у статистиці загалом.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження є різноманітні статистичні дані в яких прослідковуються найпопулярніші пастки статистики, такі як помилкові кореляції, помилка відбору, систематична помилка вижившого, помилка базового відсотка та парадокс Сімпсона.

**Результати.** Розпочати слід з помилкових кореляцій, сучасна людина працює з неймовірним об'ємом інформації, через її велику кількість ми часто робимо неправильні висновки та бачимо зв'язки там, де їх насправді немає. Наприклад, статистичні дані з 2000 по 2009 рік у сферах виручки від ігрового бізнесу та кількості докторських робіт з інформатики будуть співпадати. І це протягом майже дев'яти років.



Звісно, ніякого зв'язку між ними немає. Це і є помилкові кореляції. В наш час, люди які мають доступ до дуже великого числа статистичних даних з великою ймовірністю знайдуть графіки, які будуть співпадати, хоча між ними не буде ніякого взаємозв'язку. Наступним етапом є помилка відбору. Продемонструю на прикладі, якщо провести інтернет опитування серед громадян, на тему «Хто користується інтернетом?» Тоді всі 100% громадян вкажуть, що користуються, але ми всі чудово розуміємо, що це не так і є люди, які досі незнайомі з всесвітньою мережею. Різновидів цієї помилки дуже багато і напевно сама вражаюча серед них це систематична помилка вижившого. Широко відома історія коли в часи другої світової війни бомбардувальники, які повернулися на базу були найбільше пошкоджені в місцях крил і хвоста. Перед інженерами стояло питання про зміцнення літаків, для того щоб їх більша кількість поверталась. Але яку частину літака потрібно зміцнити? Тут і криється помилка, правильна відповідь полягає в тому щоб зміцнювати найменш уражені частини літака, адже бомбардувальники з пошкодженнями крил і хвоста долітали до бази, а з пошкодженням двигуна та скла пілота, ні.

**Висновки.** В столітті високих інформаційних технологій, ми частіше ніж колись оброблюємо якусь статистичну інформацію, тому варто ретельно перевіряти дані, щоб бути переконаним, що ви не стали «жертвою» якоїсь статистичної пастки.

## 18. Українець Юрій Макарович Березанський - визначний учений-математик

Аліна Кравець, Володимир Сафонов

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Імена видатних науковців України є гордістю світової науки. Великий українець Юрій Макарович Березанський – один з найсильніших математиків сучасності.

**Матеріали і методи.** Фундаментальні результати Ю.М. Березанського суттєво вплинули на розвиток сучасної математики у світі. Його математичні здобутки відзначені в провідних зарубіжних виданнях. Він був членом редколегій багатьох фахових математичних журналів, що видаються у різних країнах світу.

**Результати.** Народився Юрій Макарович 8 травня 1925 року у Києві. Батько - агрономом-науковець, мати — бібліотекар. Дитинство і юність були важкими — численні виснажливі хвороби, голодні роки, окупація. У 1944 р. після восьмого класу вступив до Київського університету на фізико-математичний факультет. Лекції С. І. Зуховицького справили на студента сильне враження і він твердо вирішив присвятити себе математиці. Невдовзі математичні здібності Юрія Макаровича привернули увагу С. Г. Крейна, під впливом якого сформувався його перші наукові інтереси. У 1948 році Юрій Березанський закінчив з відзнакою Київський університет і вступив до аспірантури Інституту математики АН УРСР. З того часу і до кінця життя наукова діяльність Юрія Макаровича пов'язана з Інститутом математики. Тут він захистив дисертації: кандидатську, докторську у 1955 році, був обраний членом-кореспондентом, академіком у 1988 році НАН України, створив відділ функціонального аналізу і був завідувачем по 2001 рік, започаткував всесвітньовідому київську школу з функціонального аналізу. Важко знайти розділ сучасного аналізу, у якому не застосовувались би результати наукової школи Ю.М. Березанського. Його особиста наукова спадщина складається з 7 монографій та близько 300 наукових статей. Усі монографії перевидані за кордоном англійською мовою. Вони широко відомі у математичному світі й отримали високу оцінку фахівців. Наукову діяльність Ю. М. Березанський завжди поєднував з педагогічною працею. З 1954 р. він викладає в Київському університеті ім. Т. Шевченка. За своє життя підготував 45 кандидатів наук, був науковим консультантом 14 докторів наук. Ю.М. Березанський - засновник і головний редактор англomовного київського журналу «Методи функціонального аналізу і топології». Наукова діяльність Юрія Макаровича Березанського відзначена низкою нагород. Він — лауреат премій НАН України, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки за 1998 рік, отримав звання заслуженого діяча науки і техніки України у 2005 році. Був членом Українського та Американського математичних товариств. Юрій Макарович справжній патріот України. Він навчав саме українську молодь, підтримував українську науку, не був байдужим до долі України, палко обороняв її мову, культуру й незалежність. 7 червня 2019 року не стало математика світового рівня Юрія Макаровича Березанського, який віддав математиці понад 70 років свого життя.

**Висновки.** Творчість Ю. М. Березанського значною мірою ще довго буде визначати пріоритетні напрямки в сучасному функціональному аналізі.



## 19. Анатолій Володимирович Скороход – український віртуоз математики

Ангеліна Соколи, Володимир Сафонов

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Україна подарувала людству не тільки всесвітньо відомих композиторів і письменників, а й визначних вчених. Серед славетних імен українців, які прославилися своїми математичними здобутками, почесне місце належить Анатолію Володимировичу Скороходу.

**Матеріали і методи.** А.В. Скороход зробив винятковий внесок у розвиток теорії ймовірностей. Його величезні успіхи відзначені в багатьох авторитетних зарубіжних виданнях. В статті американського журналу «Natural science», присвяченій А. В. Скороходу, автор порівнює діяльність математика з виступом відомого піаніста, шанувальники якого, щоб потрапити на його концерт, стоять у довжеліній черзі.

**Результати.** Народився майбутній математик 10 вересня 1930 року в Нікополі Дніпропетровської області. Батько, Володимир Олексійович, і мати, Надія Андріївна, вчителювали. Ставлення до дітей в сім'ї було серйозним. У 1935 році переїхали до міста Марганець, Анатолій пішов до школи. У 1946 році, рятуючись від голоду, сім'я переїхала на Волинь. У 1948 році А.В. Скороход закінчує з золотою медаллю середню школу в Ковелі і поступає в Київський університет імені Т. Шевченка на механіко-математичний факультет. Під керівництвом академіка Б.В. Гнеденка і доцента Й.І. Гіхмана юнак активно включається в наукову роботу в області теорії ймовірностей і одночасно працює над розв'язанням декількох проблем. Закінчуючи університет в 1953 році, А.В. Скороход був автором п'яти наукових праць, три з них були опубліковані в провідних журналах. Того ж 1953 року Скороход поступає в аспірантуру при Київському університеті, його відряджають у Московський університет навчатися під керівництвом професора Є.Б. Динкіна. Там навколо А.М. Колмогорова склалася група талановитої молоді, в якій швидко стала вирізнятися постать молодого київського науковця Анатолія Скорохода. Повернувшись у 1957 році, А.В. Скороход почав викладати в Київському університеті. Активізувалась робота наукового семінару з теорії ймовірностей. Засідання семінару були перетворені у справжню творчу лабораторію. У 1963 році А.В. Скороход - доктор фізико-математичних наук, а з 1964 року працює завідувачем відділу теорії випадкових процесів в Інституті математики НАН України, у 1985 році - академік НАН України, у 2000 році - член Американської академії мистецтв і наук, є лауреатом Державних премій України в галузі науки і техніки за 1982 і 2003 роки. Він підготував 56 кандидатів і 17 докторів наук. А.В. Скороход є автором 40 монографій та підручників, більшість з яких перекладались і видавались в інших країнах, і понад 450 статей, надрукованих у провідних наукових журналах. Анатолій Володимирович завжди вирізнявся незалежністю своїх суджень. У 1968 році за участь у виступі представників української інтелігенції на захист конституційних прав йому було заборонено читати лекції, відмовляли у виїзді за кордон. Він з гідністю переніс обмеження своїх прав. З 1993 року А.В. Скороход працював у Мічиганському університеті в США і не поривав наукових зв'язків з Інститутом математики. Анатолій Володимирович Скороход пішов з життя 3 січня 2011 року в місті Лансінг (штат Мічиган, США), а 20-го травня 2011 року прах Анатолія Володимировича було захоронено у Києві на Байковому цвинтарі.

**Висновки.** Наукова й педагогічна діяльність *Анатолія Володимировича Скорохода* суттєво вплинула на розвиток сучасної математики не лише в Україні, а і в усьому світі.

## 20. Циклоїда та її властивості

Дарина Бондаренко, Ганна Циганкова

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Циклоїдальні криві утворюються як траєкторія руху фіксованої точки деякого кола, що котиться без ковзання по прямій, колу чи іншій кривій. Вони займають вагомe місце серед трансцендентних ліній і мають відображення в природі.

**Матеріали і методи.** В перекладі з грецької мови «циклоїдальна» означає «колоподібна, та, що нагадує коло». Крива, яку описує точка кола, що котиться без ковзання по прямій лінії, називається циклоїдою. Першим запропонував назву і почав вивчати циклоїду Галілео Галілей (1564-1642), а потім його учні і послідовники. Простота і вишуканість одночасно цієї кривої привабила до її досліджень багатьох вчених 17-18ст. - Паскаля, Лейбніца, Бернуллі.

**Результати.** В роботі проведено дослідження історичних відомостей про циклоїду. Досліджено ряд цікавих властивостей циклоїди - це властивість «брахістохрона» або задачі про найшвидший спуск та «таутохрона» - властивість годинника з маятником. Виявилось, що кривою, спуск по якій від початкової точки  $A$  до кінцевої точки  $B$ , займає найкоротший час, є перевернута циклоїда. Цю криву і назвали «брахістохроною» - кривою найкоротшого часу. Цю задачу розглядали Лейбніц, Ньютон, Лопиталь, Бернуллі. Методи, які розвинулись при розв'язанні цієї задачі, дали початок новому напрямку математики - варіаційному численню. Друга цікава властивість циклоїди – це та, що по перевернутій циклоїді буде рухатись кулька маятника, період коливань якого, не залежить від його амплітуди. Цю властивість циклоїди називають також «таутохрона». Дослідив цю властивість голландський вчений Х. Гюйгенс у 17 ст. Із цієї властивості випливає, що час досягнення нижньої точки циклоїди не залежить від початкового положення матеріальної точки.

Розглянуто побудову циклоїди. Нехай коло радіусу  $R$  котиться по прямій  $l$  і  $C$  – фіксована точка кола. З'єднуючи плавною лінією положення точки  $C$  при повороті кола послідовно на  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$  і т.д. (кути повороту, кратні  $45^{\circ}$ ), отримаємо ділянку циклоїди, що відповідає одному повному обороту кола. При наступних оборотах будуть утворюватися такі ж ділянки, тобто, циклоїда складається із ділянки, яка періодично повторюється, і називається аркою циклоїди. Траєкторія точки, що лежить на радіусі всередині кола, яке котиться по прямій, називається укороченою циклоїдою, а точки, що лежить на радіусі за межами кола - трохоїдою. Циклоїда належить до великого сімейства кривих, які вимальовує точка кола в залежності від шляху його руху. Точка кола, яке котиться в середині іншого кола, описує гіпоциклоїди (з грецької «ύλο»-під, «κύκλος» - круг, коло). Точка кола, що котиться ззовні іншого кола, описує епіциклоїди («επί» - на, над, κύκλος - круг, коло).

За допомогою інтегрального числення знайдено площу однієї арки циклоїди, заданої параметричними рівняннями, і її довжину дуги.

**Висновки.** Систематизовано знання про циклоїдальні криві. Циклоїдальні криві використовуються у багатьох технічних розрахунках. Циклоїда виявилась тією кривою, за допомогою якої були розвинуті нові математичні методи.

## 21. Число $e$ і його тасмниці

Павло Крещенко, Ганна Циганкова

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Число  $e$  - основа натуральних логарифмів - є однією з фундаментальних математичних констант, яка відіграє важливу роль в багатьох розділах математики, в диференціальному і інтегральному численні, теорії чисел, теорії ймовірностей.

**Матеріали і методи.** Вперше ця константа, значення якої приблизно дорівнює 2,718281, неявно з'явилася у таблицях натуральних логарифмів в роботі шотландського вченого Джона Непера «Опис дивовижної таблиці логарифмів» у 1614р. Вперше число  $e$  було обчислено Якобом Бернуллі в процесі розв'язування задачі про максимальний дохід. Пізніше букву  $e$  у своїх роботах почав використовувати Леонард Ейлер, який глибоко дослідив властивості цієї величини. Тому зазвичай це число називають числом Ейлера.

**Результати.** Розглянуто унікальні властивості числа  $e$ : графік функції  $y=e^x$  має одиничний кутовий коефіцієнт в точці  $x=0$ ; показникова функція  $y=e^x$  – експонента – є єдиною функцією, яка дорівнює своїй похідній, тобто, експонента описує величини, швидкість зростання яких пропорційна значенню цієї величини; натуральний логарифм або логарифм з основою  $e$  є оберненою функцією для експоненціальної функції; площа під графіком функції  $y=e^x$  від  $-\infty$  до 1 дорівнює числу  $e$ . Досліджено виникнення числа  $e$  при спробі обчислити границю  $\lim_{n \rightarrow \infty} (1 + \frac{1}{n})^n$ , яка зараз носить назву

другої важливої границі, а також внаслідок розв'язування задачі про складні відсотки. Нехай вкладено в банк 1 грн. під 100% річних. Виявлено, що при капіталізації відсотків по вкладу двічі за рік, в кінці строку буде отримано  $(1 + \frac{1}{2})^2 = 2,25$  грн. При капіталізації

відсотків кожного місяця отримаємо  $(1 + \frac{1}{12})^{12} = 2,613035$ . При неперервному нарахуванні

процентів протягом року, тобто при  $n \rightarrow \infty$ , наприкінці року буде отримано величину

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (1 + \frac{1}{n})^n = e.$$

Розглянуто метод обчислення числа  $e$  за допомогою розкладу в нескінченні ланцюгові дроби. Нескінченні ланцюгові дроби знаходять все більше застосування в обчислювальній техніці, вони можуть бути використані для рішення алгебраїчних і трансцендентних рівнянь, для швидкого обчислення значень окремих функцій. Визначено, що число  $e$  є ірраціональним і трансцендентним числом. Не дивлячись на деяку штучність і удавану абстрактність числа  $e$ , воно з'являється природним чином при розв'язанні цілком практичних задач. Розв'язано задачу про максимальне значення кореня ступеня  $1/x$ .

**Висновки.** Отримано знання про число Ейлера та його властивості. З'ясовано питання про вигляд і властивості графіку експоненціальної функції. Знайдено максимальне значення кореня.

# Section 19

## **Chemistry and chemical technology**

# Секція 19

## **Хімія і хімічні технології**

# 19.1.

## Chemistry

**Chairperson – professor Svitlana Bondarenko**

**Secretary – Simurova N.V.**

# 19.1.

## Хімія

**Голова – професор Світлана Бондаренко**

**Секретар – Сімурова Н.В.**

*До 175-ліття з дня народження*

**Іван Пулюй – видатний український вчений і філософ**

**Борисенко Марія, Олександр Перепелиця, Тетяна Петренко**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Дуже часто в історії науки трапляються парадокси, коли геніальні вчені найменше відомі у себе на Батьківщині. Стосується це також одного з найвідоміших великих українців – Івана Пулюя, 175-ліття з дня народження якого міжнародне людство відзначало 2 лютого 2020 р.

**Короткі біографічні дані і результати наукової діяльності вченого.** Іван Пулюй народився у с. Гримаїлів, що на Тернопільщині у сім'ї священника. До міської гімназії ходив, долаючи щоденно понад п'ять кілометрів, навчався сумлінно та займався громадською роботою. Разом зі своїми друзями заснував Товариство української молоді «Громада». Це було початком його постійного життєвого вибору поєднувати громадську, наукову та освітню роботу. Його життєвим кредо було ніколи не скаржитись на погані життєві умови, недостачу часу, а наполегливо працювати. Він говорив, що трудитись необхідно так, щоб наші потомки колись могли збирати те, що ми посіємо.

Навчався він у Відні у греко-католицькій духовній семінарії, де познайомився з Пантелеймоном Кулішем. Пізніше вони разом виконали перший переклад Біблії українською мовою. Проте Іван Пулюй не став духовною особою, його полонили точні науки – фізика та математика, лекції з яких він слухав у Віденському університеті.

З 1869 р. Іван Пулюй – вчений фізик, який першим помітив катодні промені (за сучасними даними – потік електронів), вивчав фізичні явища, які викликані світлом. У 1884 р. вченого запрошують до Німецької вищої технічної школи у м. Празі.

Цей заклад став місцем найбільших наукових досягнень ученого, де він викладав фізику, а 1888-1889 р. був ректором. Перебуваючи на високій адміністративній посаді, І. Пулюй продовжував наполегливо експериментувати. Внаслідок цього вчений відкрив у 1886 р. Х-промені, які незаслужено дістали назву рентгенівських, хоч Конрад Рентген запатентував їх відкриття під своїм ім'ям набагато пізніше – у 1895 р. А перед цією подією першу рентгенівську трубку Рентгену подарував сам. І. Пулюй, який завжди говорив: «Ці рурки (тобто трубки) – мої!». Першість І. Пулюя визнавав і Енштейн.

Вчений був завідувачем кафедри електротехніки, зробив багато винаходів у цій галузі, зокрема, створив апарат для визначення механічного еквівалента тепла [1].

**Висновок.** Виходячи із історичної достовірності, вважаємо, що рентгенівські промені названі помилково і правильно їх називати пулюївськими променями.

Іван Пулюй був великим українцем (знав 14 іноземних мов), визначним громадським діячем і вченим, який возвеличив Україну і вірив у її успішну державність.

### **Література**

1. Оксана Пеленська. 175-літній ювілей. Українець Іван Пулюй відкрив промені, які назвали рентгенівськими. Режим доступу:

<https://www.radiosvoboda.org/a/30411946.html>

## Синтез трифлуорацетонілхромонів

Ірина Білецька<sup>1</sup>, Михайло Фрасинюк<sup>1,2</sup>, Світлана Бондаренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії імені В. П. Кухаря  
НАН України, Київ, Україна

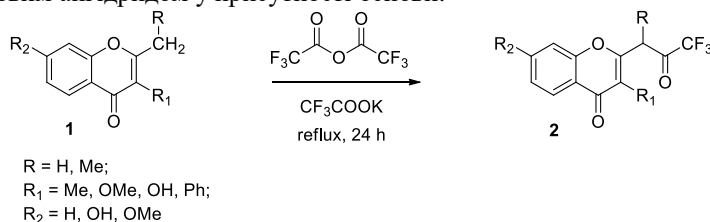
<sup>2</sup>Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Введення флуору та флуоровмісних функціональних груп у біологічно активні сполуки для посилення біологічної дії, метаболічної стабільності, зв'язування або інших бажаних змін властивостей є перспективною стратегією медичної хімії [1,2]. Однак введення функціональної групи, що містить флуор, у конкретне положення активної сполуки часто є непростим завданням й зазвичай вимагає складних синтетичних методів.

**Матеріали та методи.** Контроль перебігу реакцій та чистоти продуктів здійснювали з використанням тонкошарової хроматографії та хромато-мас спектрометрії. Дослідження будови сполук проводили спектроскопічними методами: <sup>1</sup>H ЯМР, <sup>13</sup>C ЯМР, <sup>19</sup>F ЯМР.

**Результати.** Загальний синтетичний підхід до 2-алкіл хромонів, як правило, включає реакцію похідних активованих карбонових кислот, таких як ангідриди або хлорангідриди, з 2'-дезоксibenзоїнами. Однак введення галогеновмісного алкільного замісника шляхом використання цих реакцій має певні обмеження.

З метою розробки синтетичного підходу до одержання 2-трифлуорацетонілхромонів **2**, нами була досліджена взаємодія 2-алкілхромонів **1** з трифлуороцтовим ангідридом у присутності основи.



Визначено оптимальні умови реакції трифлуорацетилювання 2-алкілхромонів **1**, з'ясовано вплив замісників в хромоновому ядрі на перебіг реакції та ймовірний механізм, що лежить в основі цієї реакції.

**Висновок.** Розроблений простий та ефективний метод синтезу 2-(3,3,3-трифлуорацетоніл)хромонів шляхом їх взаємодії з трифлуороцтовим ангідридом у присутності CF<sub>3</sub>COOK. Трифлуорацетилюванням похідних 2-метил- або 2-етилхромону синтезовано їх 2-трифлуорацетонільні похідні.

### Література

1. Wang, J.; Sánchez-Roselló, M.; Aceña, J. L.; del Pozo, C.; Sorochinsky, A. E.; Fustero, S.; Soloshonok, V. A.; Liu, H., Fluorine in Pharmaceutical Industry: Fluorine-Containing Drugs Introduced to the Market in the Last Decade (2001–2011). *Chem. Rev.* **2014**, *114* (4), 2432-2506.

2. Westwell, A. D., *Fluorinated Pharmaceuticals: Advances in Medicinal Chemistry*. Future Science Ltd: London, 2015; p 139.

## Синтез трифлуорацетонілхромонів

Артем Литвиненко<sup>1</sup>, Галина Мруг<sup>1,2</sup>, Світлана Бондаренко<sup>1</sup>

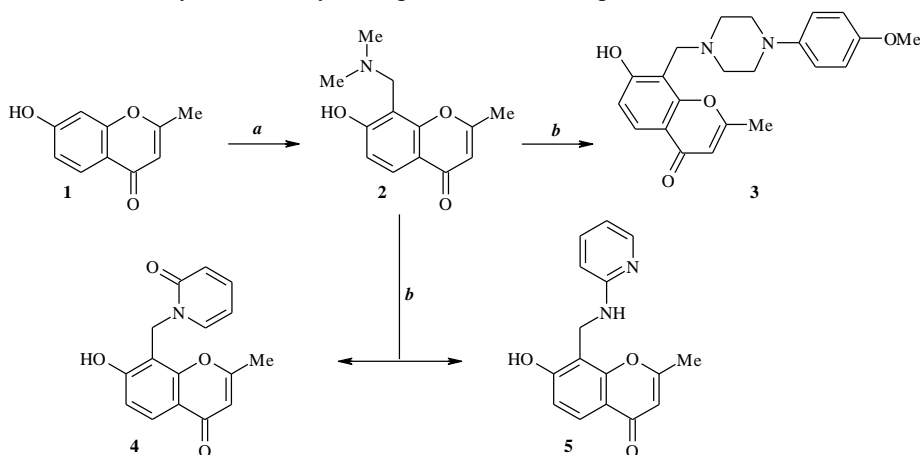
<sup>1</sup>Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

<sup>2</sup>Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії імені В. П. Кухаря  
НАН України, Київ, Україна

**Вступ.** Похідні хромену (4*H*-хромен-4-ону) виявляють широкий спектр біологічної активності. Вони демонструють протизапальні, противірусні, антиоксидантні, антимуtagenні, протипухлинні та антигіпертензивні властивості, є інгібіторами багатьох ферментів. Завдяки величезному фармакологічному потенціалу, хромонове ядро вважається привілейованим скаффолдом в медичній хімії.

**Матеріали та методи.** Контроль перебігу реакцій та чистоти продуктів здійснювали з використанням тонкошарової хроматографії та хромато-мас спектрометрії. Дослідження будови сполук проводили за допомогою <sup>1</sup>H та <sup>13</sup>C ЯМР спектроскопії.

**Результати.** Як відомо основи Манніха флавоноїдів здатні до генерування *in situ* орто-хінон метидів. З метою одержання нових нітрогеновмісних похідних 3-метилхромену **1** нами роблено шлях його амінометилування та подальше введення орто-хінон метиду [1], який був генерований *in situ*, в реакцію Міхаеля



*a*  $\text{CH}(\text{NMe}_2)_2$ , *i*-PrOH; *b*  $\text{R}^1\text{R}^2\text{NH}$ , діоксан

Як *N*-нуклеофіли в *aza*-реакції Міхаеля нами використані *n*-метоксифеніліпіразин, 2-аміно- та 2-гідроксипіридин. Як виявилось, *aza*-реакція Міхаеля протікає по найбільш нуклеофільному центру, зокрема, у випадку похідних піридину – були виділені два регіоізмери **4** та **5**.

**Висновок.** Синтезовано нові нітрогеновмісні похідні хромену **3–5**, структура яких підтверджена спектроскопічними методами.

### Література

1. Frasinjuk M. S., Mrug G.P., Bondarenko S.P. et al. (2016) Antineoplastic Isoflavonoids Derived from Intermediate ortho- Quinone Methides Generated from Mannich Bases, *ChemMedChem*, 11, pp. 600-611.



## Модифікація картопляного крохмалю хлорангідридом пропіонової кислоти

Олена Цільвік, Наталія Сімурова, Сергій Шульга

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Модифікація крохмалю дозволяє змінювати його фізико-хімічні властивості та створювати нові матеріали з заданими властивостями. Метою нашої роботи було дослідження модифікації картопляного крохмалю хлорангідридом пропіонової кислоти з метою подальшого фізико-хімічного вивчення одержаного продукту.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження є нові модифіковані крохмалі. Методом синтезу модифікованих крохмалів є реакція ацилювання нативного крохмалю хлорангідридом пропіонової кислоти, для дослідження модифікованого крохмалю застосовували ЯМР  $^1\text{H}$ , ІЧ спектроскопію, рентгено-фазовий аналіз та мікроскопію.

**Результати.** Нами запропоновано зручний метод модифікації крохмалю хлорангідридом пропіонової кислоти з використанням розчинника диметилсульфоксиду (ДМСО). Цей ефективний розчинник, що набув широкого застосування в органічному синтезі, має ряд переваг, основною з яких є його повна розчинність у воді, що дозволяє цілком видалити його залишки після реакції, до того ж, ДМСО має низьку токсичність, застосовується як лікарський засіб у фармацевтиці.

Під час аналізу ІЧ-спектрів нативного та модифікованого крохмалю, проаналізовано нехарактеристичну область спектру ( $400\text{-}1000\text{ см}^{-1}$ ). Зразок нативного картопляного крохмалю та модифікованого мають різні спектри у цій області. Ця область коливань вуглецевого скелету молекули різко реагує на незначні зміни у структурі молекули. Крім того, в ІЧ-спектрі етерифікованого крохмалю наявна інтенсивна смуга при  $1731,46\text{ см}^{-1}$ , що характерно для карбонілу складі естерної групи. За результатом аналізу спектрів ЯМР  $^1\text{H}$  встановлено, що етерифікація крохмалю відбувається по другому гідроксилу глюкопіранозних кілець ланцюгу крохмалю.

З метою з'ясування ступеня впливу процесу етерифікації на кристалічність структури етерифікованого картопляного крохмалю використано метод рентгенофазового аналізу. Згідно дифрактограми нативного картопляного крохмалю було підраховано, що крохмаль до етерифікації має аморфно-кристалічну структуру зі ступенем кристалічності 12 %, а модифікований картопляний крохмаль має ступінь кристалічності 2 %. Результати мікроскопіювання підтверджують результати рентгеноструктурного аналізу про зменшення частки кристалічної фази у складі крохмалю. Отже, як свідчать результати рентгенограми, хімічна модифікація крохмалю призводить до руйнування його кристалічної будови.

**Висновок.** Було здійснено хімічну модифікацію крохмалю хлорангідридом пропіонової кислоти та досліджено фізико-хімічні властивості модифікованого крохмалю. Отриманий модифікований крохмаль може бути використаний в харчовій промисловості, зокрема для виготовлення біодеградабельних покриттів.

### Література

1. Кряжев В.Н., Романов В.В., Широков В.А. (2010), Последние достижения химии и технологии производных крахмала, *Химия растительного сырья*, 1, с. 5-12.

## Зшивання ланцюгів крохмалю хлорангідридом яблучної кислоти

Володимир Шамрай, Наталія Сімурова, Сергій Шульга

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Крохмалі, модифіковані кислотами, гідроксидом калію, персульфатом амонію тощо, промислово виробляються у багатьох країнах світу [1]. Реакція модифікації відбувається, як правило, за рахунок взаємодії крохмалю з ангідридами та хлорангідридами кислот в органічних розчинниках – піридині, толуолі, диметилформаміді, N,N-диметилацетаміді, що є токсичними та важко видаляються з кінцевого продукту [2].

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження є нові модифіковані крохмалі. Методом синтезу модифікованих крохмалів є реакція ацилювання нативного крохмалю хлорангідридом яблучної кислоти, а методом дослідження – спектроскопія ЯМР, ІЧ та рентгено-структурний аналіз.

**Результати.** Нами запропоновано метод модифікації картопляного крохмалю хлорангідридом ацетиляблучної кислоти. Процес модифікації підтверджується рядом факторів. Так, в ІЧ-спектрі модифікованого крохмалю з'явився максимум при 1737,06  $\text{см}^{-1}$ , що характерно для  $\text{C}=\text{O}$  у складі естерної групи, яка з'явилася в модифікованому крохмалі в результаті реакції ацилювання. Характер смуги валентних коливань  $\nu_{\text{OH}}$  в ІЧ-спектрах нативного крохмалю і модифікованого крохмалю також є достовірним підтвердженням позитивного результату реакції. В спектрі зразка нативного крохмалю присутня достатньо широка інтенсивна смуга, яка знаходиться при 3389,35  $\text{см}^{-1}$ , а в спектрі зразка модифікованого зразка смуга більш інтенсивна і менш широка і лежить в області більш сильних коливань при 3426,53  $\text{см}^{-1}$ . Це пов'язано зі ступенем участі  $\text{OH}$ -групи в утворенні водневих зв'язків. Крім того, у разі порівняння ІЧ-спектрів нативного та модифікованого крохмалів з'ясувалося, що спектри мають різні коливання в нехарактеристичній області.

Отже, за результатами ІЧ аналізу зразок нативного та модифікованого крохмалів мають різний хімічний склад в результаті хімічної модифікації картопляного крохмалю хлорангідридом ацетиляблучної кислоти.

Отримані результати елементного аналізу ацильованого картопляного крохмалю хлорангідридом яблучної кислоти наступні: знайдено Карбону 44,47 %, Гідрогену – 6,07 %; розраховано Карбону 44,86 %, Гідрогену – 5,79 %. Результати елементного аналізу та ІЧ-спектри показують, що ацилювання відбулося шляхом зшивання глюкопіранозних ланцюгів крохмалю хлорангідридом яблучної кислоти за співвідношенням однієї молекули яблучної кислоти і шести залишків глюкопіранозних кілець.

**Висновок.** В результаті дослідження продуктів реакції картопляного крохмалю та хлорангідриду ацетиляблучної кислоти встановлено, що відбувається зшивання лінійних ланцюгів глюкопіранозних залишків крохмалю, що призводить до збільшення гідрофобних властивостей речовини.

### Література

1. Hui Chi et al. 2008, Effect of acetylation on the properties of corn starch, *Food Chemistry*, 106 (3), pp. 923-928.
2. Суворова А.И., Тюкова И.С., Труфанова Е.И. (2000), Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала, *Успехи химии*, 69 (5), с. 494-504.

## Синтез нових похідних 2,3-дигідро-1Н-бензо[de]ізохінолін-1,3-діону

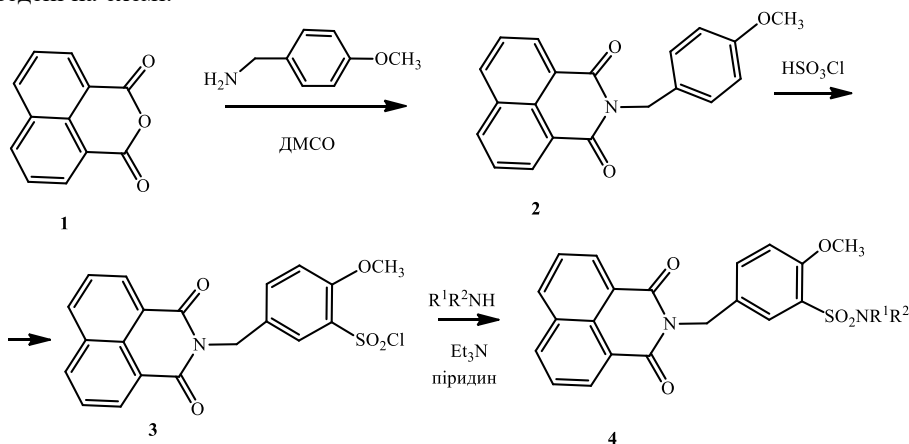
Вячеслав Черепанський, Наталія Сімура

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Похідні 2,3-дигідро-1Н-бензо[de]ізохінолін-1,3-діону виявляють оригінальні флуоресцентні, фотофізичні та електрохімічні властивості, серед них знайдені біологічно активні речовини, з яких вже впроваджені в практику цитостатичні та протилейкемічні препарати [1]. Метою роботи був пошук нових речовини з високою біологічною активністю для потреб фармацевтичної промисловості.

**Матеріали і методи.** Для встановлення будови одержаних сполук застосовано методи ЯМР  $^1\text{H}$  спектроскопії та елементний аналіз. Спектри зареєстровано на приладі "Varian VXR-300", робоча частота – 300 МГц в розчині  $\text{DMSO-d}_6$ , внутрішній стандарт – ТМС.

**Результати.** Нами знайдені умови для конденсації 1,8-нафталевого ангідриду **1** з 4-метоксибензиламіном та подальшого селективного сульфохлорування продукту цієї реакції. Дією вторинних амінів на продукт сульфохлорування **3** отримані невідомі раніше 2-[4'-метокси-3'-(R-аміносульфоніл)бензил]-2,3-дигідро-1Н-бензо[de]ізохінолін-1,3-діони, виходи яких сягають 62-70%. Хімічні претворення наведені на схемі:



Для ідентифікації продуктів реакцій нами був проведений порівняльний аналіз спектрів ЯМР  $^1\text{H}$  нафталіміду **1**, продукту сульфохлорування **3** та сульфонамідів **4**.

**Висновки.** Таким чином, в результаті проведених досліджень нами одержані невідомі раніше похідні 2,3-дигідро-1Н-бензо[de]ізохінолін-1,3-діону, що перспективні для подальших біологічних досліджень.

Структуру продуктів реакції підтверджено даними спектроскопії ЯМР  $^1\text{H}$ , а склад – даними елементного аналізу.

### Література

1. Bekere L., Gachet D., Lokshin V., Marine W., Khodorkovsky V. (2013), Synthesis and spectroscopic properties of 4-amino-1,8-naphthalimide derivatives involving the carboxylic group. *Beilstein J. Org. Chem.*, 9, pp. 1311–1318.

## Розроблення зручної препаративної схеми одержання 2,5-дизаміщених 1,3,4-оксадіазолів

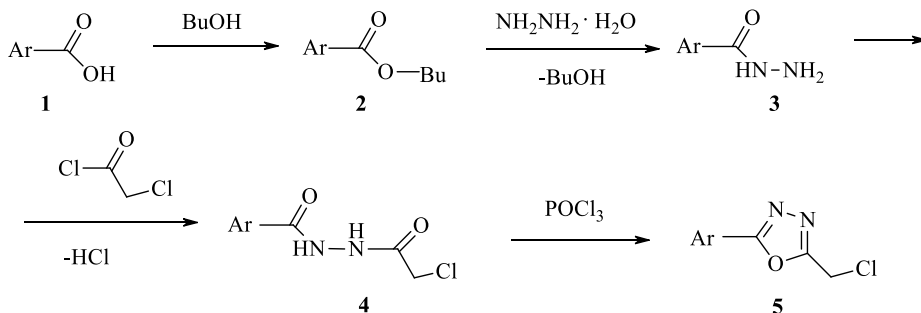
Олександр Кармашов, Наталія Сімурова

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** П'ятичленний оксадіазольний цикл широко досліджується завдяки широкому спектру біологічної та фармакологічної активності. Зокрема 1,3,4-оксадіазольний фрагмент є привілейованою структурою в медичній хімії, його можна розглядати як біозостер карбонових кислот та їх похідних. Метою роботи був пошук оптимальної схеми синтезу 2,5-дизаміщених-1,3,4-оксадіазолів, що давала б можливість одержувати препаративні кількості цільових речовин з високими виходами.

**Матеріали і методи.** Ароматичні карбонові кислоти є комерційно доступними, застосовувались без додаткового очищення. Для ідентифікації одержаних сполук використано методи ЯМР <sup>1</sup>H спектроскопії та елементний аналіз. Спектри зареєстровано на приладі "Varian VXR-300", робоча частота – 300 МГц в розчині ДМСО-d<sub>6</sub>, внутрішній стандарт – ТМС. Хід реакцій контролювали методом ТШХ на пластинах Silufol UV-254.

**Результати.** Циклізацією ацильованих гідразидів карбонових кислот **4**, що були нами одержані за наступною хімічною схемою, виходячи з комерційно доступних карбонових кислот, синтезовані 5-арил-2-хлорметил-1,3,4-оксадіазоли **5**, що мають ароматичний замісник та реакційно здатний хлорметильний фрагмент.



На перебіг реакцій впливають замісники у бенzenовому ядрі: вихід цільових продуктів більший у речовин, що мають електроноакцепторні замісники в ароматичному ядрі. Аналіз проміжних продуктів **2-4** свідчить про їх достатню чистоту, тому немає необхідності в їх додатковому очищенні. Використання бутанолу на стадії етерифікації надає значні переваги, оскільки перебіг реакції зручно контролювати за кількістю утвореної води.

**Висновки.** Таким чином, в результаті проведених досліджень нами розроблено зручний препаративний метод одержання 2,5-дизаміщених-1,3,4-оксадіазолів, що дозволяє синтезувати достатньо великі кількості цільових сполук з виходами до 70% та не потребує очистки проміжних речовин.

### Література

1. Mohammed I., Kummetha I. R., Singh G., Sharova N., Lichinchi G., Dang J., Stevenson M., Rana T. M. (2016). 1,2,3-Triazoles as Amide Bioisosteres: Discovery of a New Class of Potent HIV-1 Vif Antagonists. *J. Med. Chem.*, 59, pp. 7677-7682.

## Дослідження фенольного складу кропу *Anethum graveolens* L.

Тимофій Нікітін, Лілія Дронько, Світлана Бондаренко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** *Anethum graveolens* L., широко відомий як кріп, є однією з найбільш корисних лікарських рослин, яку культивують в усьому світі. Відомо, що екстракти *Anethum graveolens* виявляють антимікробну, протигрибкову, антиоксидантну, протизапальну, знеболюючу, гіполіпідемічну активність, впливають на роботу шлунково-кишкового тракту. *Anethum graveolens* L. містить ефірну олію, вологу, білки, вуглеводи, клітковину, фуранокумарини, фенольні сполуки та Кальцій, Калій, Магній, Фосфор, Натрій, вітаміни А і В3 [1, 2].

**Матеріали та методи.** В роботі використане листя кропу *Anethum graveolens* L. після екстрагування ефірної олії гексаном. Для якісного аналізу сировини використовували тонкошарову хроматографію (ТШХ) на пластинках Alugram Xtra SIL G/UV254 (Macherey-Nagel). Кількісний аналіз екстрактів проводили методом спектрофотометрії в УФ-області на спектрофотометрі «ЮНИКО 1201».

**Результати.** Нами проведений фітохімічний аналіз плодів кропу після екстрагування ефірної олії, який включав стандартні якісні реакції на фенольні сполуки та флавоноїди, тонкошарову хроматографію та кількісний аналіз вмісту фенолокіслот та флавоноїдів.

Реакції з 5%-вими розчинами  $\text{FeCl}_3$  та  $\text{AlCl}_3$ , розчином  $\text{NH}_3$ , 2%-вим  $\text{Pb}(\text{OAc})_2$ , 1%-вим  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$ , а також ціанідинова реакція та реакція Вільсона свідчать про наявність фенольних сполук в екстрактах.

Якісний аналіз отриманих екстрактах проводили методом ТШХ в системах хлороформ – метанол – вода (24 : 14 : 3) та *n*-бутанол – оцтова кислота – вода (4 : 1 : 2). В усіх випадках при детекції в УФ-світлі (254 нм) спостерігали наявність плям рутину та хлорогенової кислоти.

Оцінка кількісного вмісту флавоноїдів була проведена методом спектрофотометрії з використанням ДСЗ рутину при довжині хвилі 412 нм. З метою виключення внеску супутніх речовин в оптичну густину було використано комплексоутворення з  $\text{AlCl}_3$ . Вміст флавоноїдів в перерахунку на рутин складав 3.014%.

Спектрофотометрично був визначений вміст в листі кропу гідроксикоричних кислот в перерахунку на хлорогенову кислоту при довжині хвилі 327 нм, який складав 2.97%.

**Висновок.** Нами показано, що листя кропу після виділення ефірної олії містить ряд фенольних речовин, що дозволяє використовувати його як цінний вторинний сировинний ресурс при виробництві різних харчових добавок.

### Література

1. Kaur, N.; Kaur Chahal, Kh.; Singh, R.; Urvashi (2018). Phytochemical screening and antioxidant activity of *Anethum graveolens* L. seed extracts. *Pharm. Innov. J.*, 7(6), pp. 324-329.
2. Al-Snafi, A. E., The pharmacological importance of *Anethum Graveolens*. A review. (2014). *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.*, 6 (4), pp. 11-13.

## Моніторинг фторидів у зубних пастах

Кристіна Ворушило, Аліна Шолудько, Вікторія Капко,  
Андрій Можейко, Руслан Волошенко, Людмила Катеринич,  
Єлизавета Костенко, Олена Бутенко

*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Фториди входять до складу окремих зубних паст, оскільки зумовлюють ремінералізацію каріозних ділянок на ранніх стадіях, знижують розчинність зубної емалі, а також захищає емаль від демінералізації під час впливу кислого середовища. Незважаючи на те, що фторид – природна речовина, він є значно токсичнішим для людини, ніж свинець. Ін'єкція 2-5 грамів фториду натрію (стандартний компонент в зубній пасті) — смертельна доза.

Зубна паста з фтором містить значно вищу концентрацію фториду у порівнянні з вмістом фториду в природі.

**Матеріали та методи.** В роботі використовували 0,1 М розчин NaF, приготовлений за наважкою NaF х.ч. Визначення фториду ґрунтується на вимірюванні електрорушійної сили (Е або ЕРС) електрохімічної комірки, заповненої досліджуваним розчином, в якій занурені індикаторний фтор-селективний електрод та електрод порівняння хлоридсрібний. Іономір И-160. Застосовується метод градувального графіка.

Вміст NaF ( $\omega$ , мг NaF/г пасти) у зразку зубної пасти обчислюють за формулою

$$\omega(\text{NaF}) = [C_x(\text{F}) \cdot 50 \cdot 42] / m,$$

де  $m$  – маса наважки зубної пасти, г;  $C_x(\text{F})$  – концентрація фторид-іонів, моль/л; 42 – молекулярна маса NaF; 50 – об'єм приготовленого розчину з досліджуваного зразка пасти з урахуванням кількості БРЗІС, мл.

**Результати.** В результаті проведених досліджень виміряно вміст фтори йонів у зубних пастах. Отриманні дані занесені в таблицю.

### Вміст фторидів у зубних пастах

Зразки пасти	Вміст фториду, мг/г
«Colgate»	2,64
«Sanino»	0,0330
«Blend-a-med 3D WHITE»	0,00995
«Lacalut»	0,05

**Висновки.** Перевірка зубної пасти Colgate на кількість в ній фторидів показала, що у аналізованому зразку міститься  $\omega(\text{NaF}) = 2,64$  мг/г, що майже в 1000 разів більше ніж ГДК у воді. Визначення вмісту фторидів у зубних пастах двох торгових марок: «Sanino» та «Blend-a-med 3D WHITE» показало, що отриманні дані не збігаються з вмістом фторидів, вказаних на упаковці. Вміст вказаний на упаковці в 10 разів більше, ніж був виявлений методом іонометрії.

## Моніторинг хлорофосу та дихлофосу у харчових продуктах

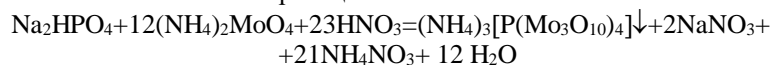
Руслан Волощенко, Марія Сипко,  
Єлизавета Костенко, Олена Бутенко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Пестициди – це хімічні речовини, які допомагають у боротьбі проти шкідників у сільському господарстві. Оскільки вони згубно діють як на різні види шкідників, так і на організм людини. Тому їхня концентрація має бути регламентованою у різних видах продукції. Метою нашої роботи було визначення наявності пестицидів у сільськогосподарській продукції.

**Матеріали та методи.** У якості досліджуваного матеріалу використана капуста білокачанна, огірки, помідори, банани, виноград, тощо. Розчини: 10%-й розчин NaOH; 15%-й розчин молібдату амонію; концентрована нітратна кислота. Визначення проводили за методикою, викладеною у [1].

**Результати.** В основі лежить реакція:



Результати представлені у таблиці.

### Ідентифікація дихлофосу і хлорофосу в рослинній сировині

№ проби	Аналізований зразок	Результат ідентифікації
1	Капуста білокачанна	Жовтий осад
2	Помідори	Жовто-помаранчевий осад
3	Банани	Зелений осад
4	Виноград	Жовтий осад
5	Огірок (зі шкіркою)	Жовтий осад
7	Морква	Помаранчевий осад
8	Яблуко	Без осаду

**Висновки.** Встановлено, що у усіх зразках, крім домашнього яблука відбулися зміни кольору і випав осад, що вказує на наявність залишків дихлофосу чи хлорофосу. Для зменшення вмісту пестицидів в рослинній сировині запропоновано очищення шкірки та їх тривале вимочування в воді перед споживанням.

### Література

1. Костенко, Є.Є. Основи токсикологічної хімії: Практикум [Електронний ресурс]: Навч. посіб. /Є.Є. Костенко, О.М. Бутенко. – К.: НУХТ, 2016. – 161 с.

## Моніторинг нітратів у плодоовочевій продукції

Ірина Рихальська, Руслан Волошенюк,  
Олена Теремило, Марта Шульга,  
Єлизавета Костенко, Олена Бутенко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Основним джерелом надходження нітратів у рослинну сировину є інтенсифікація процесу нітрифікації або неконтрольоване використання азотних добрив. За даними ВООЗ допустима щоденна норма нітратів для людини становить 5 мг на один кілограм ваги. Враховуючи вищезазначене, для рослинної сировини і продуктів його переробки встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК) нітратів у більшості країн світу.

**Матеріали і методи.** В якості об'єктів дослідження нами були обрані цибуля, картопля, кабачок, капуста, виноград. Для досліджень використовували йонометричний метод. Стандартні розчини з концентрацією нітрат-іонів –  $1 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-3}$  і  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup> – готували в мірних колбах місткістю 50 см<sup>3</sup> з основного розчину нітрату калію (0,1 моль/дм<sup>3</sup>) шляхом послідовного розведення екрануючим розчином [1].

**Результати.** Пробу подрібненого і перемішаного дослідного зразку масою 10 г, зваженого з точністю до другого десяткового знака, поміщали у склянку і додавали 50 см<sup>3</sup> екстрагуючого розчину. Отриманий аналізований розчин переносили у склянку, куди опускали явір магнітної мішалки, електродну пару і вимірювали величину потенціалу. Проводили аналіз двох паралельних проб. За результатами було побудовано градувальний графік, за якими визначено вміст нітрат-іонів у досліджуваних зразках. Результати представлені у таблиці.

**Вміст нітрат іонів в плодо-овочевій продукції, мг/кг**

№	Назва рослинної сировини	Вміст (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/кг	ГДК, мг/кг
1	Цибуля ріпчаста	140	80
2	Картопля зі шкіркою	331	250
3	Кабачок	161	400
4	Цвітна капуста	320	500
5	Виноград	-	60
6	Огірок зі шкіркою	231	400

**Висновки.** В ході виконання роботи була досліджена та перевірена на вміст нітратів сільськогосподарська продукція. Перевищення ГДК спостерігалось лише в цибулі ріпчастій та огірках зі шкіркою. Для зменшення вмісту нітратів було запропоновано вимочування у воді, очищення від шкірки рослинної сировини.

### Література

1. ДСТУ EN 12014-1-2002 (EN 12014-1:1997, IDT) Продукти харчові. Визначення вмісту нітрату і (чи) нітриту.



## Моніторинг нітритів у копчених ковбасах

**Вікторія Капко, Кристина Ворушило, Аліна Шолудько, Анастасія Дзюбенко, Руслан Волошенюк, Єлизавета Костенко, Олена Бутенко**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Нітрити натрію та калію виступають комплексними добавками як консерванти та фіксатори кольору. В Україні ці добавки дозволені, але їхня концентрація регламентується, оскільки при перевищенні дозвільної норми вони можуть викликати онкологічні захворювання. Метою роботи було визначити концентрацію нітритів у зразках копчених ковбас.

**Матеріали та методи.** Зразки копчених ковбас на наявність нітритів визначали фотокалориметричним методом на фотоелектроколориметрі ФЕК-2.

**Результати.** Суть методу полягає у взаємодії між нітрит-іонами та сульфаніловою кислотою з подальшим утворенням червоно-фіалкової діазосполуки при взаємодії з  $\alpha$ -нафтиламином.

Визначення проводили за методом градувального графіка. Для його побудови готували серію стандартних розчинів нітриту натрію і вимірювали їх оптичну густину при довжині хвилі 520 нм відносно розчину порівняння із вмістом нітритів 0 мг/мл. Для визначення концентрації нітритів у зразках ковбаси готували витяжку. Далі проводили експеримент за стандартною методикою. Результати отримували за градувальним графіком методом графічної інтерполяції.

Масову частку нітритів  $\omega$ , % у досліджуваному м'ясопродукті розраховували за формулою:

$$\omega = (100 \cdot t_1 \cdot 100) / (1000 \cdot t)$$
, мг в 100 г м'ясопродукту, де  $t$  – наважка продукту, г;  $t_1$  – вміст нітритів, що визначається у мг, розраховували за градувальним графіком.

За кінцевий результат аналізу приймали середнє арифметичне значення двох паралельних вимірювань, якщо розбіжність між ними не перевищує 10%.

Результати наведені у таблиці.

### Вміст нітритів у зразках ковбас

Назви зразків	Визначено нітритів, %
«Салямі» – Фуршет	1,75
«Салямі» – Глобіно	0,02
«Московська»	2,00
«Мясна Гільдія»	0,25
«Губернаторська»	0,26
«Президентська»	0,26

**Висновок.** Встановлено, що вміст нітритів у ковбасах «Салямі» – Фуршет та «Московська» в 3,5-4,0 рази перевищує нормативні показники.

## Застосування активаторів та інгібіторів $\alpha$ -амілази для профілактики захворювань обміну речовин людини

Анна Веберова, Інна Попова

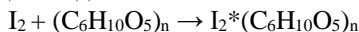
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Продукти, що містять крохмаль, – важлива частина раціону. Оскільки активність ферменту слини ( $\alpha$ -амілази) залежить від кислотності середовища, процеси травлення у людей, що мають вади здоров'я або шкідливі звички, без корекції зазнає небезпечних змін.

**Матеріали та методи.** В роботі використано аналіз наукової літератури стосовно впливу визначених хімічних агентів на активність амілази за різних умов.

**Результати.** Кислотність середовища ротової порожнини людини залежить від різних факторів: шкідливих звичок, вікових змін, несприятливих умов життя або праці, вживання ліків (зокрема антибіотиків), хвороб тощо. Підвищення або зниження кислотності, відповідно, впливає на активність  $\alpha$ -амілази: оптимальне значення рН для амілази складає 6,8 – 7,0. Знижений або навпаки підвищений показник активності амілази призводить до ускладнень у роботі ШКТ та є діагностичною характеристикою для ряду захворювань: панкреатиту (показник активності перевищує норму майже у 3 рази), ниркової недостатності, пухлин легенів та яєчників, кетоацидозу, хронічного алкоголізму тощо.

Швидкий та доступний метод аналізу, що визначає активність  $\alpha$ -амілази у слині, базуються на якісній реакції з йодом:



Цей метод дозволяє контролювати активність  $\alpha$ -амілази та, відповідно до показників, корегувати дієту і використовувати харчові добавки, що містять активатори [1] чи інгібітори  $\alpha$ -амілази, у залежності від результатів.

Як перспективна частина терапії цукрового діабету другого типу, інгібітори  $\alpha$ -амілази (ІАА), завдяки своїй антигіперглікемічній дії, пропонувалися ще у 1980 р. Попередні дослідження показали, що використання ІАА – один з найбільш ефективних методів зниження вуглеводного навантаження та усунення постпрандіальної гіперглікемії [2].

Всебічне дослідження впливу активаторів та інгібіторів (у різних концентраціях) на активність  $\alpha$ -амілази дає можливість створити лінію харчових добавок, яка буде регулювати рівень активності ферменту у людей з захворюваннями обміну речовин.

**Висновки.** Низька або висока активність  $\alpha$ -амілази призводить до ускладнень травлення та важких хвороб. Дослідження цього показника та розробка відповідних харчових добавок допоможе полегшити травлення для людей зі зміненою активністю  $\alpha$ -амілази.

### Література

1. Невзорова М.С., Высотин С.А., Сайфитова А.Т. (2019). Влияние хлорида натрия на активность амилазы слюны в зависимости от концентрации, *Международный студенческий научный вестник*, 1, с. 1-8.

3. Камынина Л.Л. (2012). Роль и место ингибиторов альфа-амилазы в комбинированном лечении сахарного диабета 2 типа: *дис. канд. мед. наук*, Москва, 135 с.

## **Вивчення взаємодії вуглеводів з амінокислотами поляриметричним методом**

**Сергієнко Маргарита, Інна Попова**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Взаємодія моносахаридів з амінокислотами за підвищених температур відбувається за реакцією Майяра. У той же час наявність утворення асоціатів, комплексів або інших видів фізико-хімічної взаємодії між компонентами харчової сировини, має впливати на перебіг технологічних процесів.

**Матеріали та методи.** Для контролю за змінами у поведінці вуглеводів в присутності амінокислот та білків було обрано вимірювання кута обертання площини поляризації світла в серіях досліджуваних сумішей.

**Результати.** Взаємодію «вуглевод-амінокислота» в загальному випадку вивчали в сумішах вуглеводів з амінокислотами з молярним співвідношенням 1:1, 1:2 та 2:1, а в системах, де складовими були біополімери – інулін та альбумін – використовували відповідні масові співвідношення, зважаючи на різний порядок молекулярних мас полімера і мономера, а з іншого боку, – на те, що мономер з полімером у даних серіях дослідів, наприклад глюкоза з альбуміном, або гліцин з інуліном, повинні взаємодіяти одночасно кількома молекулами мономера по окремих ланках полімерного ланцюга.

Вимірювання поляризації проводили окремо в кожному вихідному розчині, відразу після змішування та після кількох годин відстоювання за кімнатною температури. Для вимірювання застосовували відомі методики [1,2]. Для прискорення взаємодії в окремих випадках реакційну суміш нагрівали.

Встановлено, що поляризація сумішей залежить від співвідношень вуглеводу та білкового компоненту.

**Висновки.** Оскільки поляризація сумішей, в яких вуглевод та білкова сполука взяті в різних співвідношеннях, суттєво відмінні, то можна припустити, що вуглеводи з білками утворюють комплекси різного складу, які відрізняються фізико-хімічними характеристиками, зокрема оптичною активністю.

### **Література.**

1. Попова И.В., Лезенко Г.А., Павленко В.А., Ковбаса В.Н., Дорохович В.В. (2007). Исследование комплексообразования углеводов цикория с аминокислотами и белками. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 9, с.71-74.
2. Попова И.В., Фещенко Г.П., Лезенко Г.О., Поліщук Г.Є. (2005). Дослідження взаємодії білкових речовин з вуглеводами у молочно-цикорних сумішах. *Наукові праці НУХТ*, 2, с. 15-18.

## Дослідження біохімічного синтезу гіалуронової кислоти

Єлизавета Бутова, Інна Попова

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Гіалуронова кислота – нессульфатований глікозаміноглікан, зустрічається у позаклітинному матриці нервових, епітеліальних і сполучних тканин. Приймає участь у загоєнні ран, ембріональному розвитку. Гіалуронова кислота присутня практично у всіх тканинах організму, але в невеликій кількості. Тривалий час вчені не приділяли належної уваги дослідженню корисності і важливості даної кислоти. Але з'ясувалося, що гіалуронова кислота бере безпосередню участь в біохімічних процесах підтримання молодості шкіри і руху суглобів.

**Матеріали і методи.** Проаналізовані наукові джерела, що стосуються хімічних методів добування гіалуронової кислоти. В дослідженні представлено метод, який ґрунтується на властивості негативно зарядженої частинки гіалуронової кислоти (через карбоксильні групи) зв'язуватися з великою кількістю води, утворюючи високов'язкий гель.

**Результати.** В минулому сторіччі для медичного і хімічного використання застосовували гіалуронову кислоту, отриману з тваринних тканин. Згодом її почали синтезувати за допомогою спеціальних мікроорганізмів в біореакторі - це відчутно знизило ризик алергій, непереносимості, передачі інфекцій від тварин.

Більшість досліджень біосинтезу гіалуронової кислоти були зосереджені на *S.zooepidemicus*. Початок біосинтезу полягає у фосфорилуванні глюкози гексокиназою, утворюючи основний попередник - глюкозо-6-фосфат. Далі синтез розділюється на окремі шляхи, які синтезують глюкоуронову кислоту і *N*-ацетилглюкозамін. У першому наборі реакцій  $\alpha$ -фосфоглюкомутаза перетворює глюкозо-6-фосфат в глюкозо-1-фосфат. Потім глюкоза окислюється глюкозодегідрогеназою з утворенням першого попередника гіалуронової кислоти - глюкоуронові кислоти. У другому наборі реакцій глюкозо-6-фосфат перетворюється на фруктозо-6-фосфат за допомогою фосфоглюкоізомеразі. Після даних перетворень фруктозо-6-фосфат мітять амідогрупою, яку переносять з залишку глутаміну через амідотрансферази з утворенням глюкозамін-6-фосфату. Згодом, модифікують мутази для отримання глюкозамін-1-фосфату. Далі цю проміжну речовину послідовно ацетилюють і фосфорилують за допомогою ацетилтрансферази і пірофосфорилази відповідно з утворенням *N*-ацетилглюкозаміну. В результаті полімеризації утворюється полімер гіалуронової кислоти.

Для того щоб кожна молекула могла синтезувати капсулу гіалуронової кислоти, повинен бути присутнім ген *HAS* (був виділений з *S. pyogenes* з *Streptococcus* групи *A* (*GAS*)).

**Висновки.** Таким чином біохімічний синтез гіалуронової кислоти виводить на новий рівень медичне та косметологічне використання цієї сполуки, в першу чергу, за рахунок збільшення об'ємів промислового виробництва, безпечності та стерильності препаратів, до яких включена кислота.

## Моніторинг бактеріального забруднення молока

Андрій Можейко, Руслан Волошенко, Кристина Ворушило, Вікторія Капко,  
Аліна Шолудько, Єлизавета Костенко, Олена Бутенко  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Коров'яче молоко – один з найважливіших і найпоширеніших продуктів харчування людини. Але в молоці присутні і різноманітні забруднюючі речовини: токсичні елементи (свинець, миш'як, кадмій, ртуть), мікотоксини, антибіотики, інгібуючі речовини, пестициди, радіонукліди, гормони та бактеріальні забруднення, які і несуть найбільшу небезпеку. Отже бактеріальна забрудненість молока є важливим показником, який характеризує умови отримання та його санітарну якість. За стандартами ЄС, показник бактеріального забруднення в сирому продукті не повинен перевищувати 100 тис./см<sup>3</sup>.

**Матеріали та методи.** Метод ґрунтується на властивості ферменту відновлювати барвник метиленовий синій у його безбарвну лейко-форму. Чим більше мікроорганізмів у молоці, тим швидше проходить відновлення метиленового синього. Оптимальна температура процесу 38-40 °С.

**Результати.** Всі методи визначення бактеріального забруднення базуються на редуктазній пробі з різноманітними реагентами (метиленовим синім, метиленовим блакитним, резазурином). Для виявлення ступеня бактеріальної забрудненості молока нами було застосовано метод редуктазної проби. У даному експерименті було взято чотири різних проби молока: «Волошкове поле»; «Галичина»; та ще два зразки, які були придбані на стихійному ринку. Із слів продавця одне молоко було вечірнє, а інше ранішнє. Тобто другий зразок на момент дослідження був найсвіжіший. При додаванні до 20 мл молока 1 мл розчину метиленового синього і тримаючи у водяній бані при 38-40 °С. Не було виявлено знебарвлення кольору більше двох годин в жодному зразку це свідчить що молоко відповідає II класу – задовільне.

Результати досліджень представлені у таблиці.

### Результати досліджень

№	Назва проби	Аналітичний сигнал		
		20 хв.	2 год.	5,5 год.
1	Раннє домашнє	змін немає	змін немає	змін немає
2	Пізнє домашнє	змін немає	змін немає	змін немає
3	ТМ "Галичина"	змін немає	змін немає	змін немає
4	ТМ "Волошкове поле"	змін немає	змін немає	змін немає

**Висновок.** В результаті проведених дослідів було визначено, що жоден зі зразків молока не мав бактеріального забруднення, небезпечного для людини та відповідав якості не нижче II класу.

## Складові речовини їжі

**Постнікова Аліна, Олександр Перепелиця, Тетяна Петренко**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Для того щоб підвищувати якість харчових продуктів, насамперед необхідно знати їх хімічний склад, співвідношення між окремими компонентами, розміри частинок таких компонентів, взаємний вплив різних хімічних речовин їжі на її якість та інші властивості.

**Матеріали та методи.** Для встановлення складу харчових продуктів використовують реактиви, матеріали та методи в залежності від природи досліджуваного продукту і кінцевої мети дослідження. Найважливішими з таких методів є пряме аналітичне визначення хімічних елементів та ідентифікація тих хімічних речовин, які є у складі харчових продуктів. Тут використовують методи об'ємного аналізу, полум'яної спектрофотометрії, спектральний аналіз, вагові методи аналізу, рентгенофлюоресцентний аналіз та інші фізичні та фізико-хімічні методи (ЯМР спектроскопію, ІЧ спектроскопію, КР спектроскопію).

**Результати.** Поєднанням різних методів хімічного, фізико-хімічного та фізичного досліджень встановлюють якісний та кількісний склад харчових продуктів і природу їх складових компонентів. Як встановлено за результатами численних досліджень сучасних вчених, до складу харчових продуктів входять: органічні та неорганічні речовини, вода, вітаміни, різноманітні добавки, які забезпечують характерний смак, колір, запах, здатність зберігатись протягом тривалого часу та інші властивості.

Розглянемо основні складові їжі. Вуглеводи – це складні органічні речовини, що складаються з атомів трьох елементів – Карбону, Гідрогену та Оксигену. При цьому атоми Гідрогену і Оксигену знаходяться переважно у такому ж співвідношенні, як у воді, загальна формула вуглеводів  $C_n(H_2O)_m$ , наприклад,  $(C_6H_{12}O_5)_n$  – крохмаль (полімерна речовина, яка складається з залишків  $\alpha$ -глюкози). До складу їжі входять ліпіди – складні жироподібні сполуки, в основному, похідні вищих жирних кислот і спиртів або альдегідів. Жири є естерами гліцерину і вищих жирних кислот  $C_{17}H_{35}COOH$  – стеаринової (насиченої),  $C_{17}H_{33}COOH$  – олеїнової (ненасиченої) і ін. Білки – це біополімери, побудовані з залишків різних  $\alpha$ -амінокислот, з'єднаних між собою пептидними зв'язками. Вітаміни – це життєво необхідні складні органічні речовини, які в малих кількостях впливають на життєві біологічні процеси. Мінеральні речовини, які включають макро- та мікроелементи. Надзвичайно важливим компонентом в харчових продуктах є вода, яка має вирішальний вплив на їх якість. Крім названих речовин на властивості харчових продуктів і їх якість впливають такі речовини, як консерванти, стабілізатори, харчові барвники, підсилювачі смаку та ін.

**Висновок.** Виходячи із кількісних даних про хімічний склад харчових продуктів, природу їх компонентів і усвідомлюючи поставлену мету (а вона повинна бути гуманною) стає можливим свідомо підвищувати якість харчових продуктів.

## Дослідження фізико-хімічних властивостей співосаджених сумішей фосфатів аргентуму і магнію та аргентуму і купруму(II)

Гуленко Кристина, Олександр Перепелиця, Тетяна Петренко  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** В даний час відомості про властивості сумісно осаджених сумішей фосфатів аргентуму і магнію або аргентуму і купруму(II) в літературі відсутні. У зв'язку з цим в даній роботі була поставлена мета дослідити названі об'єкти.

**Матеріали та методи.** Як вихідні речовини використовували магній карбонат або нітрат, купрум(II) нітрат, аргентум нітрат, натрій гідрогенфосфат, всі реактиви кваліфікації «чда», натрій гідроксид, нітратна кислота та натрій нітрат – кваліфікації «хч».

Хімічний аналіз одержаних сумішей на вміст Аргентуму та Фосфору здійснювали за відомими стандартними методиками (об'ємний роданідний метод і ваговий – осадженням фосфомолібденової кислоти відповідно).

Термогравіметричний аналіз висушених на повітрі зразків фосфатів проводили на дериватографі П. Паулік – Л. Паулік – Л. Ердей, у платиновому тиглі, з наважкою  $0,20 \cdot 10^{-3}$  кг, зі швидкістю нагрівання  $0,33^\circ\text{C}/\text{с}$ ; ДТА = 50, ДТГ = 1000, шкала ТГ – 20 %.

Рентгенофазовий аналіз виконано на дифрактометрі ДРОН 3М з Cu ( $K_\alpha$  – випромінюванням) і комп'ютерною обробкою даних, похибка у визначенні кутів відбиття  $2\Theta$  становить  $\pm 0,04^\circ$ .

**Результати.** Хімічним аналізом в одержаних сумішах знайдено стехіометричне співвідношення Аргентуму та Фосфору, яке формально відповідає брутто формулі  $\text{Ag Me}^{2+} \text{PO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , де  $x = 0,2-1,0$ ;  $\text{Me}^{2+}$  – Mg, Cu. Проте рентгенофазовий аналіз переконливо показав, що цій формулі відповідає суміш двох речовин –  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  (темно-жовта речовина) з кубічною структурою і рентгеноаморфних  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  (біла речовина) або  $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$  (зелена речовина).

Термогравіметричний аналіз показав, що вода із даних сумішей повністю виділяється до  $375^\circ\text{C}$ , а взаємодія у випадку суміші з фосфатом купрума починається вище  $417^\circ\text{C}$ , що приводить до утворення подвійного фосфату  $\text{AgCuPO}_4$  ймовірно триклінної сингонії; з магнієм аналогічну сполуку не виділено [1].

### Висновок.

Методами фізико-хімічного аналізу досліджені сумісно осаджені суміші фосфатів аргентуму і магнію, а також аргентуму і купруму(II), встановлена хімічна природа фаз і доведено утворення подвійного фосфату аргентуму і купруму(II).

Одержані суміші можуть знайти застосування в якості каталізаторів різних промислових хімічних процесів.

### Література

1. Perepelytsia O.P., Maksin V.I., Ushchapivska T.I., Petrenko T.V., Khomenko B.S. (2019). Binary Co-deposited mixtures of silver and magnesium phosphates and silver and copper (II) phosphates. *Functional Materials*, 26, 4. pp. 1-8.

## Комплекси макроциклічних полієтерів з однозарядними катіонами

Олексій Мисюк, Олег Кроніковський

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Циклічні макромолекули, що містять в своїй структурі елементи-органогени, такі як O, S, P, N, проявили себе найбільш селективними сполуками в біологічних процесах Найпростішою моделлю таких систем є циклічні полієтери, чи краун-етери та їх ациклічні аналоги, здатні вибірково сольватувати катіони ряду металів, в першу чергу лужних та лужноземельних.

**Матеріали і методи.** Розчини краун-етерів ("Aldrich") готували за точною наважкою, вихідні розчини нітратів металів "х.ч." стандартизували титриметрично. Розчини трихлорацетатної кислоти стандартизували рН-метричним титруванням. Вміст металів в водній та органічній фазах визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі "Сатурн-ЗП-1" (полум'я пропан-бутан – повітря). Реєстрацію аналітичного сигналу вели за допомогою програмного забезпечення виробництва НВО "Семі" (м. Суми). Кислотність розчинів контролювали на рН-метрі ЭВ-74 зі скляним електродом.

**Результати.** Комплексоутворення краун-етерів з металами зумовлено електростатичною йон- дипольною взаємодією катіонів металів з негативно зарядженими донорними атомами Оксигену, що упорядковано розміщені в полієтерному кільці.

Дослідження виділених в твердому вигляді комплексів показали, що при відповідності йонного діаметра катіона розміру порожнини краун-етера утворюється стійкий комплекс найбільш простого складу 1:1, в якому катіон металу знаходиться в порожнині краун-етера. Якщо діаметр катіона більший за розмір порожнини краун-етера, то утворюються менш стійкі комплекси, в яких катіон може бути розміщений поза площиною макроциклічного кільця, або ж утворюються комплекси сендвічевої структури з співвідношенням метал – краун-етер 1:2 чи 2:3. Навпаки, якщо діаметр катіона значно менший за діаметр порожнини краун-етера, то кільце макроцикла набуває такої просторової конфігурації, при якій кожен донорний атом Оксигену розміщується на найбільш близькій відстані від катіона. В деяких випадках при цьому утворюються комплекси з співвідношенням метал – краун-етер 2:1.

У випадку комплексів 18-членних краун-етерів з катіонами лужних металів спостерігається повна кореляція між величинами  $\lg K_{ст}$  та величинами радіусів йонів – так, константи стійкості комплексів металів з 18-краун-6 та його похідними збільшуються при переході від  $Li^+$  до  $Na^+$  і  $K^+$ , а далі зменшуються для  $Rb^+$  і  $Cs^+$  відповідно. Навпаки, така залежність для 15-членних краун-етерів не спостерігається, що можна пояснити значним впливом конкуренції між комплексоутворенням та гідратацією йона. Більш високі значення  $K_{ст}$  для комплексів  $Ag^+$  і  $Tl^+$  порівнянні з близькими по розмірах йонами  $K^+$  і  $Rb^+$ , відповідно, зумовлені тим, що  $Ag^+$  і  $Tl^+$ , як йони перехідних металів, більш сильно поляризуються, ніж катіони  $K^+$  і  $Rb^+$ . Це призводить до більш сильного ковалентного зв'язування між катіоном та O-донорними атомами краун-етеру.

**Висновки.** Встановлено, що на стійкість комплексів однозарядних катіонів металів в значній мірі залежить від відповідності йонного діаметра катіона розміру порожнини краун-етера. Величини  $K_{ст}$  комплексів залежать також від здатності до поляризації та гідратації відповідних йонів.



## Дослідження комплексів макроциклічних полієтерів з двозарядними катіонами.

Діана Терещук, Олег Кроніковський

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Ефективне та разом з тим досить селективне комплексоутворення циклічних краун-етерів зумовлено електростатичною йон-дипольною взаємодією катіонів металів з негативно зарядженими донорними атомами Оксигену, що упорядковано розміщені в полієтерному кільці.

**Матеріали і методи.** Розчини краун-етерів ("Aldrich") готували за точною наважкою, вихідні розчини нітратів металів "х.ч." стандартизували титриметрично. Розчин трихлорацетатної кислоти стандартизували рН-метричним титруванням. Вміст металів в водній та органічній фазах визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі "Сатурн-ЗП-1" (полум'я пропан-бутан – повітря). Реєстрацію аналітичного сигналу вели за допомогою програмного забезпечення виробництва НВО "Семі" (м. Суми). Кислотність розчинів контролювали на рН-метрі ЭВ-74 зі скляним електродом.

**Результати.** На склад, будову та стійкість утворюваних комплексів впливає ряд факторів. В залежності від співвідношення між розмірами порожнини краун-етера та катіона можливе утворення комплексів відмінних як за своєю стійкістю, так і за структурою. Для визначення констант стійкості катіонних комплексів металів з краун-етерами використовуються різні методи: потенціометрія із застосуванням йон-селективних електродів, калориметричне титрування, полярографія, електронна спектроскопія та інші.

Для комплексів катіонів лужноземельних металів спостерігається залежність між  $K_{ст.}$  і відповідністю діаметра катіона розміру порожнини краун-кільця. Так, в випадку 18-членних краун-етерів найбільш високе значення  $K_{ст.}$  спостерігається для  $Va^{2+}(2,70\text{Å})$ , а в випадку 15-членних – для  $Sr^{2+}(2,26\text{Å})$ .

З іншого боку, серед двозарядних катіонів, для всіх 18-членних краун-етерів характерна значна селективність комплексоутворення з йонами  $Pb^{2+}(2,40\text{Å})$ , незважаючи на те, що йонний діаметр  $Va^{2+}$  значно краще підходить по розміру порожнині 18-членних краун-етерів (2,6 – 3,2Å). Таке явище можна пояснити більш високою здатністю до поляризації йона Плюмбуму в порівнянні з йоном Барію, а також більш вираженою спорідненістю йонів  $Pb^{2+}$  до ковалентного зв'язування з атомами Оксигену краун-кільця.

Утворення катіонних комплексів металів з краун-етерами в водних розчинах ускладнено досить вираженою здатністю полярних молекул води сольватувати катіони. При комплексоутворенні центральний йон металу має бути хоча б частково дегідратованим для входження в порожнину краун-етеру. Зменшити конкуруючу з процесом комплексоутворення гідратацію можна шляхом заміни води малополярними розчинниками з низькою енергією сольватації. Як правило, при переході до неводних розчинників стійкість комплексів зростає. В деяких випадках природа розчинника впливає на селективність комплексоутворення.

**Висновки.** Розглянуто здатність до комплексоутворення ряду двозарядних катіонів металів в залежності від відповідності йонного діаметра катіона розміру порожнини краун-етера, а також від здатності до поляризації та гідратації відповідних йонів. Досліджено вплив природи розчинника на процес комплексоутворення.

## Комплекси Плюмбуму з поліетерами та їх розподіл між водою і органічними розчинниками

Андріана Кузик, Олег Кроніковський

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Відомо, що Плюмбум може утворювати різнолігандні комплекси з краун-етерами та карбоксилат-йонами, які в різній мірі екстрагуються органічними розчинниками. Найбільш ефективною з аналітичної точки зору виявилась система Плюмбум – 18-краун-6 – трихлорацетатна кислота, в якій спостерігається кількісне вилучення Плюмбуму в органічний розчинник в широкому інтервалі кислотності – від сильнокислих розчинів до нейтральних.

**Матеріали і методи.** Розчин 18-краун-6 ("Aldrich"), вихідний розчин  $Pb^{2+}$  готували розчиненням точної наважки металічного свинцю (99,9 %) в нітратній кислоті кваліфікації "х.ч.". Розчин трихлорацетатної кислоти стандартизували рН-метричним титруванням. Вміст Плюмбуму в водній та органічній фазах визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі "Сатурн-3П-1" (довжина хвилі 283,3 нм, полум'я пропан-бутан – повітря). Реєстрацію аналітичного сигналу вели за допомогою програмного забезпечення виробництва НВО "Семі" (м. Суми). Кислотність розчинів контролювали на рН-метрі ЭВ-74 зі скляним електродом.

**Результати.** Досліджена залежність ступеня вилучення Плюмбуму від концентрації компонентів. Як і в раніше вивчених комплексах Плюмбум координує одну молекулу 18-краун-6, що підтверджується як методом молярних відношень, так і логарифмічним методом. Аналогічно доведено, що до складу екстрагованого комплексу входять два трихлорацетат-йони. Таким чином з урахуванням комплексоутворення в водній фазі та розподілення лігандів між органічним розчинником і водою ми розраховували кількісні характеристики процесів, що протікають в системі.

В умовах нашого експерименту з урахуванням константи димеризації трихлорацетатної кислоти утворенням димерів можна знехтувати. Аналогічно в розбавлених розчинах можна знехтувати міжлігандною взаємодією, яка є причиною пониження екстракції при високих концентраціях кислот. Виходячи з літературних даних, при розрахунках приймали  $I_g \beta_L = 4,27$ ,  $P_L = 6,3$ . Задаючи отримані експериментально значення концентрацій  $Pb^{2+}$  в органічній та водній фазах при відомих загальних концентраціях компонентів і рН, розраховували рівноважні концентрації компонентів в обох фазах. Виходячи із отриманих рівноважних концентрацій, розраховували  $K_{ex}$ . Експеримент проводили за умов, коли основна частина Плюмбуму, що знаходився в водній фазі, зв'язана в комплекс з 18-краун-6, що суттєво зменшує вплив похибки в значеннях  $P_L$  і  $\beta_L$ . Отримані таким чином концентраційні константи залежать від йонної сили розчину: залежність ця при  $\mu < 0,7$  задовільно описується рівнянням Девіс. Своєрідним є вплив розчинника на значення констант екстракції комплексу  $Pb18C6(CCl_3COO)_2$ : різниця в  $K_{ex}$  для різних за природою розчинників ледве перевищує похибку експерименту.

**Висновки.** Встановлено склад комплексів Плюмбуму з 18-краун-6 та карбоксилат-йонами. Досліджена екстракція даних різнолігандних комплексів органічними розчинниками. Найбільш ефективною з аналітичної точки зору виявилась екстракційна система  $Pb - 18C6 - CCl_3COO^-$ .

## Йонселективне визначення Кальцію у винах

Анастасія Охманевич, Віра Іщенко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Проблема якості та безпеки харчових продуктів стає наразі однією із основних для всього людства. Особливе значення в експертизі харчових продуктів є встановлення відповідності найменування продукту його асортиментній характеристиці. Аналіз літературних даних свідчить, що на сучасному етапі важливим є пошук нових методів контролю за автентичністю та географічним походженням харчових продуктів.

**Матеріали та методи.** Об'єктом досліджень були зразки червоного сухого вина, які відрізнялись за походженням, зокрема, з різних регіонів України, а також вина Італії, Молдови та Грузії. Вина були придбані в супермаркетах м. Києва і, зокрема, містили інформацію про вміст в них сульфур(IV) оксиду як антиоксиданту. В окрему групу входили вина, виготовлені в домашніх умовах за класичною технологією без використання антиоксидантів. Кальцій, який може викликати помутніння вин [1], визначали на рН-метрі/йонмірі марки рН-150МІ (Білорусь). Електрохімічна комірка складалась з йон-селективного електроду Еліс-121 Са (Російська Федерація) та насиченого хлорид-срібного електроду порівняння.

**Результати.** Розчин  $\text{CaCl}_2$  для калібрування електроду з концентрацією 0,1 моль/л готували наступним чином: в колбі ємністю 500 мл розчиняли 2,503 г  $\text{CaCO}_3$  в 180 мл дистильованої води, додавали 50 мл хлоридної кислоти з концентрацією 1 моль/л. Розчин кількісно переносили в мірну колбу ємністю 250 мл. Доводили до мітки водою, ретельно перемішували. Калібрувальні розчини  $\text{CaCl}_2$  з концентраціями  $1 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-3}$ ,  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/л готували розбавленням розчину з початковою концентрацією 0,1 моль/л. Для приготування буфера для підтримання йонної сили в стакані ємністю 500 мл розчиняли 37,28 г калій хлориду кваліфікації «х.ч.» в 200 мл дистильованої води. Розчин кількісно переносили в мірну колбу ємністю 500 мл. Доводили до мітки водою, ретельно перемішували. Визначення вмісту йонного Кальцію у зразках проводили наступним чином. У стакан вносили 5 мл вина та 1 мл буфера для підтримання сталої йонної сили. Ретельно перемішували і вимірювали потенціал комірки. Для побудови градуовального графіка готували серію розчинів. В чотири стакани вносили по 20 мл розчинів  $\text{CaCl}_2$  з концентраціями  $1 \cdot 10^{-1}$ ,  $1 \cdot 10^{-2}$ ,  $1 \cdot 10^{-3}$  і  $1 \cdot 10^{-4}$  моль/л. Після чого додавали 4 мл буфера для підтримання сталої йонної сили. Ретельно перемішували й вимірювали потенціал комірки. За градуовальним графіком визначали концентрацію Кальцію у зразках вин. Для порівняння результатів аналізу проводили пряме йонселективне вимірювання потенціалу без додавання буферного розчину.

**Висновок.** Одержані результати по визначенню Кальцію у різних зразках вин показали, що його концентрація не перевищує 0,2 г/л, що є характерним для такого сорту вин. В залежності від походження продукту, зразки відрізнялись за вмістом Кальцію. В окрему групу було виділено домашнє вино.

## Література

1. Горюшкіна Т.Б., Дзядевич С.В. (2008). Виноградні вина. Хімічний склад та методи визначення. *Біотехнологія*, 1 (2), с. 24-38.

## Кількісне визначення гравіметричним методом сумарного вмісту полісахаридів у гуаровій камеді.

Олександр Макаренко, Кристина Ворушило Шамардак

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Харчова промисловість - найбільший ринок гуарової камеді. Важливість цієї харчової добавки E412 пояснюється її унікальними функціональними властивостями, такими як затримка води, знижена швидкість випаровування, зміна швидкості замерзання, модифікація кристалів льоду, регулювання реологічних властивостей та участь у хімічній трансформації. Тому розробка методів контролю основних діючих компонентів – полісахаридів – є важливою для технологічних властивостей цієї речовини

**Матеріали та методи.** Використовувались харчові добавки на основі гуарової камеді, доступні на ринку України, центрифуга з кількістю оборотів 5000, сушильна шафа, скляні фільтри з розміром пор 19.

**Результати та обговорення.** Гуарова камідь за зовнішнім виглядом це дрібний порошок білого кольору, добре розчинний у воді, та практично не розчинний в спирті. Хімічна будова E412 наведена на рис.1.1. Вважається одним з кращих стабілізаторів, що підвищують в'язкість продуктів.

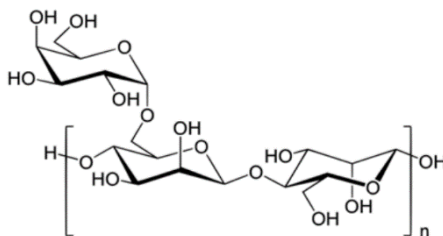


Рис. 1.1. Структурна формула гуарової камеді.

Вміст галактози в гуаровій камеді становить 33-40%, вміст фрагментів 4,6-манози 33-40%. Кількість одиниць 4-манози варіює від 20-34%.

Для визначення загального вмісту полісахаридів у харчовій добавці E412 близько 5 г гуарової камеді розчиняли в 30 см<sup>3</sup> води та висаджували в осад додаванням 70 см<sup>3</sup> етилового спирту. Суміш відстоювали та центрифугували. Освітлений шар декантували та осад фільтрували, промиваючи етанолом. Після фільтрування висушували до постійної маси при температурі 50-55 °С. Загальний вміст полісахаридів в трьох зразках становив 39,6 ± 3,5, 34,6 ± 3,3, 38,4 ± 2,9. Висушування при більш високій температурі призводить до поступового руйнування гуарової камеді, що може бути пояснено карамелізацією.

**Висновок.** Запропоновано гравіметричний метод визначення загального вмісту полісахаридів у харчовій добавці E412 розчиненням у воді і наступним осадженням полісахаридів етанолом.

### МікроРНК в регуляції метаболізму скелетних м'язів

Рачковська Антоніна\*, Майборода Олена

\*Київський Національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Поглиблене вивчення молекулярних механізмів регуляції метаболізму скелетних м'язів дозволяє розширити уявлення про їх метаболізм та зрозуміти важливість розвитку і підтримання м'язової маси.

**Матеріали та методи.** Проведено аналіз та узагальнення літературних даних щодо досягнень у дослідженні участі мікроРНК в метаболізмі скелетних м'язів.

**Результати та обговорення.** Крім ферментів, гормонів і транскрипційних факторів, метаболізм скелетних м'язів контролюється мікроРНК, що здатні впливати на ключові етапи синтезу білків в скелетних м'язах шляхом комплементарної взаємодії з ДНК або мРНК [1].

В скелетних м'язах тканино специфічними мікроРНК є miR-1, miR-133a, miR-133b, miR-206, miR-208a, miR-208b, miR-486, miR-499, що отримали назву міоміРНК [2]. В процесі метаболізму різні мікроРНК взаємодіють між собою та разом створюють потужну молекулярну систему, яка підтримує клітинний обмін. МікроРНК регулюють основні функції скелетних м'язів, такі як міогенез, енергетичний метаболізм, синтез білків, гіпертрофію та атрофію [1].

Встановлено, що мікроРНК регулюють метаболізм та біогенез мітохондрій. Продукція АТФ в процесі окиснювального фосфорилування в мітохондріях регулюється за участі miR-156, miR-16, miR-195, miR-424. Крім того, miR-181c, miR-210 і miR-338 регулюють транспорт електронів у мітохондріях. В скелетних м'язах miR-149 інгібує фермент полі(АДФ-рибоза)-полімеразу-2 і збільшує кількість НАД<sup>+</sup> у клітині, що викликає активацію ферменту SIRT-1, який забезпечує деацетилювання і активацію білка PGC-1a, що є одним із центральних контролерів метаболізму скелетних м'язів. Виявлено, що мікроРНК виду miR-208a, miR-208b, miR-499 контролюють типи м'язового скорочення, miR-143 впливає на життєдіяльність та старіння м'якоб'язів людини та мишей [1].

МіоміРНК впливає на інтенсивність експресії генів при одноразових і систематичних фізичних навантаженнях різного енергетичного значення. При систематичному виконанні аеробних фізичних навантажень підвищується рівень експресії мікроРНК в скелетних м'язах, що супроводжується збільшенням біогенезу мітохондрій, підвищенням вмісту ферментів, які забезпечують аеробні метаболітичні реакції і розширення мережі капілярів. При виконанні аеробних фізичних навантажень в скелетних м'язах збільшується експресія miR-181, miR-1, miR-107 на 37, 40 і 56% відповідно, що призводить до підвищення експресії білка PGC-1a, який регулює каскад реакцій біогенезу мітохондрій [1].

**Висновки.** Отже, регуляція метаболізму скелетних м'язів – найважливіший аспект для розвитку і підтримання м'язової маси. МікроРНК, як видно з вище перерахованого, відіграють ключову роль у цьому процесі, а також виявлено залежність інтенсивності експресії генів від різних типів фізичних навантажень.

#### Література

1. Sharma M., Juvvuna P.K., Kukreti H., McFarlane C. (2014). Mega roles of microRNA in regulation of skeletal muscle health and disease, *Frontiers in Physiology*, 5, p. 239.

## Гормони - регулятори апетиту.

Салімова Євгенія, Рачковська Антоніна\*, Майборода Олена

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

\*Київський Національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна

**Вступ.** Із року в рік зростає кількість людей із надмірною вагою тіла та ожирінням, і все частіше ця проблема стосується молоді. Вирішення цієї проблеми полягає у вивченні механізмів дії гормонів жирової тканини та шлунково-кишкового тракту.

**Матеріали та методи.** Проведено аналіз вітчизняних і закордонних літературних джерел стосовно впливу гормонів лептину та греліну на набирання ваги людським організмом.

**Результати та обговорення.** Протягом тривалого часу вважали, що жирова тканина є органом, основна функція якого полягає у збереженні енергії. Проте стало відомо, що жирова тканина може синтезувати значну кількість гормонів, серед яких лептин, адипонектин, резистин тощо. Виділяють п'ять гормонів, які впливають на накопичення або спалювання жиру: адипонектин, який знижує рівень цукру в крові і спалює жир; грелін, що стимулює почуття голоду і накопичення жиру; інсулін, що знижує рівень цукру в крові і накопичує жир; лептин, який стимулює почуття насичення і спалювання жиру; і кортизол, що збільшує рівень цукру в крові і тягу до постійних перекушувань.

Лептин і грелін – це гормони з протилежним впливом на енергетичний гомеостаз. Провідну роль у формуванні відчуття голоду відіграє грелін, який виробляється у шлунку, а за зниження апетиту відповідальний лептин, що є адипокіном і виділяється жировою тканиною. Нестача лептину чи зниження чутливості до нього призводить до ожиріння. Існує думка про те, що найважливіше значення лептину полягає у пригніченні апетиту. Проте у випадку зниження рівня лептину та відсутності рецепторів до нього розвивається не лише ожиріння, а і складний синдром, наслідками якого є розлади репродуктивної функції, патологічні гормональні, гематопоетичні та імунні порушення.[1]

Лептин завжди присутній у крові; він може перебувати як у вільній, так і у зв'язаній формі. В осіб із недостатньою масою тіла більша частина лептину циркулює у зв'язаній формі, а у людей, які страждають на ожиріння – у вільній формі. Це має важливе значення для збереження енергії.

У людей із нормальною масою тіла рівень греліну зростає перед прийомом їжі та зменшується за 1-2 години після прийому, що супроводжується відчуттям насичення. В осіб, які страждають на ожиріння, рівень греліну після їжі не знижується.

**Висновки.** Отже, розуміння всіх механізмів, які контролюють в організмі відчуття голоду й насичення, дозволять подолати епідемію ожиріння. Поки що найкращими ліками від цієї хвороби є збалансоване харчування та щоденні фізичні навантаження.

### Література

1. Arabi Y.M., Jawdat D., Al-Dorzi H.M., Tamim H., Tamimi W., Bouchama A., et al. (2019). Leptin, Ghrelin, and Leptin /Ghrelin Ratio in Critically Ill Patients. *Nutrients.*, 12 (1), 36, pp. 1-11.

## Дослідження впливу оптичної ізомерії на підвищення фармакологічної активності лікарських препаратів

Юлія Іванченко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Сучасні технології одержання нових лікарських засобів враховують явище оптичної ізомерії. Хіральні сполуки є резервом підвищення фармакологічної активності, проте їх одержання є складним завданням. Тому нові дослідження у цьому напрямку є надзвичайно актуальними.

**Матеріали і методи.** Проведено пошук та узагальнення даних за останні 10 років щодо синтезу та біологічної активності S- і R-енантіомерів лікарських речовин, розглянуто їх застосування у медичній практиці.

**Результати.** Синтетичні оптично активні речовини застосовуються в більшості випадків у рацемічній формі, проте природні сполуки – у вигляді чистих стереоізомерів. Встановлено, що різні енантіомери лікарських речовин можуть мати різну (навіть протилежну) фармакологічну активність, доповнювати дію один одного, а можуть мати токсичну дію на організм людини. Наприклад, одна з форм етамбутола – препарат для лікування туберкульозу, інша – викликає порушення зору; так само і з напроксеном: одна з форм є лікарським засобом проти артрити, а інша – гепатотоксична речовина. Препарат атенолол застосовується у вигляді рацемату, хоча тільки його S-форма є селективним адреноблокатором. Тобто виділення S-ізомеру у чистому вигляді значно підвищило б лікувальний ефект. Інколи оптичні ізомери мають вплив на одні й ті самі рецептори, проте він значно відрізняється за силою. Зокрема  $\beta$ -адреноблокатор S-карведилол у 100 разів активніший за R-ізомер, проте обидва ізомери виявляють однакову активність по відношенню до  $\alpha$ -адренорецепторів.

Літературні дані свідчать про активне впровадження в медичну практику хіральних чистих препаратів. Відбитком цієї тенденції став новий напрямок наукових досліджень, що отримав назву «chiral witch» (перехід до хіральних молекул). Цей напрямок охоплює як «чистий» органічний синтез, так і спрямований синтез за допомогою новітніх біотехнологій.

У зв'язку з пошуком нових напрямків асиметричного синтезу гостро постає проблема визначення оптичної чистоти лікарських речовин. Так, в останні роки для визначення оптичної чистоти почали застосовувати спеціальні методи ЯМР-спектроскопії, хроматографії тощо. Так, крім застосування хіральних розчинників використовуються лантаноїдні зсувні реагенти, а також комплекси парамагнітних йонів з хіральними лігандами.

**Висновки.** Проведені дослідження доводять, що застосування оптично чистих біологічно активних речовин, одержаних за допомогою стереоспецифічних методик синтезу дозволить значно підвищити їх фармакологічну ефективність, що дозволить зменшити використовувані дози лікарських засобів та мінімізувати їх шкоду для здоров'я людини.

### Література

1. Чеча О.А., Бунятян Н.Д., Тенцова А.И., (2012). Стереоспецифичность лекарственных препаратов – один из факторов эффективности и безопасности лекарственных средств. *Фармация*, 8, с. 40-43.

## Використання пальмової олії в харчовій промисловості та вплив її компонентів на організм людини

Анастасія Терещук, Наталія Зінченко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Велика кількість статей, розмов про те корисна чи шкідлива пальмова олія підштовхнуло нас розібратися, в першу чергу, що таке пальмова олія, і чи варто її боятися, чи шкідлива вона для нашого здоров'я. Відомо, що пальмова олія міститься в шоколаді, кондитерських виробках, вафлях, сирних продуктах, чіпсах і навіть дитячих сумішах.

**Матеріали та методи.** Проаналізовані наукові джерела, публічна інформація з думками технологів харчування, медиків та дієтологів, щодо застосування пальмової олії при виробництві продуктів харчування та про її вплив на людський організм.

**Результати.** Питання та проблеми, пов'язані з різними аспектами виробництва та використання пальмової олії, досліджували численні зарубіжні науковці, як наприклад: В.С. Віллетт (W.C. Willett), М. Дж. Стампфер (M.J. Stampfer), Дж.І. Менсон (J.E. Manson), Дж. Даніо (G. Danyo), Ю. Басірон (Y. Basiron), Ч.К. Венг (Ch. K. Weng), А. Ашеріо (A. Ascherio), українські науковці Л. Кузнецова, В. Кіщенко, О. Півень, Д. Крисанов, П. Некрасов та ін. Будь-яка рослинна олія корисна і навіть пальмова. Класична пальмова олія – це в'язка червона рідина. Справжня пальмова олія має дуже унікальний склад. Вона містить вітаміни А, Е, К. За кількістю вітаміну Е в своєму складі пальмова олія не поступається оливковій. За вмістом мікроелементів пальмову олію також можна вважати досить хорошим продуктом. Вона містить приблизно 0,06% заліза від добової норми. Пальмова олія не містить холестерину (холестерин міститься лише в продуктах тваринного походження). Проблема пальмової олії полягає у її жирнокислотному складі. Вона містить велику кількість насичених жирних кислот (40-50%) у порівнянні з іншими рослинними оліями. Корисні властивості має дорога свіжовижата пальмова олія червоного кольору. Для того, щоб зробити придатною для використання в харчовій промисловості, її рафінують, дезодорують, очищають від домішок. Пальмова олія має високу температуру плавлення, тому кондитерські вироби (печиво, пряники, конфети та ін.), виготовлені з використанням пальмової олії, мають тривалий термін придатності. Що важливо для виробників, використання пальмової олії суттєво знижує вартість продукції.

**Висновок.** Застосування пальмової олії при виробництві продуктів харчування є виправданим.

### Література

1. Солод М.І. (2015). Використання пальмової олії у харчовій промисловості: світовий досвід. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25,10, с.249-255.



## Вплив комплексу $\beta$ -циклодекстрину з йодом на м'ясні тефтели в томатному соусі

Христина Чебаненко, Василь Пасічний

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Попередньо було досліджено, що синтезований комплекс  $\beta$ -циклодекстрину з йодом має здатність покращувати йодний статус в організмі людини при вживанні збагачених ним варених ковбасних виробів.

**Матеріали і методи.** Для розширення асортименту продукції та дослідження їх властивостей було виготовлено тефтели з різних видів м'яса в томатному соусі з додаванням та без додавання комплексу  $\beta$ -циклодекстрину з йодом та проведено фізико-хімічні дослідження.

**Результати.** За основу було взято рецептуру тефтелей з яловичини. Для порівняння та визначення кращого за своїми властивостями продукту були внесені деякі зміни до рецептури і приготовлено 5 різних типів тефтелей у соусі. Їх рецептури від класичної відрізнялися типом м'яса та наявністю або відсутністю сухої сироватки чи білкового стабілізатора. Приготування томатного соусу відбувалося за вже існуючою рецептурою.

Найважливіші показники отримані в результаті фізико-хімічних досліджень та зміни маси від напівфабрикатів до готового виробу під час термічної обробки можна спостерігати у таблиці 3. Аналізуючи ці показники, очевидно, що найдоцільніше використовувати тефтели приготовлені за рецептурою зразків 4 та 5.

### Основні фізико-хімічні показники продукції

№ зразка	Вологість, %	рН	Вміст жиру, %	Зміна маси під час термічної обробки	
				Втрати	Вихід, %
1	55,3	5,90	30	-8,8	85,30
2	47,9	5,45	40	-1,9	96,83
3	60,5	5,65	20	-6,2	89,67
4	59,2	6,05	38	+1,3	102,17
5	60,2	5,98	35	+1,5	102,5

**Висновок.** Порівнюючи отримані результати досліджень тефтелей, які містили комплекс декстрину з йодом у своєму складі та у яких він був відсутній, з абсолютною впевненістю можна сказати, що вплив комплексу на досліджені фізико-хімічні показники не виявлено.

## Фізико-хімічні властивості м'ясних фрикадельок збагачених комплексом $\beta$ -циклодекстрину з йодом

Христина Чебаненко, Іванна Камлай, Василь Пасічний  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Для визначення оптимальної рецептури м'ясних фрикадельок необхідно дослідити основні фізико-хімічні властивості цього продукту та аналізуючи отримані показники обрати найбільш вдалі рецептури до складу яких внести комплекс  $\beta$ -циклодекстрину з йодом.

**Матеріали і методи.** Для дослідження властивостей фрикадельок було виготовлено фрикадельки з різних видів м'яса з додаванням та без додавання комплексу і проведено фізико-хімічні дослідження, а саме визначено вологість, рН, вміст жиру, вологов'язувальну здатність та зміну маси під час термічної обробки.

**Результати.** За основу було взято рецептуру фрикадельок з яловичини. Для порівняння та визначення кращого за своїми властивостями продукту були внесені деякі зміни до рецептури і приготовлено 5 різних типів фрикадельок (таблиця 1). Їх рецептури від класичної відрізнялися типом м'яса та наявністю або відсутністю сухої сироватки чи білкового стабілізатора.

Таблиця 1.

Тип м'яса у досліджуваних фрикадельках

№ зразка	Фаршева система
1	Курятина (контроль)
2	Свинина
3	Яловичина
4	Курятина +15 % хліба
5	Курятина +20 % хліба

Основні показники отримані в результаті фізико-хімічних досліджень та зміни маси під час термічної обробки, які можна спостерігати у таблиці 3, свідчать про те, що найдоцільніше використовувати рецептури фрикадельок приготованих за прикладом зразку 4 та 5.

Таблиця 2.

Результати фізико-хімічних досліджень фрикадельок

№ зразку	Вологість, %	рН	Вміст жиру, %	ВЗЗ, %	Зміна маси під час термічної обробки	
					Втрати	Вихід, %
1	37	6,85	30	70	-12,5	50,0
2	38	6,70	40	71	-2,75	89,0
3	46	6,10	20	68	-5,87	76,5
4	41	6,70	38	77	-2,26	91,0
5	44	6,73	35	74	-1,1	95,6

**Висновок.** В результаті проведених досліджень фрикадельок, які містили комплекс циклодекстрину з йодом у своєму складі та у яких він був відсутній, можна зробити висновок, що вплив комплексу на досліджені показники не виявлено.

**Гречка звичайна *Fagopyrum sagittatum* Gilib. як цінна рослинна сировина  
для виробництва харчових добавок**

**Дарина Мишко, Валерія Петровська**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Глобальною соціально-економічною проблемою країни є харчування населення, якому належить важлива роль у формуванні та збереженні здоров'я нації, підвищенні працездатності людини та її активного довголіття. Для вирішення цієї проблеми важливе значення має використання біологічно активних харчових добавок.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження є гречана лузга. Проаналізовані літературні джерела щодо хімічного складу лузги гречки та перспектив її використання для виробництва біологічно активних харчових добавок.

**Результати.** Однією з поширених зернових культур є гречка (*Fagopyrum*). Крім багатого білкового й мікроелементного складу, гречка містить речовини з яскраво вираженою Р вітамінною активністю [1-2], тому її зерна здавна використовуються в якості продукту дієтичного, лікувального й вегетаріанського харчування.

При промисловій обробці гречки на частку лузги припадає 14 – 30% від загальної маси зерна. Гречана лузга відрізняється від оболонки інших зернових культур високим вмістом поліфенолів. У ній присутні рутин, кемферол, кверцетин, фенолкарбонові кислоти (галлова, хлорогенова) [1].

Постійний інтерес наукової спільноти до флавоноїдів у харчових продуктах зумовлений їх біологічними властивостями, такими як антиоксидантні, антимікробні, протипухлинні, кардіопротекторні. Тому збагачення ними складу продуктів харчування є важливим інструментом для зниження ризику хронічних захворювань.

Успішне використання Р-вітамінних препаратів при лікуванні та профілактиці серцево-судинних, шлунково-кишкових й цілого ряду інших захворювань робить доцільним розробку технології їх отримання з відходів рослинної сировини, зокрема лузги гречки. Крім того, використання гречаної лузги для виділення флавоноїдів перспективне й з точки зору раціонального використання відходів від переробки рослинної сировини.

**Висновок.** Гречана лузга містить ряд корисних речовин, що дозволяє використовувати її як цінний вторинний сировинний ресурс при виробництві різних харчових добавок.

### **Література**

1. Li, F.-h.; Yuan, Y.; Yang, X.-l.; Tao, S.-y.; Ming, J., Phenolic (2013). Profiles and Antioxidant Activity of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Mönch and *Fagopyrum tartaricum* L. Gaerth) Hulls, Brans and Flours. *Journal of Integrative Agriculture*, 12 (9), pp. 1684-1693.

2. Hostetler, G. L.; Ralston, R. A.; Schwartz, S. J. (2017), Flavones: Food Sources, Bioavailability, Metabolism, and Bioactivity. *Adv Nutr*, 8 (3), pp. 423-435.

## Investigation of chemical transformations in corn oil during the heat treatment

Yuliya Korobka, Svitlana Kovaleva

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

**Introduction.** Most vegetable fats (oils) are characterized by a high content of unsaturated fatty acid esters that causes their high ability to oxidize and polymerize. The speed of these processes increases significantly when the oils are heated. Oxidation of fats leads to their darkening and odor.

**Materials and methods.** Refined corn oil for the brand “Kama”, heat treatment of a sample of oil at a temperature of 235 °C. Monitoring of changes in chemical transformations in oil by the NMR <sup>1</sup>H spectroscopy.

**Results.** The effect of prolonged heat treatment at the temperature close to the smoke point on the chemical resistance of the “Kama” refined corn oil was studied. Heat treatment of the oil sample was carried out in a steel container for cooking at a temperature of 235 °C with continuous stirring for 2 hours and contact with air. <sup>1</sup>H NMR spectra of the sample were recorded at 30 min intervals from the beginning of the experiment. The fatty acid composition of corn oil is dominated by di-unsaturated acids (about 60%), which is consistent with the literature.

As evidenced by the gradual decrease in the area of CH<sub>2</sub> signal groups of the bis-allyl fragment of the carbonic skeleton (at 2.77 ppm) during the experiment, the residues of the unsaturated acids undergo the largest changes during heat treatment. Conversions involving the hydrogen atoms of vinyl and allyl groups occur to a lesser extent, as evidenced by a slower decrease in the integral intensities of the corresponding signals at 5.33 ppm and 2.31 ppm (Fig. 1).

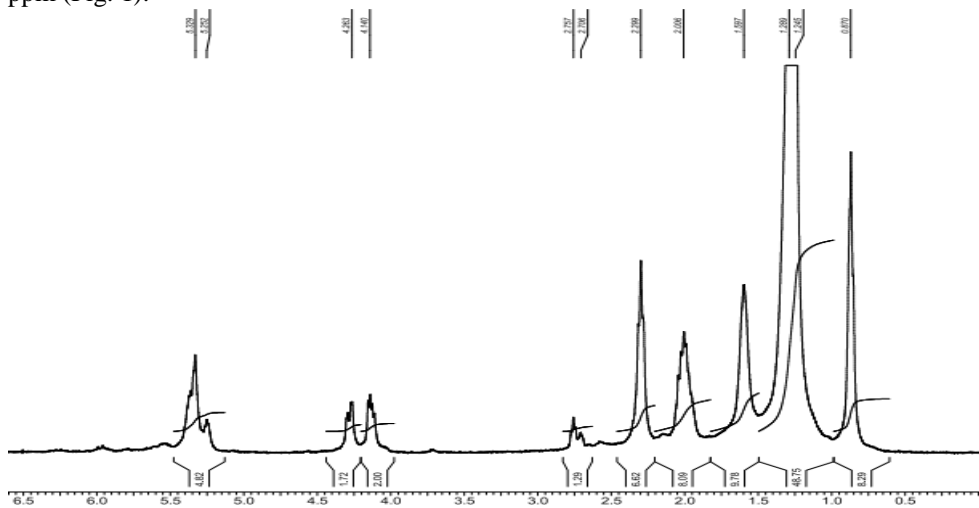


Fig. 1. NMR spectrum of <sup>1</sup>H corn oil sample after 120 min heating at 235 °C

**Conclusions.** During the heat treatment at 235 °C, the native structure of the corn oil triglycerides is destroyed. The rate of irreversible processes and the decomposition degree of triglycerides increase over time. The most sensitive moiety in corn oil triglyceride molecules is the bis-allyl group of -CH<sub>2</sub>- polyunsaturated fatty acids, represented mainly by linoleic esters.

## **Lycopene is a food supplement – powerful antioxidant**

Oleksandra Neliubina, Valentyna Kryshtof  
*National University of Food Technology*

**Introduction.** Lycopene is a naturally occurring organic compound that belongs to the carotenoid group whose compound has a high molecular weight, insoluble in water, well soluble in oils and alcohol. Lycopene determines the color of the fruits of some plants, such as tomatoes, guava, watermelon. Unfortunately, the human body cannot independently synthesize lycopene, it is formed in plants during photosynthesis.

**Materials and methods.** Study of literary sources on the topic "Lycopene - food additive", its vegetable sources and the effect of lycopene on the human body, namely its antioxidant effect and ability to prevent serious diseases.

**Results and discussion.** Currently, much attention is being paid to technology for producing lycopene from tomato raw materials. Lycopene has a special formula that gives it the ability to block the destructive effects of free radicals on the human body. The main function of lycopene in the human body is antioxidant. Reduction of oxidative stress slows the development of atherosclerosis and also protects DNA, which can prevent oncogenesis. Consumption of lycopene as well as lycopene-containing products leads to a significant decrease in the markers of oxidative stress in humans. Several studies suggest the signaling role of lycopene for some cell cultures. In particular, it is contemplated that lycopene may slow cell proliferation as a signal metabolite. About one hundred studies have been conducted on the prevention of cancer with the help of lycopene or lycopene-containing products. The data is controversial, which is due to the indirect nature of the experiments. It has been found that the risk of developing some cancers is inversely proportional to the blood (or daily intake) of lycopene. Such conclusions can be drawn with regard to cancer of the stomach, lungs and prostate (which is why lycopene is especially useful for men). In large doses, lycopene inhibits the growth of carcinoma (a malignant tumor in the kidney) and can potentially prevent this type of cancer.

**Conclusions.** Today, one of the most important tasks of the country is preserving the health and efficiency of its citizens, increasing its life expectancy and improving the quality of life of its population. Therefore, expanding the range of healthy nutritional supplements is a priority in the Ukrainian food industry. The solution to this problem requires the creation and introduction into the modern structure of nutrition of biologically active substances, such as lycopene, which has the ability to increase the level of adaptive protection of the organism to the effects of adverse environmental factors on the human body and reduce the risk of developing a number of dangerous diseases, including oncology.

### **References**

1. Goñi I., Bioaccessibility of beta-carotene, lutein, and lycopene from fruits and vegetables / Goñi I., Serrano J., Saura-Calixto F. // *J. Agric Food Chem.* - 2006. - P. 5382-5387.
2. Devaraj S., A dose-response study on the effects of purified lycopene supplementation on biomarkers of oxidative stress / Devaraj S., Mathur S., Basu A., Aung H.H., Vasu V.T., Meyers S., Jialal I. // *J. Am Coll Nutr.* - 2008. - P. 267-273.

## 19.2.

### Chemical technology

**Chairperson – associate professor Olena Podobiy**

**Secretary – associate professor Tetiana Boichuk**

## 19.2.

### Хімічна технологія

**Голова – доцент Олена Подобій**

**Секретар – доцент Тетяна Бойчук**

## Synthesis and study of garnet ceramic pigments

Tsvetalina Ibrevva<sup>1</sup>, Tsvetan Dimitrov<sup>2</sup>, Irena Markovska<sup>1</sup>

1- Prof. Assen Zlatarov University, Burgas, Bulgaria

2 - University of Ruse "Angel Kanchev", Branch Razgrad, Bulgaria

**Introduction.** Ceramic pigments are inorganic colored finely dispersed powders which, when added to a material, impart certain color and change some of its properties. Garnets are a group of minerals different by composition but with analogous chemical formulae and similar appearance of their crystals. The transparent saturated colored garnets are demanded precious stones. The name of the group comes from the Latin word *granatus* which stands for the seeds of the granate tree. Garnets have various colors: purple red - almandine, colorless of yellow - green - grossular, brown or black - melanite, green - uvarovite, red - pyrope and andradite, etc.

**Materials and methods.** For the preparation of garnet ceramic pigments in the system  $\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ , the blends were defined on the basis of the stoichiometry of the main mineral – uvarovite  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$ . The following composition was selected for the pigments -  $3\text{CaO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ . The mineralizer used in the synthesis to decrease the synthesis temperature and accelerate the processes of formation of the new phase was  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . The materials used for the synthesis were  $\text{CaO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  and  $\text{H}_3\text{BO}_3$ . The substance used to introduce  $\text{SiO}_2$  into the system -  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , is much more reactive than the common quartz sand and the particle sizes were dispersed in the range 2-7 $\mu\text{m}$ . The quantities of the materials from which 100 g blend is prepared were weighed with precision of 0,1 g, then they were mixed and homogenized in dry state in a planetary mill Pulverizete - 6, product of "Fritch". The sintering was carried out in a laboratory muffle oven at heating rate 300 - 400°C/h in air atmosphere; the blend was placed in a porcelain crucible with a lid. The isothermal period at the final temperature was 2 hours. The pigments were sintered at 800°C, 900°C, 1000°C, 1100°C and 1200°C.

**Results and discussion.** X-ray phase analysis as a direct method for identification of phases. It is based on the diffraction of X-rays. The main task of the X-ray analysis was to identify the different phases individually or aim blends using the diffraction pattern registered from the sample studied.

The basic method of the phase analysis is the powder method which is widely used due to its simplicity and ease of versatility. The X-ray studies were performed on an apparatus IRIS with  $\text{Cu K}_\alpha$  radiation and nickel filter, in the range of angles from 2 to 80°. The interplanar distances ( $d$ , nm) were calculated by the formula of Wulf - Bragg:  $n \cdot \lambda = 2d \cdot \sin \theta$ , where:  $\lambda$  – X-ray wavelength, nm;  $n$  – diffraction order ( $n = \text{positive integer}$ );  $\theta$  – Bragg's angle of diffraction, grad. X-ray patterns of the garnet ceramic pigments synthesized are presented in Fig. 1.

The pigments synthesized had stable green color and significant formation of the main phase - the mineral uvarovite  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3$ , was observed at 1100°C, although reflexes from wollastonite ( $\text{CaSiO}_3$ ), cristobalite ( $\text{SiO}_2$ )  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  were also observed.

The colors of the pigments were determined spectrometrically with a Tintometer RT 100 Colour. The highest amount of green color /- a\*/ was found for the pigment synthesized at 1100°C.

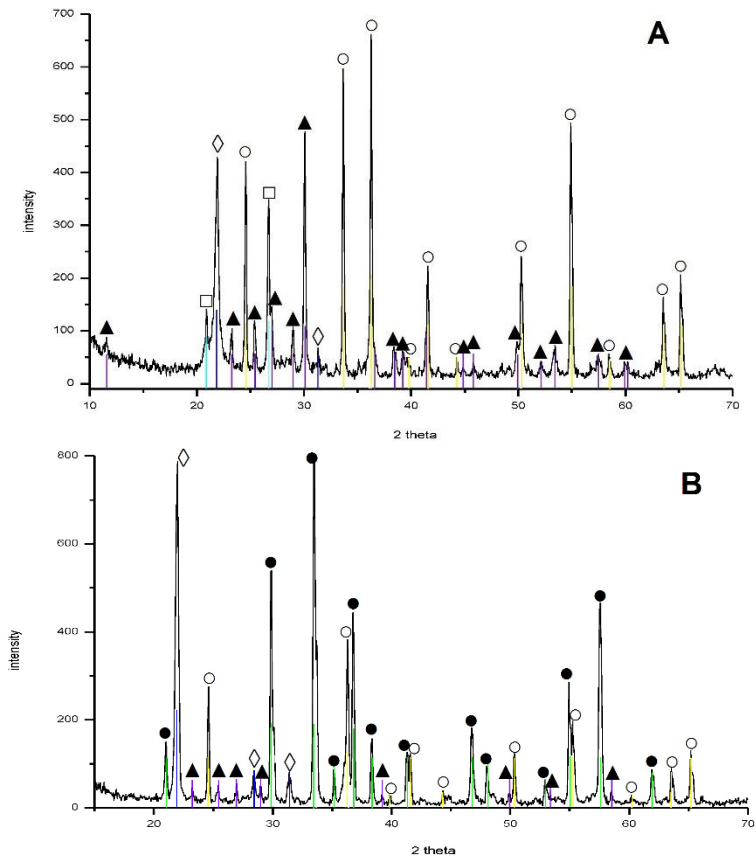


Fig.1 X-ray patterns of pigments in the system  $3\text{CaO}.\text{Cr}_2\text{O}_3.3\text{SiO}_2$  taken at  $900^\circ\text{C}$  ( A ),  $1100^\circ\text{C}$  ( B )

- - Uvarovite  $\text{Ca}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$     ▲ - Wollastonite  $\text{CaSiO}_3$     ◇ - Cristobalite  $\text{SiO}_2$
- - Quartz  $\text{SiO}_2$     ○ - Chromium oxide  $\text{Cr}_2\text{O}_3$

**Conclusions.** Green ceramic pigments were synthesized on the basis of the garnet uvarovite by the method of solid phase sintering. The optimal parameters of the process of synthesis were determined. The best results were obtained with the pigment synthesized at sintering temperature of  $1100^\circ\text{C}$ . The pigments obtained are suitable and can successfully be use in glazes for tiles and sanitary ceramics.

**Acknowledgements:**

The financial support of this work by the Bulgarian Ministry of Education and Science, National Research Fund under the contract number KP-06-H27/14 - 2018 is gratefully acknowledged.



## Спектрофотометричне визначення складових крохмалю

**Вікторія Миргородська, Тетяна Авдієнко, Микола Ніколенко**

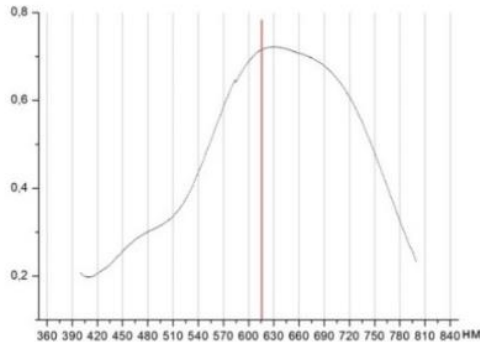
*Український державний хіміко-технологічний університет, Дніпро, Україна*

**Вступ.** Нативний крохмаль це природний рослинний полімер, що складається з двох складових частин – амілози та амілопектину. Фракціонування крохмалю дозволяє дослідити його полідисперсність для використання у хімічній технології.

**Матеріали і методи.** Матеріалом для експерименту обрано картопляний крохмаль. Для даного дослідження використовували спектрофотометричний аналіз.

**Результати.** Спектрофотометричним методом визначили кількісний вміст амілози у йод–амілозному комплексі.

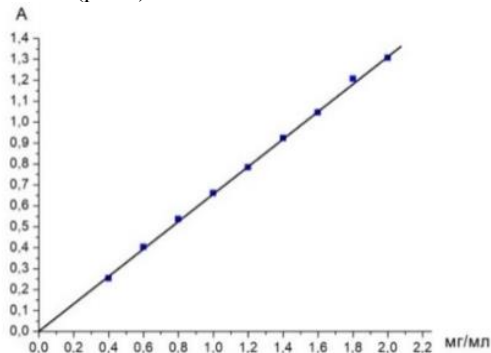
Для визначення робочої довжини хвилі попередньо була одержана спектральна характеристика йод–амілозного комплексу крохмалю (рис.1).



**Рисунок 1.** Спектральна характеристика йод–амілозного комплексу крохмалю

Як видно з графіку, максимум світлопоглинання знаходиться в діапазоні 615–630 нм, що співпадає з літературними даними. Але в залежності від виду та особливостей сировини для крохмалю цей максимум може здвигатися у бік менших довжин хвилі. Тому для роботи було обрано довжину хвилі 610 нм.

За одержаними значеннями оптичної густини було побудовано градувальний графік для визначення концентрації амілози (рис.2).



**Рисунок 2.** Градувальний графік визначення амілози

З одержаних даних видно, що графік залежності оптичної густини від кількості амілози має лінійну залежність, рівняння має вигляд  $y=ax+b$  та коефіцієнт апроксимації складає 0,998896.

**Висновки.** Визначено вміст амілози у йод–амілозному комплексі за допомогою спектрофотометричного методу та встановлено лінійну залежність оптичної густини від амілози.

## Розробка та дослідження сонцезахисного крему з УФ-фільтром

Ганна Бердичевська, Тетяна Авдієнко

Український державний хіміко-технологічний університет, Дніпро, Україна.

**Вступ.** Вибір косметичних засобів змінюється в залежності від пори року. Саме влітку найбільш актуальною є сонцезахисна косметика. Сонцезахисний крем — це захисний косметичний засіб, який дозволяє захистити шкіру від шкідливого випромінювання типу UVA і UVB.

**Матеріали та методи.** У даній роботі було розроблено та досліджено емульсійний сонцезахисний крем з неорганічними УФ-фільтрами. Дослідження сонцезахисного крему проводилося відповідно до вимог ГОСТ 24443-2016 «Продукция косметическая солнцезащитная. Метод определения in vitro величины защитного фактора от ультрафиолетового излучения спектра А».

**Результати та обговорення.** Метод заснований на оцінці коефіцієнта пропускання UV випромінювання тонким шаром сонцезахисної продукції, розподіленої по підкладці, до і після впливу регульованою дозою випромінювання, що генерується певним джерелом UV випромінювання. Через деякі параметри, які не можна контролювати за допомогою звичайних тонкоплівкових спектроскопічних методів, кожен набір даних про коефіцієнт пропускання сонцезахисної продукції математично корелюють таким чином, щоб дані in vitro визначення SPF були такими ж, як і при вимірі значення SPF методом in vivo. Потім зразки піддають впливу певної вимірної дози UV випромінювання для визначення фотостабільних характеристик досліджуваної продукції. Одержані дані спектрального дослідження показують, що зразки мають захисні властивості продукції від UVA випромінювання. Процедура математичного моделювання була здійснена емпіричним шляхом, щоб встановити співвідношення з результатами, одержаними методом in vivo (стійке потемніння пігменту) за участю людини. Діапазон довжин хвиль UV спектрофотометра повинен охоплювати інтервал 290 нм – 400 нм. Крок збільшення довжини хвилі має становити 1 нм. Чисельне значення SPF, визначене методом in vitro (in vitro calculation of SPF), SPFm vitro – коефіцієнт захисту сонцезахисної продукції від сонячного випромінювання, що викликає появу еритеми (почервоніння шкіри), обчислений за допомогою спектрального моделювання. SPF визначається за формулою:

$$SPF = \frac{\int_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot d\lambda \cdot 10^{-A(\lambda)}},$$

де  $E(\lambda)$  – спектр еритемної дії;

$I(\lambda)$  – спектральна щільність інтенсивності падаючого випромінювання UV джерела (SSR для визначення SPF);

$A(\lambda)$  – середнє значення поглинання монохроматичного випромінювання шаром випробуваної продукції, визначене до впливу на неї UV випромінюванням;

$d(\lambda)$  – крок довжини хвилі (1 нм).

**Висновки.** Розроблено та досліджено емульсійний сонцезахисний крем з неорганічними УФ-фільтрами. Встановлено, що сонцезахисний крем відповідає певним функціональним вимогам, тому розроблена рецептура крему може бути рекомендована для використання в якості захисного засобу від сонячного випромінювання.

**Дослідження мікроелементного складу екстракту з ягід чорноплідної горобини етиловим спиртом методом мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою**

**Омелянчук Ілля, Олена Подобій, Мілюкін Михайло**  
 Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Останнім часом спостерігається тенденція використання природних пігментів, таких як антоціани, у виробництві харчових продуктів. Але постає питання щодо їх безпечності. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є визначення елементного складу барвників.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження було обрано природний антоціановий барвник, вилучений з ягід чорноплідної горобини (аронії). Мікроелементний склад антоціанів досліджували методом мас-спектрометрії (МС) (mass spectrometry) (MS) з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП/МС) (Inductively Coupled Plasma) (ICP/MS) на приладі Agilent 7500 CE ICP/MS System (USA).

Наважку сировини аронії (~ 3 г) екстрагували індивідуальним розчинником етиловим спиртом 50 см<sup>3</sup> при настоюванні і періодичному струшуванні протягом доби. Отриманий екстракт послідовно профільтрували крізь фільтр Шотта (пор № 1) і Millipore фільтр 0,45 мкм. З профільтрованого екстракту відбирали по 1 см<sup>3</sup> і додавали 9 см<sup>3</sup> деіонірованої води MilliQ Water (18 МОм, С<sub>орг</sub> <10 мкг/дм<sup>3</sup>). У розбавленому екстракті визначали 24 елемента методом ІЗП/МС.

**Результати.** В таблиці наведено результати визначення елементів в екстракті, де розраховано середнє арифметичне значення експериментальних даних ( $X_{\text{сер}}$ ), стандартне відхилення, що виявляє відтворюваність методу, яким були одержані результати (S), тобто ( $X_{\text{сер}} \pm S$ ) та відносне стандартне відхилення S<sub>n</sub>, %.

Таблиця. Результати визначення мікроелементного складу для деяких елементів екстракту з ягід чорноплідної горобини етиловим спиртом методом ICP/MS.

Елемент	Концентрація, мкг/дм <sup>3</sup>					S <sub>n</sub> , %
	Blank	№ 1 (1)	№ 1 (2)	№ 1 (3)	$X_{\text{сер}} \pm S$	
Al	0,099	128,5	117,7	133,3	126,4±8,0	6,3
Cr	0,135	153,7	147,9	129,9	143,7±12,4	8,6
Mn	0,005	7,81	7,79	7,57	7,71±0,13	1,7
Ni	0,139	5,90	5,58	5,67	5,57±0,16	2,9
Cu	0,137	73,2	72,3	77,0	74,0±2,5	3,4
Zn	0,415	273,3	270,1	287,9	276,7±9,5	3,4
Se	<0,1	5,62	5,29	6,00	5,64±0,36	6,3
Sr	<0,1	4,89	5,23	5,88	5,33±0,50	9,4
Cd	<0,01	0,224	0,223	0,232	0,226±0,005	2,4
Ba	0,019	4,39	4,47	4,87	4,58±0,26	5,7
Pb	0,113	5,22	5,08	5,11	5,14±0,08	1,5

**Висновки:** В екстракті аронії визначено багатий мікроелементний склад для 24 елементів, їх загальний вміст дорівнює 0,890 мг/дм<sup>3</sup>. Рівні вмісту токсичних елементів не становлять загрози для цільового продукту із аронії. В екстракті визначено також інші елементи, такі як Li на рівні < 0,1; Ag, Cs, Tl – < 0,01; Rb – 14,1; V – 0,64; Ga – 0,23; Co, U, In, Bi – 0,08–0,03; Be – 0,006 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Дослідження мікроелементного складу екстракту з ягід чорноплідної горобини ізопропіловим спиртом методом мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою**

**Ошурко Павло, Олена Подобій, Мілюкін Михайло**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Екстракти з ягід чорноплідної горобини, які містять антоціани, широко використовуються у виробництві харчових продуктів. Визначення мікроелементного складу важких металів з барвниками і токсичних органічних сполук є шляхом вирішення питання щодо їх безпечності.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження було обрано природний антоціановий барвник, вилучений з ягід чорноплідної горобини (аронії). Мікроелементний склад антоціанів досліджували методом мас-спектрометрії (МС) (mass spectrometry) (MS) з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП/МС) (Inductively Coupled Plasma) (ICP/MS) на приладі Agilent 7500 CE ICP/MS System (USA).

Наважку сировини аронії (~ 3 г) екстрагували індивідуальним розчинником ізопропіловим спиртом 50 см<sup>3</sup> при настоюванні і періодичному струшуванні протягом доби. Отриманий екстракт послідовно профільтрували крізь фільтр Шотта (пор № 1) і Millipore фільтр 0,45 мкм. З профільтрованого екстракту відбирали по 1 см<sup>3</sup> і додавали 9 см<sup>3</sup> деіонізованої води MilliQ Water (18 МОм, С<sub>орг</sub> <10 мкг/дм<sup>3</sup>). У розбавленому екстракті визначали 24 елемента методом ІЗП/МС.

**Результати.** В таблиці наведено результати визначення елементів в екстракті, де розраховано середнє арифметичне значення експериментальних даних ( $X_{сер}$ ), стандартне відхилення, що виявляє відтворюваність методу, яким були одержані результати (S), тобто ( $X_{сер} \pm S$ ) та відносне стандартне відхилення S<sub>n</sub>, %.

Таблиця. Результати визначення мікроелементного складу для деяких елементів екстракту з ягід чорноплідної горобини ізопропіловим спиртом методом ІЗП/МС.

Елемент	Концентрація, мкг/дм <sup>3</sup>					S <sub>n</sub> , %
	Blank	№ 1 (1)	№ 1 (2)	№ 1 (3)	$X_{сер} \pm S$	
Al	0,099	172,2	187,7	187,0	182,3±8,8	4,80
Cr	0,135	284,3	256,8	260,7	267,2±14,88	5,57
Mn	0,005	5,99	6,00	6,54	6,18±0,31	5,09
Ni	0,139	12,47	12,40	12,84	12,57±0,24	1,88
Cu	0,137	31,61	30,75	31,03	31,13±0,44	1,41
Zn	0,415	155,7	145,5	142,5	147,9±6,9	4,68
Se	<0,1	16,87	14,88	13,98	15,24±1,48	9,70
Sr	<0,01	5,13	5,11	5,10	5,11±0,02	0,32
Cd	<0,01	0,285	0,325	0,353	0,321±0,034	10,7
Ba	0,019	3,58	3,25	3,33	3,38±0,17	5,05
Pb	0,082	2,59	2,43	2,67	2,56±0,12	4,76

**Висновки:** В екстракті аронії ізопропанолом визначено мікроелементний склад для 24 елементів, їх загальний вміст дорівнює 0,804 мг/дм<sup>3</sup>. Рівні вмісту токсичних елементів не становлять загрози для цільового продукту із аронії. В екстракті визначено також інші елементи, такі як Li на рівні < 0,1; Cs, Tl – < 0,01; Ag, Rb – 0,132; 2,25; V, Ga – 3,46; 0,312; Co, Bi – 0,085, 0,034; In, Be – 0,015, 0,012 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Дослідження мікроелементного складу екстракту з ягід чорноплідної горобини диметилсульфоксидом методом мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою**

**Хомов Євгеній, Олена Подобій, Мілюкін Михайло**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** У світовій практиці за останні роки спостерігається тенденція використання природних пігментів, таких як антоціани, у виробництві харчових продуктів. Гостро стоїть питання щодо їх екологічної безпеки. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є визначення елементного та органічного складу барвників.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження було обрано природний антоціановий барвник, вилучений з ягід чорноплідної горобини (аронії). Мікроелементний склад антоціанів досліджували методом мас-спектрометрії (МС) (mass spectrometry) (MS) з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП/МС) (Inductively Coupled Plasma) (ICP/MS) на приладі Agilent 7500 CE ICP/MS System (USA).

Наважку сировини аронії (~ 3 г) екстрагували індивідуальним розчинником диметилсульфоксидом (50 см<sup>3</sup>) при настоюванні і періодичному струшуванні протягом доби. Отриманий екстракт послідовно профільтрували крізь фільтр Шотта (пор № 1) і Millipore фільтр 0,45 мкм. З профільтрованого екстракту відбирали по 1 см<sup>3</sup> і додавали 9 см<sup>3</sup> деіонізованої води MilliQ Water (18 МОм, C<sub>орг</sub> <10 мкг/дм<sup>3</sup>). У розбавленому екстракті визначали 24 елемента методом ІЗП/МС.

**Результати.** В таблиці наведено результати визначення елементів в екстракті, де розраховано середнє арифметичне значення експериментальних даних (X<sub>сер</sub>), стандартне відхилення, що виявляє відтворюваність методу, яким були одержані результати (S), тобто (X<sub>сер</sub> ± S) та відносне стандартне відхилення S<sub>n</sub>, %.

Таблиця. Результати визначення мікроелементного складу для деяких елементів екстракту з ягід чорноплідної горобини диметилсульфоксидом методом ІЗП/МС.

Елемент	Концентрація, мкг/дм <sup>3</sup>					S <sub>n</sub> , %
	Blank	№ 1 (1)	№ 1 (2)	№ 1 (3)	X <sub>сер</sub> ± S	
Al	0,135	126,9	117,0	124,1	122,6±5,1	4,16
Cr	<0,1	75,51	76,9	67,80	73,27±4,90	6,69
Mn	0,139	14,56	12,98	13,96	13,83±0,80	5,77
Ni	0,415	25,98	25,51	25,87	25,65±0,25	0,96
Cu	0,001	53,92	54,56	56,11	54,73±1,13	2,06
Zn	0,195	227,1	245,1	267,9	246,3±20,4	8,30
Se	<0,1	47,20	45,60	46,90	46,57±0,85	1,83
Sr	<0,01	11,81	11,78	11,76	11,78±0,03	0,21
Cd	<0,01	0,183	0,186	0,177	0,182±0,005	2,51
Ba	0,008	11,36	11,65	11,90	11,62±0,27	2,31
Pb	0,099	6,01	6,09	6,21	6,09±0,11	1,73

**Висновки:** В екстракті з ягід аронії диметилсульфоксидом визначено мікроелементний склад для 24 елементів, їх загальний вміст дорівнює 0,856 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрації токсичних елементів знаходяться на рівні значно меншому, ніж ГДК для сировини. Визначено також інші елементи, такі як Li на рівні < 0,1; Ag, Cs, Tl – < 0,01; Rb – 32,4; V – 45,2; Ga – 0,63; Co, Bi – 0,26, 0,09; In, Be – 0,004, 0,012 мкг/дм<sup>3</sup>.

**Дослідження мікроелементного складу екстракту ромашки етиловим спиртом методом мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою**

**Олена Бондар, Олена Подобій, Михайло Мілюкін**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Екстракт ромашки в своєму складі містить флавоноїди, дубильні речовини, кумарини, полісахариди, що дає змогу широко використовувати його в фармацевтичній, косметичній та харчовій галузях. Актуальним є питання токсичності домішок, наявності важких металів, хлороорганічних пестицидів (ХОП) тощо.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження було обрано екстракт ромашки етиловим спиртом (ЕС). Мікроелементний склад екстракту досліджували методом мас-спектрометрії (МС) (mass spectrometry) (MS) з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП/МС) (Inductively Coupled Plasma) (ICP/MS) на приладі Agilent 7500 CE ICP/MS System (USA). Для отримання екстракту наважку ~6 г сухої ромашки залили 100 см<sup>3</sup> 96 %-ного ЕС. Проводили екстракцію при настоюванні, періодичному струшуванні і нагріванні при t=40–50 °С протягом доби. Після закінчення вичерпної екстракції, суміш охолодили та профільтрували послідовно крізь фільтр Шотта (пор № 1) та Millipore фільтр, діаметр пор якого <0,45 мкм. З профільтрованого екстракту відбирали по 1 см<sup>3</sup> і додавали 9 см<sup>3</sup> деіонізованої води MilliQ Water (18 МОм, C<sub>орг</sub> <10 мкг/дм<sup>3</sup>). В розбавленому екстракті визначали 24 елемента методом ІЗП/МС.

**Результати.** Мікроелементний склад екстракту ромашки наведено в таблиці, розраховано середнє арифметичне значення експериментальних даних (X<sub>сер</sub>), стандартне відхилення, що виявляє відтворюваність методу, яким були одержані результати (S), тобто (X<sub>сер</sub> ± S) та відносне стандартне відхилення S<sub>n</sub>, %.

Таблиця. Визначення складу для елементів екстракту з ромашки ЕС методом ІЗП/МС

Елемент	Концентрація, мкг/дм <sup>3</sup>					S <sub>n</sub> , %
	Blank	№ 1 (1)	№ 1 (2)	№ 1 (3)	X <sub>сер</sub> ± S	
Al	0,099	203,8	209,7	230,9	214,8±14,3	6,6
Cr	0,135	265,0	234,8	256,4	252,0±15,6	6,2
Mn	0,005	23,07	22,6	22,08	22,60±0,50	2,2
Ni	0,139	10,70	10,18	9,97	10,28±0,38	3,7
Cu	0,137	66,72	74,95	74,88	72,19±4,73	6,6
Zn	0,415	249,7	234,7	236,5	240,3±8,2	3,4
Se	<0,1	21,52	20,78	22,98	21,76±1,12	5,1
Sr	<0,1	6,79	6,88	6,11	6,59±0,42	6,4
Cd	<0,01	1,24	1,33	1,22	1,26±0,06	4,6
Ba	0,019	5,50	5,11	5,21	5,27±0,21	3,9
Pb	0,008	2,95	2,76	2,88	2,86±0,10	3,4

**Висновки:** В екстракті ромашки визначено мікроелементний склад для 24 елементів, їх загальний вміст дорівнює 0,980 мг/дм<sup>3</sup>. В екстракті визначено також інші елементи, такі як Li на рівні 1,75; Ag, Cs, Tl – <0,01; Rb – 76,3; V – 2,80; Ga – 0,43; Co, U, In, Bi – 0,562, 0,034, 0,015, 0,041; Be – 0,024 мкг/дм<sup>3</sup>. Рівні вмісту токсичних елементів не становлять загрози для цільового продукту із ромашки. Встановлено, що ХОП та інші токсичні органічні сполуки відсутні в екстракті.

**Дослідження мікроелементного складу екстракту базилику етиловим спиртом методом мас-спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою**

**Андрій Буров, Ігор Житнецький, Михайло Мілюкін**  
 Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Для компенсації дефіциту біогенних елементів в організмі людини використовують дієтичні добавки, в тому числі і у вигляді екстрактів. Актуальним є питання щодо його токсичності, наявності домішок важких металів та органічних токсикантів.

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження було обрано екстракт з рослинної сировини базилику етиловим спиртом (ЕС). Мікроелементний склад екстракту досліджували методом мас-спектрометрії (МС) (mass spectrometry) (MS) з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП/МС) (Inductively Coupled Plasma) (ICP/MS) на приладі Agilent 7500 CE ICP/MS System (USA). Наважку ~6 г базилику (1,5–2,0 мм) залили 100 см<sup>3</sup> 96 %-го ЕС, настоювали протягом 4-х годин, періодично струшували і нагрівали при t=38–40 °С протягом доби, суміш охолодили і провели обробку низькочастотним ультразвуком. Після закінчення вичерпної екстракції суміш профільтрували послідовно через фільтр Шотта (пор № 1) та Millipore фільтр (d<sub>пор</sub> <0,45 мкм). З відфільтрованого екстракту відбирали аліквоту 1 см<sup>3</sup> і додавали 9 см<sup>3</sup> деіонізованої води MilliQ Water (18 МОМ, C<sub>орг</sub> <10 мкг/дм<sup>3</sup>). В розбавленому екстракті визначали 24 елемента методом ІЗП/МС.

**Результати.** В таблиці наведено результати визначення елементів в екстракті, де розраховано середнє арифметичне значення експериментальних даних (X<sub>сер</sub>), стандартне відхилення, що показує відтворюваність методу, яким були одержані результати (S), тобто (X<sub>сер</sub> ± S) та відносне стандартне відхилення S<sub>n</sub>, %.

Таблиця. Визначення мікроелементного складу екстракту базилику ЕС

Елемент	Концентрація, мкг/дм <sup>3</sup>					S <sub>n</sub> , %
	Blank	№ 1 (1)	№ 1 (2)	№ 1 (3)	X <sub>сер</sub> ± S	
Al	0,099	82,51	89,22	87,86	86,53±3,55	4,1
Cr	0,135	237,1	233,6	234,7	235,1±1,8	0,8
Mn	0,005	55,71	55,97	56,96	56,23±0,66	1,2
Ni	0,139	9,05	10,18	9,97	9,70±0,60	6,2
Cu	0,137	89,69	83,97	83,84	85,84±3,34	3,9
Zn	0,415	276,1	244,6	234,5	251,7±21,7	8,6
Ga	0,001	0,970	0,922	0,878	0,92±0,05	5,0
As	0,195	52,15	50,93	51,72	51,60±0,62	1,2
Se	<0,1	18,34	16,89	19,09	18,11±1,12	6,2
Sr	<0,1	35,78	33,89	34,08	34,58±1,04	3,0
Cd	<0,01	0,386	0,345	0,389	0,37±0,03	6,6
Ba	0,019	11,7	12,88	11,43	12,02±0,76	6,3
Pb	0,008	4,18	4,11	4,08	4,13±0,05	1,2

**Висновки.** В екстракті базилику визначено мікроелементний склад для 24 елементів, їх загальний вміст складає 1,1 мкг/дм<sup>3</sup>. Визначено також інші елементи, такі як Li на рівні < 0,1; Ag, Cs, Tl, In – < 0,01; Rb – 255,0; V – 2,27; Ga – 0,92; Co, U, In, Bi – 0,47, 0,065, 0,05; Be – 0,005 мкг/дм<sup>3</sup>. Вміст токсичних елементів і органічних токсикантів не становить загрози для екстрактів базилику ЕС.

**Дослідження мікроелементного складу екстракту шкірки марокканського  
апелсьину етиловим спиртом методом мас-спектрометрії з індуктивно-  
зв'язаною плазмою**

**Руслан Мілюшин, Ігор Фесич, Михайло Мілюкін**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Розглянуто кількісний мікроелементний склад екстракту шкірки марокканського апельсину. Внаслідок хімічного складу цього екстракту при введенні його у харчові продукти отримуємо його збагачення і забезпечуємо виконання основної технологічної функції – антиоксидантної. Важлива також екологічна безпека екстракту. Вирішення останньої проблеми є визначення мікроелементного складу та органічних токсикантів (пестициди та інші) в екстракті.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження було обрано шкірку марокканського апельсину. Мікроелементний склад екстракту етиловим спиртом (ЕС) досліджували методом мас-спектрометрії (МС) (mass spectrometry) (MS) з індуктивно-зв'язаною плазмою (ІЗП/МС) (Inductively Coupled Plasma) (ICP/MS) на приладі Agilent 7500 CE ICP/MS System (USA). Наважку сировини марокканського апельсину (~ 6 г) екстрагували ЕС (100 см<sup>3</sup>) при настоюванні і періодичному струшуванні протягом доби. Екстракт послідовно профільтрували крізь фільтр Шотта (пор № 1) і Millipore фільтр 0,45 мкм. Розчини екстракту після подальшого розведення в 150 разів в деіонізованій воді MilliQ Water (18 МОм, C<sub>орг</sub> <10 мкг/дм<sup>3</sup>) були досліджені методом ІЗП/МС. У даному екстракті визначали 24 елемента.

**Результати.** В таблиці наведено результати визначення елементів в екстракті, де розраховано середнє арифметичне значення експериментальних даних ( $X_{\text{сер}}$ ), стандартне відхилення, що поазує відтворюваність методу, яким були одержані результати (S), тобто ( $X_{\text{сер}} \pm S$ ) та відносне стандартне відхилення S<sub>n</sub>, %.

Таблиця. Елементний склад екстракту з марокканського апельсину

Елемент	Концентрація, мкг/дм <sup>3</sup>					S <sub>n</sub> , %
	Blank	№ 1 (1)	№ 1 (2)	№ 1 (3)	X <sub>сер</sub> ± S	
Al	0,099	1198,9	1161,7	1184,6	1181,7 ± 18,8	1,59
Cr	0,135	207,9	196,5	196,1	200,1 ± 6,7	3,35
Mn	0,005	67,94	73,34	74,99	72,1 ± 3,68	5,11
Ni	0,139	95,59	93,23	104,7	97,83 ± 6,04	6,18
Cu	0,137	362,7	361,1	358,2	360,7 ± 2,3	0,63
Zn	0,415	2018,6	1858,1	1900,1	1925,6 ± 83,2	4,32
Se	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Sr	<0,1	356,7	341,4	345,2	347,7 ± 8,0	2,29
Cd	<0,01	4,27	5,18	4,69	4,71 ± 0,45	9,67
Ba	0,019	72,00	75,25	76,96	74,73 ± 2,52	3,37
Pb	0,008	39,07	40,16	43,64	40,95 ± 2,38	5,83

**Висновки:** В екстракті зі шкірки марокканського апельсину ЕС визначено мікроелементний склад для 24 елементів, їх загальний вміст дорівнює 4,996 мг/дм<sup>3</sup>. Визначено також інші елементи, такі як Li на рівні 1,59; Ag, In, Cs, Tl, U – < 0,01; Rb – 370,6; V – 6,51; Ga – 2,39; Co, Bi – 0,360, 0,710; Be – 0,300 мкг/дм<sup>3</sup>. Концентрації токсичних елементів знаходяться на рівні значно меншому, ніж ГДК для сировини.



## Одержання ефірів сахарози жирних кислот (E473) з рослинної олії

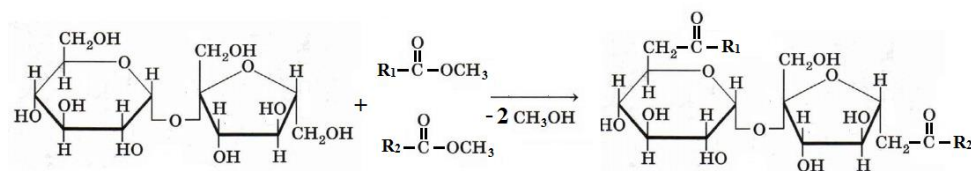
Пашкевич Максим, Ковальова Світлана

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Естери сахарози і жирних кислот – емульгатори штучного походження. Їх широко застосовують у харчовій промисловості як харчову добавку E473 і виробництві косметичних засобів. В Україні емульгатор E473 не виробляється, отже дослідження у цьому напрямку є перспективними.

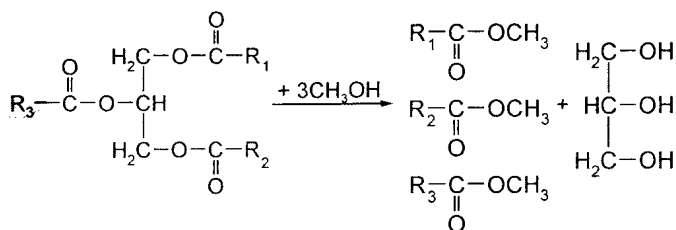
**Матеріали і методи.** Аналітичний огляд літератури з технології виробництва харчової добавки E473, лабораторні методи переестерифікації.

**Результати та обговорення.** Загальною технологією виробництва добавки E473 є переестерифікація метилових естерів жирних кислот сахарозою без розчинника при температурі 150-170 °С в присутності каталізаторів.



де,  $R_1$  і  $R_2$  – залишки жирних кислот, що входять до складу тригліцеридів рослинних олій.

Запропоновано технологію одержання естерів сахарози і жирних кислот на базі рослинної олії вітчизняного походження – кукурудзяної, соняшникової, соєвої. Метилові естери жирних кислот можуть бути одержані реакцією алкоголізу рослинною олією метиловим спиртом в умовах кислотного каталізу.



Використання етилових естерів жирних кислот замість метилових зменшує токсичність виробництва, проте знижує вихід кінцевого продукту.

**Висновки.** Запропонована схема одержання добавки E473 з рослинної олії є простою у виконанні, не потребує токсичних розчинників, сприятиме підтримці вітчизняних виробників.

### Література.

1. Refined exposure assessment of sucrose esters of fatty acids (E 473) from its use as a food additive / Maged Younes, Peter Aggett, Fernando Aguilar та ін.. // 22 November 2017. – С. 1–22.

## Дослідження складу і харчової цінності м'ясних продуктів

Юлія Коробка, Галина Біла

Національний університет харчових технологій

Надія Антрапцева

Національний університет біоресурсів та природокористування України

**Вступ.** На сьогоднішньому споживчому ринку широко використовуються м'ясна продукція: ковбасні вироби, які користуються великим попитом у споживача, та представлені різними їх видами. Їхній склад та споживчі властивості потребують постійного контролю із-за великої кількості фальсифікатів на споживчому ринку.

**Об'єкти та методи дослідження.** Об'єктами дослідження були такі м'ясні продукти: сосиски у поліетилені, сардельки у кишковій оболонці, варена ковбаса у кишковій оболонці. Для визначення складу та харчової цінності продукту використовують хімічні та інструментальні методи аналізу із обов'язковим визначення таких параметрів:

- видової належності м'яса за коефіцієнтом заломлення жиру;
- свіжості м'яса методом Вебера;
- кислотного числа жиру;
- вмісту крохмалю у ковбасах;
- люмінесцентний аналіз м'яса та м'ясного фаршу;
- вмісту нітритів в ковбасах та інших м'ясопродуктах спектрофотометричним методом.

При визначенні фальсифікації продукту найчастіше проводять визначення вмісту домішок у м'ясній продукції: нітрати, вміст вологи, кислотність.

### Результати та обговорення.

Склад варених ковбас на 50-70% містить сою, варену шкіру, відходу м'яса і лише 10-15% свинини і яловичини. В таблиці наведено склад деяких варених продуктів.

**Таблиця. Склад деяких варених м'ясних продуктів**

Склад/ Назва	Сосиски у поліетилені, %	Сардельки у кишковій оболонці, %	Варена ковбаса у кишковій оболонці, %
Соевий білок	25	30	25
Емульсія (подрібнені варені шкіра, субпродукти, відходи м'яса, кісткова мука)	45	35	25
М'ясо птиці	15	10	30
М'ясо (свинина, яловичина)	7	15	10
Мука, крохмаль, смакові добавки	8	10	10

Як видно з таблиці, основний внесок у складі продукту має емульсія: 45, 35 і 25%, що у 3-6,5 рази перевищує вміст м'яса 7, 15 і 10%, відповідно. А також соєвий білок становить четверту від загального вмісту компонентів у продукті.

**Висновки.** Показано, що до складу варених сосисок, сардельок та ковбаси входить лише 10-15% суміші м'яса птиці, свинини і яловичини.

### Література

1. Химия пищевых продуктов / Ш. Дамодаран, К.Л. Паркин, О.Р. Феннема (ред.-сост.). – Перев. с англ. – СПб.: ИД —Профессия, 2012. – 1040 с.

## Вивчення фізико-хімічних властивостей паштету з курячої грудки

Юлія Коробка, Галина Біла

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

Надія Антрапцева

Національний університет біоресурсів та природокористування України, Київ

**Вступ.** На сьогоднішній день актуальним є питання здорового харчування для дітей та молоді. Тому нами пропонується один із шляхів вирішення такої проблеми – приготування паштету з курячої грудки із покращеним рецептурним складом.

**Об'єкти та методи досліджень.** В якості основного об'єкту дослідження взято паштет з курячої грудки за класичною рецептурою і проведено його удосконалення за рахунок різноманітності складу компонентів. Для визначення фізико-хімічних показників запропонованих паштетів використовували методи хімічного аналізу, а саме: визначення рН, лужності, кислотності та вмісту вологи.

**Результати.** Для покращення смакових якостей та подовження терміну зберігання паштету з курячої грудки було проведено деякі зміни компонентного складу класичної рецептури, а саме: додано очищений болгарський перець, варену моркву та куркуму. В табл. 1 наведено запропоновані рецепти із введеними покращеннями.

Таблиця 1. Рецепти паштетів

Сировина	Паштет №1, г	Паштет №2, г	Паштет №3, г
Куряче філе	397,474	346,02	372,539
Вершки 10%	150	170	160
Масло вершкове 82,5%	-	50,193	55,71
Часник (зубчики)	2	2	2
Сіль	7,344	7,898	7,3
Чорний перець мелений	0,428	0,755	1,083
Паприка мелена	0,086	3,68	2,83
Перець болгарський	-	54,131	75,405
Морква варена	-	-	50,992
Куркума	-	-	2,4
Маса готового продукту	565,332	642,677	738,259

Паштет №1 – паштет з курячої грудки класичний, паштет №2 – паштет з курячої грудки з болгарським перцем, паштет №3 – паштет з курячої грудки з болгарським перцем, вареною морквою та куркумою. Для оцінки якості паштету було проведено ряд дослідів методами хімічного та фізико-хімічного аналізу та порівняно з показниками, що затверджені у ДСТУ 4432:2005 «Паштети м'ясні». Результати досліджень наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Порівняння отриманих даних з нормами ДСТУ

Показник	Паштет №1	Паштет №2	Паштет №3	ДСТУ
рН	6	7	7	6-7
Лужність, град	1	1,5	1,5	До 2
Кислотність, град	1,5	1	1	До 2
Масова частка вологи, %	70	66	68	60

**Висновки.** Удосконалено рецептуру паштету з курячої грудки за допомогою введення болгарського перцю, вареної моркви та куркуми.

Проведено аналіз та держано показники рН, лужності, кислотності та масової частки вологи, для паштетів 1-3 та показано, що усі визначені показники відповідають нормам ДСТУ.

## Твердофазний синтез магнію-кобальту(II) циклотетрафосфатів

Галина Біла

Національний університет харчових технологій

Надія Антрапцева

Національний університет біоресурсів та природокористування України

**Вступ.** Вивченню умов синтезу твердих розчинів фосфатів двовалентних металів завдяки їх здатності до утворення сполук з технічно цінними властивостями останнім часом присвячено значну кількість досліджень. Дана робота виконана в плані розширення асортименту безводних полімерних фосфатів з регульованими складом і властивостями, які є основою багатьох сучасних неорганічних матеріалів.

**Об'єкти та методи дослідження.** В якості об'єкта дослідження використовували твердий розчин складу  $Mg_{1-x}Co_x(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$ ,  $0 < x < 1.0$ . Його зневоднення вивчали диференціально-термічним методом в умовах динамічного (швидкість 2.5; 5; 10 град/хв., деріватограф Q-1500 D) і ізотермічного режимів нагрівання. Для аналізу складу частково і повністю зневоднених фосфатів використовували комплекс фізико-хімічних методів аналізу: хімічний, рентгенофазовий (ДРОН-3М, з'єднаний з обчислювальним комплексом на базі ЕОМ типу IBM PC/AT 486, Fe K $\alpha$ , Cu K $\alpha$ , внутрішній стандарт NaCl), ІЧ-спектроскопію (Specord-75IR, Perkin-Elmer), роздільну кількісну хроматографію на папері.

**Результати та їх обговорення.** Відповідно до термоаналітичних досліджень, нагрівання  $Mg_{1-x}Co_x(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$  до 165-195°C (залежно від вмісту катіонів) не призводить до конденсації монофосфатного аніону.

Подальше підвищення температури до 205-295°C супроводжується утворенням поліфосфатів загальної формули  $Mg_{1-x}Co_xO_{(n+2)/2}P_nO_{3n+1}$  з лінійною будовою аніону. Ступінь поліконденсації фосфатного аніона ( $n$ ) залежно від температури випалювання та катіонного складу вихідного фосфату змінюється від 2 до 9. При нагріванні, наприклад, подвійного фосфату складу  $Mg_{0.5}Co_{0.5}(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$  до 220°C утворюються лінійні поліфосфати, які містять в ланцюгу до шести атомів фосфору. При підвищенні температури випалювання до 245°C значення  $n$  збільшується до дев'яти. Випалювання дигідрогенфосфатів в інтервалі 335-375°C призводить до утворення конденсованих фосфатів складу  $Mg_{1-x}Co_xP_4O_{12}$  ( $n = 4$ ) з принципово відмінною будовою аніона – циклічною.

Твердофазний синтез безводного твердого розчину циклотетрафосфатів загальної формули  $(Mg_{1-x}Co_x)_2P_4O_{12}$  ( $0 < x < 1.0$ ) реалізується по двом напрямкам процесу. Перший з них передбачає дегідратацію протонуваних низкомолекулярних конденсованих фосфатів. Другий – взаємодію вільних поліфосфатних кислот із середніми конденсованими фосфатами. Зі збільшенням у складі твердих розчинів вмісту кобальту кількість фосфорних кислот, що виділяються, збільшується. Зростає (до 20-25%) частка їх участі в процесі утворення безводних циклотетрафосфатів (другий напрямок).

Безводні циклотетрафосфати складу  $(Mg_{1-x}Co_x)_2P_4O_{12}$  - кристалічні сполуки, що утворюють безперервний твердий розчин, в якому співвідношення катіонів змінюються у широких межах (MgO - 22,0-0,1 мас.%; CoO - 0,1-34 мас.%).

**Висновки.** Встановлено, що термообробка  $Mg_{1-x}Co_x(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$  в інтервалі 335–375°C призводить до утворення  $(Mg_{1-x}Co_x)_2P_4O_{12}$ . Температурні режими твердофазного синтезу визначаються співвідношенням катіонів у складі вихідного кристалогідрату і максимальні для  $Mg_{1-x}Co_x(H_2PO_4)_2 \cdot 2H_2O$  з більшим вмістом магнію.

**Про участь кристалогідратної води в твердофазному гідролізі  
дифосфатів Mn (II), Co (II), Zn**

**Володимир Кравец, Надія Антрапцева**

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

**Галина Біла**

*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Відповідно до сучасних уявлень про природу і стан води в кристалогідратах, молекули води, які входять в їх кристалічну решітку, не є нейтральними структурними елементами. Вони приймають участь у взаємодіях з катіонною і аніонною підрешітками солі, значною мірою визначаючи властивості гідратованих фосфатів і, в першу чергу, хімізм процесу їх зневоднення.

**Об'єкти та методи дослідження.** Як основні об'єкти дослідження обрано індивідуальні гідратовані дифосфати складу  $Mn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ ,  $Co_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$  і  $Zn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ . ІЧ спектри записували при 20°C і –190°C в діапазоні 400-4000  $cm^{-1}$  на спектрометрі Nexus – 470 із Фур'є перетворенням і програмним забезпеченням Omnic. Зразки готували пресуванням фіксованої наважки (0,05 мас. %) в матрицю КВг. Крім того, використовували суспензію фосфату в бутиловому спирті, нанесену на нейтральну флюоритову підложку.

**Результати та їх обговорення.** Комплексним аналізом зневоднення гідратованих дифосфатів Mn (II), Co (II), Zn складу  $Mn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ ,  $Co_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$  і  $Zn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$  встановлено, що видалення з їх структури кристалогідратної води супроводжується складними фізико-хімічними і структурними перетвореннями. Видалення води, молекули якої приймають участь в утворенні досить міцних Н-зв'язків, реалізується за дисоціативним механізмом, завдяки якому термоліз солей ускладнюється процесами твердофазного гідролізу і аніонної конденсації. Процес аніонної конденсації можливий за наявності в складі твердої фази монофосфатів, що утворюються завдяки термічній деструкції дифосфатного аніону. Руйнування  $P_2O_7^{4-}$ -аніону спостерігається у разі термолізу всіх досліджуваних дифосфатів. Максимальний ступінь його деструкції, який становить 35 %, зафіксовано для  $Zn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ . Використовуючи як показник глибини перебігу твердофазного гідролізу солі максимальний ступінь поліконденсації ( $n$ ), встановлено, що під час термолізу  $Co_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$  він реалізується повніше ( $n=7$ ), ніж у разі термолізу  $Mn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$  ( $n=3$ ). Це пов'язано з різним станом кристалогідратної води в цих дифосфатах. Для дифосфату  $Mn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$  енергія Н-зв'язків в структурі не перевищує 40 кДж/моль, тому максимальний ступінь поліконденсації ( $n$ ), складає 3. Підвищення енергії Н-зв'язків в структурі  $Co_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$  до 45 кДж/моль призводить до більш глибокої полімеризації фосфатних аніонів –  $n$  досягає 7. Під час термолізу  $Zn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ , на відміну від  $Co_2P_2O_7 \cdot 6H_2O$  і  $Mn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ , процеси аніонної конденсації не спостерігаються. Енергія Н-зв'язків в його структурі не перевищує 36 кДж/моль. За такої її величини перебіг протолітичної дисоціації води не можливий, а отже і твердофазний гідроліз солі не відбувається.

**Висновки.** Механізм видалення води кристалогідратної води, перебіг твердофазного гідролізу солі, а також глибина його реалізації значною мірою обумовлені її природою та енергетичним станом в структурі гідратованих солей.

## Синтез і термоліз твердого розчину цинку-кобальту(II) дифосфатів пентагідратів

Надія Солод, Надія Антрапцева

*Національний університет біоресурсів та природокористування України*

Галина Біла

*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** В доповіді обговорюються питання, що стосуються умов одержання та термічних властивостей нових кристалогідратів складу  $Zn_{2-x}Co_xP_2O_7 \cdot 5H_2O$  – перспективних неорганічних матеріалів для різноманітних областей сучасної науки і техніки.

**Об'єкти та методи дослідження.** Об'єкти дослідження – гідратовані дифосфати  $Zn_{2-x}Co_xP_2O_7 \cdot 5H_2O$  одержували взаємодією суміші водних розчинів сульфатів цинку та кобальту(II) з розчином калій дифосфату, що взяті у певному співвідношенні. Термічні властивості вивчали диференціально-термічним методом (деріватограф Q-1500 D). Для визначення складу частково і повністю зневоднених дифосфатів використовували комплекс фізико-хімічних методів аналізу: хімічний, рентгенофазовий (ДРОН-3М), ІЧ-спектроскопію (Specord-75IR, Perkin-Elmer), роздільну кількісну хроматографію на папері.

**Результати та їх обговорення.** Згідно експериментальним даним, найбільш значимими параметрами синтезу  $Zn_{2-x}Co_xP_2O_7 \cdot 5H_2O$  є: співвідношення у складі вихідних розчинів  $n = P_2O_7^{4-} / \sum Zn^{2+}, Co^{2+} = 0,25$  і  $K = Zn^{2+} / Co^{2+}$  в межах  $9,00 \div 0,02$  (атомне); концентрація вихідних розчинів – 0,1 моль/л; тривалість контакту твердої фази з маточним розчином – за досягнення рівноваги; температурний інтервал взаємодії – 293 – 298 К.

Визначено, що за хімічною природою  $Zn_{2-x}Co_xP_2O_7 \cdot 5H_2O$  є обмеженим твердим розчином заміщення, області гомогенності ( $x$ ) якого змінюються від 0 до 0,69. Утворюється  $Zn_{2-x}Co_xP_2O_7 \cdot 5H_2O$  ( $0 < x \leq 0,69$ ) внаслідок ізоморфного заміщення Zn на Co(II) в октаедрах Zn–O<sub>6</sub> дифосфату-матриці  $Zn_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$ . Склад насиченого твердого розчину відповідає дифосфату  $Zn_{1,31}Co_{0,69}P_2O_7 \cdot 5H_2O$ , що містить 21,38 % мас. цинку та 10,13 % мас. кобальту.

Термоаналітичними дослідженнями встановлено, що дифосфати твердого розчину  $Zn_{2-x}Co_xP_2O_7 \cdot 5H_2O$  ( $0 < x \leq 0,69$ ) стійкі при нагріванні до 345–363 К. Подальше підвищення температури призводить до їх зневоднення, яке відбувається в три основні стадії. Перша і друга стадії на кривій ТГ практично не розділяються. На кривій ДТА вони фіксуються двома частково накладеними один на одного ендотермічними ефектами: перший в інтервалі 345–408 К відповідає видаленню 2.05 моль H<sub>2</sub>O (9.53 % мас. втрати маси), другий – 408–488 К Третя стадія зневоднення  $Zn_{1,31}Co_{0,69}P_2O_7 \cdot 5H_2O$  реалізується в температурному інтервалі 488–725 К з утворенням при 725–831 К повністю безводного дифосфату складу  $\alpha$ - $Zn_{2-x}Co_xP_2O_7$ .

**Висновки.** Визначено умови синтезу та синтезовано твердий розчин дифосфатів складу  $Zn_{2-x}Co_xP_2O_7 \cdot 5H_2O$ . Досліджено його термоліз та доведено, що загальна послідовність термічних перетворень зберігається для всіх дифосфатів твердого розчину різного катіонного. Повністю безводним дифосфатом є твердий розчин складу  $\alpha$ - $Zn_{2-x}Co_xP_2O_7$  ( $0 < x \leq 0,69$ ). Однією з основних особливостей їх термолізу є перебіг процесів аніонної конденсації, внаслідок яких утворюється трифосфат, кількість якого збільшується по мірі заміщення цинку кобальтом.

## Отримання та дослідження екстракту календули методом абсорбційної спектрофотометрії Наталія Стадник, Тетяна Бойчук

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Зараз у світі надзвичайно актуальним є використання натуральних джерел для створення лікувальних та косметичних препаратів, враховуючи їх безпечність, нешкідливість, ефективність та низьку токсичність. Рослинна сировина є перспективним об'єктом дослідження, оскільки містить біологічно активні речовини (БАР) з різними фармакологічними властивостями.

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження було обрано екстракт календули (*Calendula officinalis*). Визначення вмісту флавоноїдів проводили методом абсорбційної спектрофотометрії на приладі PerkinElmer Lambda 25. Для кількісного визначення застосовували спектрофотометричну методику, яка базується на вимірюванні абсорбції комплексу алюмінію хлориду з флавоноїдами. Кількісний вміст перераховували на рутин, паралельно проводили вимірювання абсорбції стандартного розчину рутину (розчин порівняння).

**Результати.** Дослідження екстракту календули, а саме кількісний вміст суми флавоноїдів по відношенню до стандартного зразка рутину.

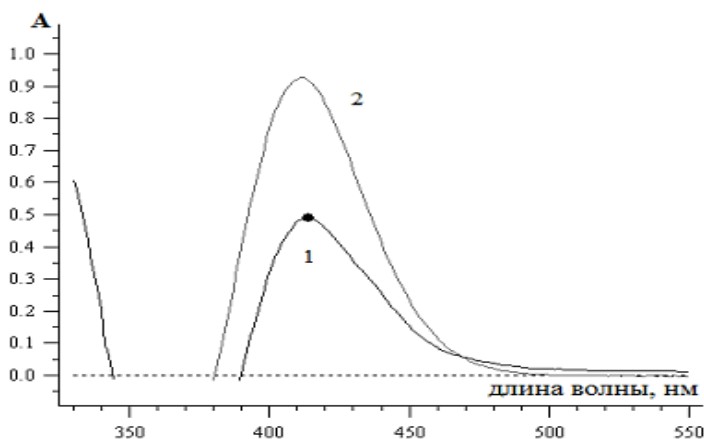


Рисунок. Спектр стандартного та зразка (1), та досліджуваного (2).

Максимальні піки поглинання спостерігаються при 408 нм (видимій області). Згідно результатів, екстракт з рослинної сировини календули (*Calendula officinalis*) в своєму складі містить значну суму флавоноїдів.

Перспективним і актуальним є контроль вмісту флавоноїдів при дослідженні технології екстрактів і розробці готових лікарських засобів на їхній основі, часто комбінованих, для забезпечення стандартизації у ланцюзі: лікарська рослинна сировина – екстракт – готовий лікарський засіб.

**Висновки.** У роботі було отримано та проаналізовано екстракт календули на вміст флавоноїдів. За результатами дослідження екстракт календули містить у своєму складі значну кількість флавоноїдів у перерахунку на рутин.

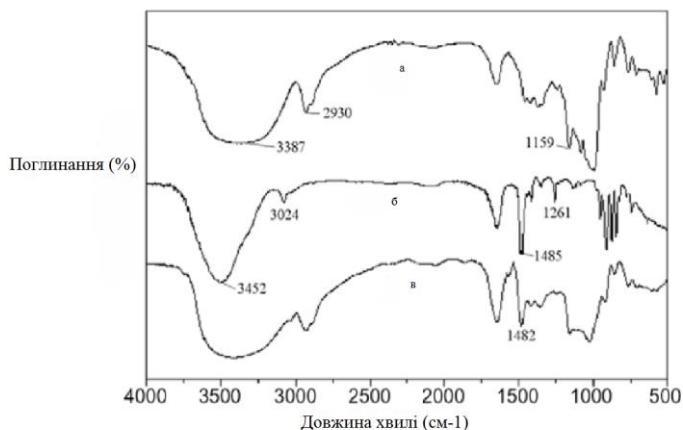
В роботі показано, що природна сировина – календули (*Calendula officinalis*) є потужним джерелом для одержання отримання екстрактів з високим вмістом флавоноїдів, який знаходять широке застосування у косметичній та фармацевтичній промисловостях.

**Дослідження ацетиленового крохмалю методом ІЧ-спектроскопії**  
**Євген Кругляков**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Ацетилований окислений крохмаль (E1451). За основною технологічною функції добавка (E1451) включена в групу емульгаторів. Може бути задіяна в якості згущувача, вологоутримуючого агента, стабілізатора консистенції. [1].

**Матеріали та методи.** Об'єктом дослідження було обрано ацетилований крохмаль синтезований із кукурудзяного крохмалю. Для ідентифікації синтезованого ацетилизованого крохмалю було використано метод інфрачервоної спектроскопії [2].

**Результати та обговорення.** Дослідження методом ІЧ-спектроскопії показало, що наш синтез пройшов успішно.



**Рисунок. ІЧ-спектр, а - кукурудзяного крохмалю; б - основного реагенту; в - ацетилизованого окисленого крохмалю**

ІЧ-спектр ацетиленового кукурудзяного крохмалю, основного реагенту і ацетилизованого окисленого крохмалю зображені на рис. 2.1 В ІЧ-спектрі нативного кукурудзяного крохмалю (рис. 3а), надзвичайно широка смуга при  $3387\text{ см}^{-1}$  і при  $2930\text{ см}^{-1}$  були віднесені до піку смуги О – Н і С – Н відповідно. Тим часом піки в  $1159$ ,  $1084$  і  $993\text{ см}^{-1}$  були характерними для С – О. У спектрі основного реагенту (Рис), широка смуга при  $3452\text{ см}^{-1}$  була присвоєна коливанню О – Н групи води, що залишилася після висушування. Сильна смуга на  $1485\text{ см}^{-1}$ , записана в ІЧ-спектрі, була пов'язана з коливанням С-Н групи. Крім того, коливання в діапазоні  $3024$  і  $1261\text{ см}^{-1}$  вказували на групу С-Н епоксиду.

**Висновок.** Було отримано ІЧ-спектри ацетиленового кукурудзяного крохмалю, основного реагенту і катіонного крохмалю. Проаналізувавши спектри можна зробити висновок, що синтез ацетиленового крохмалю пройшов успішно.

### Література

1. Жушман, А.И. Модифицированные крахмалы /А.И. Жушман. - М.: Пищепромиздат, 2007. - 236 с.
2. Развитие технологии производства зерновых крахмалов.// Пищевая промышленность. – 2003. №8. – с. 14-16.



### **Технологічні аспекти виробництва карнаубського воску E-903**

**Горкуненко Поліна, Дзюбенко Анастасія, Сабадаш Наталія**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Карнаубський віск широко застосовують у харчовій, парфумерно-косметичній, фармацевтичній промисловостях. Неочищений карнаубський віск вміщує смоли та інші домішки, які негативно впливають на організм людини [1-3].

**Матеріали і методи.** На базі аналітичного огляду науково-технічної літератури, розглянуто технологічні аспекти виробництва карнаубського воску E-903.

**Результати.** Технологія карнаубського воску має принципові відмінності на стадії очищення:

1. очищення карнаубського воску шляхом проведення екстракції [2];
2. технологія очищення воску за допомогою теплового випромінювання [4].

Перший сучасний метод очистки карнаубського воску було запропоновано у 2000 р. японськими вченими Фуджісава та Іната [2]. Суть методу полягає в тому, що спочатку віск знімають з поверхні листя і висушують на сонці. Віск розплавляють і додають оксид лужноземельного металу з метою нейтралізації вільних жирних кислот. Екстракція проводиться за температури 75-100° С полярним розчинником. Переважно використовують оксид або карбонат лужноземельного металу та як розчинник – етиловий спирт. Отриманий віск мав кислотне число на рівні 7 (до очищення кислотне число воску становило 9,5) та невеликий вміст смол. Останні було виявлено за допомогою тонкошарової хроматографії ТШХ [2-3].

Недоліком даного способу є використання етилового спирту в великих кількостях. Даний розчинник є дорогий. Якщо використовувати інший полярний розчинник, то він може бути токсичним для організму людини.

Другий спосіб очищення воску (Фідаров та Абаєв – 2013 р.) – за допомогою теплового випромінювання. Спосіб включає варіння і фільтрацію. Варка проводиться за температури 100° С з одночасним впливом ультразвукових коливань, спрямованих знизу вгору на частотах, що викликають кавітаційний ефект, що знищує всі патогенні мікроорганізми і створює режим флоатційного збагачення, виносить всі колоїдні суспензії на поверхню у вигляді піни, яка безперервно відділяється. Винахід дозволяє *знижити витрати* при очищенні воску від механічних домішок, колоїдної суспензії, а також проводити повне знезараження воску в одну стадію, зберігаючи структуру воску у нативному вигляді.

Недолік способу полягає в тому, що він трудомісткий, конструктивно та технологічно складний. Відстійник або теплообмінник забезпечені одним або декількома шарами сітчастих фільтрів, а в самій восковій сировині містяться смоли, домішки пилку, що утворюють різні за величиною грудки, які при цьому забивають фільтри, тому необхідно їх постійно міняти або чистити [4].

**Висновок:** Метод очистки шляхом проведення екстракції етиловим спиртом (перший метод) є менш трудомістким, дозволяє отримати віск з високими якісними показниками, проте потребує пошуку більш дешевого екстрагенту.

#### **Література:**

1. Niir B. The complete technology book on wax and polishes / Board Niir. – Kalma Nagar, India: Asia pacific business press, 2000. – 563 с.
2. Method for purifying vegetable wax//JPH0711285A/[Masaaki Fujisawa](#), [Junichi Inata](#)
3. Method for purifying carnauba wax//JPH0711286A/[Masaaki Fujisawa](#), [Junichi Inata](#), Naoichi Koga
4. Способ глубокой очистки воска//RU2408665/Фидаров Ф.А., Фидаров А.Ф., Абаєв А.Д., Абаєва М.А.

## Перспективи використання сублімованої рослинної сировини у складі дієтичних добавок

Арлачова Марина, Олена Подобій

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Індустрія дієтичних добавок стала розвинутою галуззю, оскільки задовольняє попит населення в оздоровленні та профілактиці різних захворювань..

Відомо, що рослинна сировина є одним з основних джерел багатьох життєво важливих для людського організму речовин – вітамінів, мінеральних речовин, клітковини, пектину та інших біологічно активних речовин. Істотним недоліком традиційних методів обробки даної сировини для її зберігання та використання є руйнування та окиснення вітамінів, ароматичних, а також інших біологічно активних речовин. Однією з найбільш прогресивних технологій переробки, що використовуються у міжнародній практиці задля збереженості нативного хімічного складу, є сублімація, тому сублімована рослинна сировина має широкі перспективи для її використанні у створенні дієтичних добавок.

**Матеріали та методи.** В тезах наведено аналіз літературних джерел стосовно суті та переваг технології сублімаційної обробки рослинної сировини, актуальності та перспектив використання саме сублімованої рослинної сировини.

**Результати.** Міжнародна практика використання даної технології (США, Японія, Англія тощо) показала, що рослинна сировина, висушена сублімаційним методом, майже повністю зберігає свої первісні властивості та за якістю набагато перевершує матеріали, які були зневоднені іншими способами, наприклад, традиційним сушінням на сонці або в сушарках. Суть сублімаційної обробки рослинної сировини полягає у більш м'якому видаленні вологи вакуумним способом. Рослинну сировину спочатку вводять у стан глибокого заморожування, часто з використанням, а далі у вакуумних сушарках йде подальше виморожування вологи, і продукт, не втрачаючи свого смаку, стає приблизно у 5–10 разів легше вихідного, тоді як його вологість при цьому не перевищує 8%.

Такий спосіб обробки має ряд переваг: забезпечення широкого діапазону температур і швидкого охолодження, що допомагає зберігати цілісність клітинної структури тканин сировини; створення в робочому об'ємі інертного середовища, що сприяє зберіганню вітамінів та інших біологічно активних речовин, уповільненню окиснювальних та ферментативних процесів, розвитку мікроорганізмів, мінімальний рівень енерговитрат на охолодження, відсутність забруднення навколишнього середовища.

Сублімована рослинна сировина, завдяки найвищому ступеню збереженості вмісту вітамінів та мінералів, у складі дієтичних добавок може поповнювати дефіцит есенціальних харчових речовин та спрямовано змінювати метаболізм речовин, підвищувати неспецифічну резистентність організму до дії несприятливих факторів довкілля тощо. До того ж, сублімовані порошки деяких рослин (апельсин, смородина, яблука, буряк, морква, топінамбур) мають здатність до селективного захоплення та виведення радіонуклідів, що є особливо актуальним враховуючи екологічний стан країни.

**Висновки.** Сублімована рослинна сировина істотно відрізняється від продуктів, що піддавались тепловій обробці традиційним способом, оскільки початкові властивості продукту – колір, аромат, біологічно активні речовини, вміст вітамінів тощо – зберігаються майже повністю. Вона є перспективною сировиною у складі дієтичних добавок – нутрицевтиків із антиоксидантною або радіопротекторною дією.

### **Застосування цукрогліцеридів E474 у харчовій промисловості**

**Юлія Коробка, Олена Подобій**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Цукрогліцериди E474 – харчова добавка, контрольована Європейським парламентом згідно Директиви 95/2/ЄС. Ця добавка може бути використана в якості емульгатора та стабілізатора олійно-водних емульсій у широкому асортименті продуктів. За хімічним складом емульгатор E474 не має певної формули і є складною сумішшю переважно естерів сахарози і вищих жирних кислот.

**Результати досліджень.** У харчовій промисловості цукрогліцериди можна виявити у напоях на основі молока, ароматизованих та/або ферментованих напоях, десертах на основі молока, шербетах і сорбетах, на поверхні оброблених свіжих фруктів, десертах на фруктовій основі, сумішах какао, десертах на основі жувальної гумки, крупах та крохмалі. Крім того, добавка E474 може міститися у термічно обробленому м'ясі, птиці та продуктах дичини на цілих шматочках або розрізах, десертах на основі яєць, супах та бульйонах, соусах, дієтичних продуктах медичного призначення, у тому числі продуктах для немовлят і дітей молодшого віку, продуктах для зниження ваги. До більш детальних прикладів використання цукрогліцеридів та їх взаємодії з компонентами продукту можна віднести наступні: *Грибні та сирні соуси* – приклади емульгованих соусів з рН вище 4,5. З метою збільшення терміну зберігання соус стерилізують. Такі труднощі, як нестабільність та формування кольору, що виникають при стерилізації, можна звести до мінімуму за допомогою цукрогліцеридів з ГЛБ 15. Вони покращують емульсію, забезпечуючи невеликий розмір крапельок олії. Це не тільки покращує стабільність зберігання, але і зовнішній вигляд (білість). *Майонез.* У традиційному майонезі яєчний жовток використовується як природний емульгатор. Яєчний жовток – це природна сировина, яка схильна до коливань ціни та якості, крім того їй не завжди надається перевага через вміст холестерину, ризик сальмонели та алергенний потенціал. Використовуючи цукрогліцериди як замітник яєчного жовтка, можна зробити вільний від холестерину продукт, схожий на майонез. *Карамель та цукерки.* Жири та олії можуть відокремлюватися від карамельної суміші на завершальних стадіях кип'ятіння (125 °С). Використання емульгатора E474 не тільки запобігає поділу жирів та олій, але й запобігає адгезії до форм або деталей різальних машин. Емульгатор також може зменшити адгезію до обгорткових матеріалів і зменшити клейкість при високій температурі і вологості. *Печиво.* Спроби знизити вміст жиру в печиві зазвичай призводять до зміни характеристик тіста. Потреба зниження жиру в харчових продуктах призвела до використання цукрогліцеридів для отримання печива, що має знижений вміст жиру. Твердість, внаслідок зменшення жиру в печиві, відносять до агрегації цукру. Жир досягає мінімуму там, де він не може повністю покрити весь доступний цукор, а це призводить до підвищення цукрових агломератів і підвищеної твердості. Цукрогліцериди знижують ймовірність утворення цих структур. *Морозиво* - класичний продукт, що вимагає використання емульгаторів. Це емульсія, що насичена газом, яка потребує високоєфективних емульгаторів для досягнення високої якості продукту та терміну придатності. Емульгатори використовуються для зменшення часу заморожування, щоб покращити якість збивання і отримати сухе морозиво з текстурою, яка плавиться повільно і рівномірно. Цукрогліцериди знижують поверхневий натяг рідкого морозива. Це призводить до зменшення розмірів жирових кульок при аналогічних умовах гомогенізації.

Цукрогліцериди мають переваги перед багатьма іншими комерційними емульгаторами.

## Стабілізуючі властивості гуміарабіку в емульсіях

Олена Теребило, Олена Подобій

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Серед великої кількості харчових добавок природного походження гідроколюїди вирізняються своїми структуроутворюючими, вологоутримуючими, стабілізуючими та емульгуючими властивостями.

**Матеріали і методи.** Одним із широко застосовуваних біополімерів в харчовій промисловості та медицині є ексудат тропічних видів акації – гуміарабік (харчова добавка E414).

**Результати.** Гуміарабік широко використовують у фармацевтичній, харчовій, косметичній та текстильній промисловості. Гуміарабік являє собою харчовий емульгатор, загусник, текстурант, плівкоутворювач, стабілізатор емульсій і піногасник. Він є молекулярно еластичним, ефективно розподіляє частинки жиру у продукті, не залишає присмаку, регулює точку замерзання, утримує вологу.

У харчовій промисловості гуміарабік знаходить часте застосування як стабілізатор емульсій «олія у воді», не змінюючи їх консистенцію, що використовується у виробництві емульсій для безалкогольних напоїв на основі ефірних олій. Біополімер додають з метою зниження втрат ароматичних речовин, як емульгатор та сполучний компонент у виробництві жувальної гумки без цукру. У кондитерській промисловості його використовують при виробництві зефіру (як стабілізатор піни) та ірисок (як емульгатор жирів).

У емульсіях типу «олія у воді» гуміарабік відіграє роль емульгатора і стабілізатора. Будучи водорозчинним полісахаридом, гуміарабік не відноситься до типових емульгаторів, в молекулах яких є ліпофільні і гідрофільні частини. Білок, який міститься в арабіногалактанпротеїновому комплексі надає емульсії поверхнево-активних властивостей і сприяє утворенню навколо глобул жиру колоїдної плівки.

Для забезпечення тривалого терміну зберігання концентрованої або рідкої емульсії необхідно уникнути розшарування емульсії, випадіння осаду і коалесценції.

Стабілізація емульсії досягається характеристиками високомолекулярної фракції молекули гуміарабіку і силами електричного відштовхування внаслідок наявності уронових кислот на глобулі жиру.

Переваги гуміарабіку в косметичному виробництві: у косметичних гелях проявляє протизапальні властивості, надає заспокійливу дію, пом'якшує і утримує вологу в поверхневих шарах шкіри, використовується як сполучний агент в препаратах з глинами, грязями і як основа в лицьових косметичних масках.

Гуміарабік зменшує утворення грудок і зайвої піни, регулює точку замерзання.

**Висновки.** Проаналізовано стабілізуючі властивості харчової добавки E414 у харчовій та косметичній промисловості. Завдяки фізіологічним ефектам, притаманним головній фракції гуміарабіку – арабіногалактану, можливим є створення нових функціональних продуктів на основі даної добавки.

### Література:

1. Idris, O.H.M. (2017) 'What is Gum Arabic? An Overview', Int. J. Sudan Research, Vol. 7, No. 1, pp.1-14.

### **Фізіологічні властивості лікопіну E-160d**

**Анастасія Дзюбенко, Поліна Горкуненко, Наталія Сабадаш**  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Лікопін приймає участь в багатьох ключових процесах розвитку рослин: в пігментації ягід, в захисті рослин від несприятливих факторів навколишнього середовища, в захисті рослин від окиснювального стресу, завдяки своїм антиоксидантним властивостям [1]. Також лікопін E-160d виконує важливі функції в організмі людини, а саме сприяє підвищенню імунітету, знижує ризик серцево-судинних захворювань, нормалізує міжклітинний обмін, зменшує негативний вплив вільних радикалів. Лікопін особливо використовують у лікувальній терапії онкології простати [2, 3].

**Матеріали і методи.** На базі аналітичного огляду науково-технічної літератури, розглянуто дослідження антиоксидантних властивостей лікопіну – харчової добавки E-160d [1-4].

**Результати.** В ході аналітичного дослідження визначено ряд моделей, які пояснюють антиоксидантні властивості каротиноїдів:

- Взаємодія каротиноїдів з пероксидними радикалами призводить до утворення продуктів окиснення, ізомеризації і розпаду, які можуть негативно впливати на біологічні системи.
- При високих концентраціях, каротиноїди здатні змінювати властивості біомембран, що впливає на проникність токсичних речовин, молекулярного кисню або радикалів.
- Взаємодія реакціноздатних оксигеновмісних радикалів з каротиноїдами може призводити до накопичення каротиноїд-пероксидних радикалів, схильних до ініціювання подальшого перокиснення ліпідів [3].

Також важливою особливістю лікопіну є його міцна структура молекули, яка не руйнується при високотемпературній обробці і, навіть, сприяє збільшенню вмісту каротиноїду і його антиоксидантної активності, зокрема при переробці томатів на томатну пасту. Концентрація лікопіну в помідорах складає близько 2 мг транс-ізомера/г. Після обробки за температури 88° С протягом 2, 15, 10 хвилин кількість біодоступного лікопіну в них збільшується до 3,1; 5,4 і 5,3 мг/г, відповідно. При цьому загальна антиоксидантна активність зростає с 4,13 моль еквівалента вітаміну С/г продукту до 5,3; 5,5 і 6,7 моль еквівалента вітаміну С/г, відповідно [3].

**Висновки.** Лікопін є найсильнішим каротиноїд-антиоксидантом, присутнім у крові людини. Біохіміки підтвердили те, що лікопін має більш високу антиоксидантну активність в порівнянні з β-каротином [4]. Лікарі-гігієністи внесли томати в список десяти найбільш корисних продуктів [2].

#### **Література**

1. Goni I. Agric Food Chem. Bioaccessibility of beta-carotene, lutein, and lycopene from fruits and vegetables / I. Goni, J. Serrano, F. Saura-Calixto. – 2006. – P. 54.
2. Гаджиева А. М. Современные способы получения и применения ликопина / А. М. Гаджиева, С. З. Саидалиева. // ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет». – 2017. – С. 80–84.
3. Природные антиоксиданты пищевых продуктов / М. О. Полумбрик, З. В. Ловкис, И. М. Почницкая [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 158 с.
4. Bronkowska M. Evaluation of lycopene intake in daily food rations of women from the Lower Silesia region Rocz Panstw Zakl Hig / M. Bronkowska, J. Biernat. – 2009. – С. 40.

## Сучасні тенденції у виробництві сухої та рідкої яєчної продукції на теренах України

Можейко Андрій, Тетяна Бойчук

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Яєчні продукти і продукти, до складу яких вони входять, починають активно замішати звичні яйця в шкаралупі як у домашньому раціоні, так і в системі громадського харчування. За оцінками фахівців, потенційна потреба в яєчних продуктах становить 400 тонн на рік.

**Результати досліджень.** До продуктів переробки яєць відносяться охолоджені (яєчна маса, жовток, білок), сухі (яєчний порошок, жовток, білок), морожені (меланж, жовток, білок) яєчні продукти. Вони відзначаються високою харчовою цінністю. Споживачами яєчних продуктів в Україні є кілька галузей харчової промисловості. У масложирової галузі їх використовують жирові комбінації, що виробляють майонез. Споживачами яєчних продуктів в кондитерській і хлібопекарській галузях є булочно – кондитерські комбінації, макаронні та кондитерські фабрики, хлібозаводи, а також дрібні підприємства, що виготовляють торти, тістечка, булочки. У м'ясопереробній галузі яєчні продукти використовуються в якості харчової добавки при виробництві варених ковбас, сосисок та сарделок, частка яких у загальному виробництві ковбасних виробів сягає 70 %, продовжуючи збільшуватися. Група нехарчової яєчної продукції включає в себе лізоцим, овомукоїд, авідин, імуноглобулін, сіалову кислоту, фосфоліпіди, ліпопротеїни та ін., що широко затребувані для фармацевтичної, косметичної, хімічної та інших галузей.

Фабрика In Food - сучасний вітчизняний виробник сухої та рідкої яєчної продукції. Запуск виробничих ліній In Food стартував в 2018 році. Виробництво розташоване в м. Новомосковськ (Дніпропетровська обл.), в 25 км. від м Дніпра. Фабрика є частиною холдингу INTER EDINSTVO, який представляє інтегровану систему, починаючи від преміксівих і комбікормових заводів для своїх птахофабрик і закінчуючи яєчної продукцією. Потужність фабрики In Food дозволяє переробляти до 2 мільйонів яєць на добу. Фабрика харчових продуктів In Food пишається своїми високотехнологічними виробничими лініями. Завод є один з найсучасніших в Україні, а також на території східної Європи. Лінія по переробці яєць на фабриці харчової продукції In Food повністю автоматизована. Це зводить до мінімуму втручання працівників у виробництво. Лабораторні дослідження показали, що в результаті, яєчні продукти In Food мають відмінні мікробіологічні показники. Безперервний моніторинг, починаючи від перевірки сировини, контролю в процесі виробництва, оцінки якості готових продуктів і закінчуючи безпекою логістики - гарантує стабільно високу якість продукції, що випускається.

Використання яєчного порошку дає багато переваг для виробників кондитерських, хлібобулочних та м'ясних виробів. Це готовий до використання, дуже зручний в експлуатації інгредієнт, який має також економічні переваги. Економічна ефективність полягає в скороченні витрат на транспорт й зберігання, у відсутності обов'язкового температурного режиму. Використання яєчного порошку в харчовій промисловості підвищує харчову безпеку на виробництві. Довгий термін зберігання надає додаткову цінність у порівнянні із рідкими яєчними продуктами. На додачу, яєчний порошок зберігає усі поживні та функціональні властивості яєць.

Також до переваг яєчних порошоків відносять зручне пакування – сухий яєчний продукт фасується у крафт мішки по 20 кг. Один такий мішок порошку на 20 кг заміняє 1800яєць, а сухого білка – понад 6000!

## **Кармін – харчова добавка E120: властивості, застосування**

**Скобленко Мирослава**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** На сьогоднішній день в список барвників, дозволених для використання в харчовій промисловості, внесений тільки один барвник тваринного походження – кармін.

**Матеріали та методи .** Методом дослідження було обрано інформаційний огляд літератури стосовно властивостей та сфер застосування добавки E120.

**Результати та обговорення.** Кармін - червоний барвник, який отримують із кармінової кислоти, виробленої самок комах кактусовій ложнощитовки *Dactylopius coccus* або *Coccus cacti*, культивованих на кактуси - опунції. Кармін зареєстрований в якості харчової добавки E120. Денна норма до 5 мг на 1 кг ваги. Комахи довжиною приблизно в пів сантиметра, що мешкають в Південній і Центральній Америці і паразитує на деяких видах кактусів, кармінова кислота - це пігмент тіла самок щитівки, або її яєць. Для виготовлення барвника E120 самок збирають перед тим, як вони відкладуть яйця, саме в цей час їх забарвлення стає червоним. Оболонки комах очищаються від нутроців, сушаться, і обробляються розчином аміаку або карбонату натрію [1]. Барвником карміну є кармінова кислота - похідна 1-гідроксінтрахінона. Забарвлення кармінової кислоти залежить від кислотності середовища. При pH=3 (кисле середовище) колір оранжевий, червоний при слабокислому pH=5,5 і пурпурний при pH=7 (нейтральне). Вона утворює комплекси з катіонами металів, наприклад алюмінію, в результаті чого виходять пігменти червоні діамантові. Застосовують вапно для отримання нижніх відтінків [2]. З усіх барвників своєї групи, барвник E120 є самим стійким. Кармін майже не проявляє чутливості до світла, термічній обробці і окисленню [3]. Барвник E120 коштує дорожче інших, адже для виготовлення одного кілограма карміну, потрібна величезна кількість комах, та й сам процес дуже трудомісткий. Індіанці Латинської Америки традиційно використовували кармін для забарвлення тканин, а в Вірменії крім розмальовування тканин і пряжі, карміном з давніх часів писали мініатюри на пергаменті. Але масове виробництво добавки E120 почалося тільки в 1990-і роки, коли заповзятливим бізнесменам прийшла в голову ідея використовувати кармін в якості барвника для харчової промисловості [3]. В основному добавка E120 застосовується в рибо- і м'ясопереробному виробництві, молочної та кондитерської промисловості, для виготовлення алкогольних та безалкогольних напоїв. Барвник E120 також використовується в виготовленні ковбас, соусів, кетчупів, глазурі, соків і желе. Кармін вважається нешкідливою добавкою, так як побічних дій, при концентраціях, що використовуються в харчовій промисловості не виявлено. E120 може викликати алергічні реакції, при контакті зі шкірою.

### **Література:**

1. Сарафанова Л. А. Пищевые добавки: Энциклопедия. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб: ГИОРД, 2004. - 808 с. ISBN 5-901065-79-4 (с. 306 - 308)
2. Матвеева И.В., Белявская И.Г. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий. Издание второе, переработанное и дополненное. - М.: 2001. - 116 с. (с. 84)
3. Пищевые добавки/ Журнал Мясные технологии 2020 выпуск №3

## Властивості та застосування полісорбату 20 (E432)

Неоніла Повидайчик, Ірина Радзівська

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Полісорбат 20 або Твін-20 – харчова добавка, яка являє собою рідину з гірким запахом, яскраво жовтого або лимонного кольору. Є диспергуючим агентом, і може застосовуватися в якості стабілізуючої речовини і емульгатора.

**Результати досліджень.** Добавку отримують із сорбіту і циклічного ангідриду сорбіту з додаванням етиленоксиду за наявності каталізатора до утворення полісорбату 20. Отриманий продукт є скоріше сумішшю молекул різних видів, ніж сполукою одного виду.

Сорбітанові етери жирних кислот є неіонними, низько ліпофільними емульгаторами. Гідрофільно-ліпофільні властивості ефіру сорбіту залежать від ступеня та типу етерифікованих жирних кислот. Чим коротша довжина ланцюга жирної кислоти, тим нижчий показник гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ). Моностеарат сорбіту має деякі спільні характеристики із спорідненими аналогами моногліцеридів, такими як моностеарат гліцерину. Однак через об'ємне гідроксильоване кільце сорбіту, сорбітан моностеарат дещо гідрофільніший, ніж моностеарат гліцерину. Тристеарат сорбітан володіє поверхнево-активними властивостями і неефективний для стабілізації емульсій.

Рідина полісорбатових продуктів належить до числа найбільш ефективних емульгаторів, тому вони дозволені в продуктах харчування, завдяки довгому ланцюгу поліоксетилену. У полісорбату 20 всі 20 молей оксиду етилену знаходяться в одному ланцюгу, що призводить до сильної поляризованості структури. Зі всіх полісорбатів полісорбат 20 має найвищий рівень ГЛБ. Полісорбат 20 зареєстрований як харчова добавка E 432. Емульгатор E432 використовується для запобігання вивільнення води із загального складу продукту. Крім того, E432 як емульгатор, допомагає запобігти втраті початкової консистенції, а також рівня в'язкості готових до реалізації продуктів. Полісорбат 20 застосовують у виробництві продуктів харчування в якості емульгатора і стабілізатора. Застосовують у виробничих процесах харчової промисловості для збільшення періоду зберігання. В даний час харчовий стабілізатор E 432 найчастіше використовують для виробництва низькожирних продуктів, маргарину та інших емульсій, а також як стабілізатор кондитерських виробів і випічки, морозива, вершків і деяких інших видів кисломолочної продукції. У косметичній промисловості Твін-20 виступає стабілізатором піни (може бути як піноутворювачем, так і піногасником) і диспергуючим агентом. Також він застосовується: як розчинник ефірних олій в парфумерних композиціях і косметичних продуктах на водній основі; як стабілізатор і регулятор в'язкості в шампунях, рідкому милі і кондиціонерах; як емульгатор при створенні двофазних тоніків, лосьйонів і пінок для вмивання; при виготовленні бомб для ванн; у скрабах на соляній і цукровій основі; у дитячій косметиці; використовується в спреях-репелентах, спреях для тіла, освіжувачах повітря; при виготовленні тоніків, спреїв, лосьйонів на основі ефірних олій.

У медицині полісорбат 20 є ексципієнтом, який використовується для стабілізації водних препаратів для парентерального введення і використовується в якості емульгатора при виготовленні популярного антиаритмічного аміодарону. Він також застосовується в якості наповнювача в деяких протигрипозних вакцинах. Вакцини проти грипу містять 25 мкг полісорбату 20 на дозу. Він також застосовується в культурі *Mycobacterium tuberculosis*. ВООЗ запропонувала прийняти добові норми прийому 0-25 мг полісорбату 20 на кг маси тіла.



## Харчова добавка Е 520: властивості та застосування

Богдана Ніколаєнко, Тетяна Бойчук

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Багато харчових добавок використовують як у харчовій промисловості так і в косметичній. Прикладом до цього твердження можна навести сульфат алюмінію – харчову добавку Е 520.

**Матеріали та методи.** Проведено аналітичний огляд літератури, аналіз використання в харчовій та косметичній промисловості сульфату алюмінію.

**Результати.** Харчова добавка сульфат алюмінію (Е 520) – стабілізатор, ущільнювач (отверджувач) – неорганічна речовина, що являє собою кристалічну сіль білого, сірого, блакитного або рожевого кольору, або кристалічного порошку без певного кольору, не має вираженого запаху, на смак - солодкуватий, терпкий, хімічна формула  $Al_2(SO_4)_3$  [1]. У харчовій промисловості сульфат алюмінію застосовують для: збереження презентабельного зовнішнього вигляду риби, морепродуктів і рибних субпродуктів; запобігання розпаду волокон при обробці овочів і фруктів головним чином при консервуванні харчової продукції, коли необхідно надати тканинам стійкість до різних технологічних режимів переробки (бланшування, стерилізація, пастеризація, сушка, заморожування і ін.); утворення апетитної глазурі на фруктових десертах; також сульфат алюмінію, з одного боку, запобігає розвитку і поширенню в тісті патогенної мікрофлори (випічка та кондитерські вироби менше черствіють і пліснявіють) з іншого боку, продукти з борошна виходять більш пухкими. Для людини сульфат алюмінію, як харчова добавка, є безпечною при дозуванні від 30 до 200 мг/кг [2], але при передозуванні харчової добавки Е 520, можуть виникнути негативні наслідки у вигляді численних порушень в роботі центральної нервової системи, вона може спровокувати розвиток анемії, хвороб Паркінсона й Альцгеймера, короткострокову втрату пам'яті, слабоумство.

У косметичній галузі добавка є активною речовиною в складі антиперспірантів: алюміній блокує пори, усуває симптоми гіпергідрозу; входить до складу декоративної косметики; в фармацевтиці - як знеболюючий компонент в засобах від укусів комах; в сільському господарстві - для зниження кислотності ґрунтів, боротьби з деякими видами слимаків і комах. Основний споживач добавки - підприємства, що займають очищенням питної та стічної води: речовину використовують як ефективний і безпечний коагулянт.

Технічний сульфат алюмінію можна отримати, обробляючи сірчаною кислотою природні мінерали: боксит, алуніт або глину, багату каолінітом, а чистий продукт - розчиняючи гідроксид алюмінію  $Al(OH)_3$  в гарячій концентрованій сірчаній кислоті  $H_2SO_4$ . Перевагою переробки гідроксиду алюмінію на сульфат є можливість отримання дуже чистого продукту, а також істотне скорочення витрат на транспортування гідроксиду алюмінію в порівнянні з природною сировиною. Даний метод отримання сульфату алюмінію дозволяє знизити витрати на обладнання, не вимагає великих площ розміщення обладнання і даний спосіб дозволяє максимально механізувати процес. Недоліком – висока вартість та дефіцит  $Al(OH)_3$ .

### Література

1. Сульфат алюмінія. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://prodobavki.com/dobavki/E520.html>
2. Е 520 – сульфат алюмінія, отвердитель. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://hudev.net/pishchevyve-dobavki/e520.html>

## Альгінат калію – харчова добавка E 402 з широким спектром застосування

Марія Рицька

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Альгінат калію – сіль альгінатної кислоти. Альгінат калію виконує роль агента, який застосовується в процесі виготовлення продуктів харчування для збереження їх в'язкості і консистенції [1].

**Матеріали і методи.** Проведено аналітичний огляд літератури, аналіз спектру застосування та ринку виробництва харчової добавки E 402 Альгінат калію.

**Результати та обговорення.** У натуральному вигляді, тобто природному середовищі, харчовий стабілізатор E402 альгінат калію міститься в складі клітинних стінок водоростей морських. Альгінову кислоту, яка виступає в ролі вихідної сировини для отримання даної солі, добувають шляхом обробки цих водоростей розчином лугу.

У натуральному вигляді, тобто природному середовищі, харчової стабілізатор E402 Альгінат калію міститься в складі клітинних стінок водоростей морських. Альгінову кислоту, яка виступає в ролі вихідної сировини для отримання даної солі, добувають шляхом обробки цих водоростей розчином лугу. Причому в готовій субстанції цілком допустимо наявність домішок самих водоростей при незначній кількості морської води.

Примітно те, що за впливом на організм добавка визнається практично нешкідливий, проте згідно з висновком незалежної експертизи харчової стабілізатор E402 Альгінат калію не є безпечним. Як би там не було, але його використання дозволено в країнах Євросоюзу, на Україні і в Росії, навіть не дивлячись на можливу шкоду харчового стабілізатора E402 альгінат калію для здоров'я людини.

У медицині альгінат калію, як правило, застосовується при виготовленні водорозчинних капсул, в той час як харчова промисловість активно використовує дану добавку як загусник і гелеутворюючого речовини. В основному E402 додають в процесі виробництва різних десертів, сирів плавлених та сирів домашнього приготування, деяких різновидів соусів, грибів і овочів консервованих, хлібобулочних виробів, м'ясних консервів, а також морозива. У виробництві джемів, желе, мармеладів та подібних продуктах, включаючи низькокалорійні, використовується 1 г альгінату калію на 1 кг сировини.

Альгінат калію, як і інші водоростеві речовини, має унікальну властивість зв'язувати в організмі нестабільні атоми стронцію, цезію та інших радіоактивних ізотопів. Він добре сорбує і виводить іони важких металів, патогенні бактерії і токсичні продукти життєдіяльності мікроорганізмів.

## Література

1. Пищевая химия. Добавки: учеб. пособие для вузов / Л. В. Донченко, Н. В. Сокол, Е. В. Щербакова, Е. А. Красоселова; отв. ред. Л. В. Доченко. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ИздательствоОрайт, 2018. – 223 с.
2. McHugh, D.J. (2003) A GuidetotheSeaweedIndustry. FAO Fisheries Technical Paper 441, Rome, 105 p.

**Лимонна кислота – харчова добавка E 330: властивості та вплив на організм людини**

**Білим Анастасія**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Лимонна кислота як харчова добавка широко використовується у багатьох харчових виробництвах, залежно від технологічної необхідності. Дозування не нормується.

Лимонна кислота широко використовується в харчовій промисловості, виробництві миючих засобів, а також в косметології та фармакології. Лимонна кислота і солі лимонної кислоти, такі як цитрат калію, цитрат натрію і цитрат кальцію є харчовими добавками, застосовуваними для регулювання кислотності, посилення смаку, а також як консервант. Особливо широко добавка E330 застосовується при виробництві напоїв, кондитерських і хлібобулочних виробів. В останніх, добавка E330 часто застосовується як один з компонентів розпушувачів або «покращувачів» тіста. У поєднанні з лугами, наприклад харчовою содою (E500), добавка E330 вступає в бурхливу реакцію з виділенням вуглекислого газу, що додає тісту пишність і легкість.

**Матеріали і методи.** Проведено аналітичний огляд літератури, аналіз спектру застосування та ринку виробництва харчової добавки E 330.

**Результати та обговорення.** Харчова добавка E330 являє собою лимонну кислоту - кристалічна речовина білого кольору, температура плавлення 153 ° C, добре розчинна у воді, розчинна у етиловому спирті, малорозчинна в діетиловому ефірі. Лимонна кислота досить широко поширена в природі, вона міститься у всіх плодах цитрусових, в ягодах, стеблах тютюнових культур, хвої. Особливо великим вмістом цієї кислоти відрізняються недостиглі лимони і китайський лимонник. Вперше лимонну кислоту отримав шведський хімік - фармацевт Карл Шеєле з соку лимона в 1784 році. Пізніше в промисловому виробництві лимонну кислоту отримували використовуючи сік лимона і біомасу махорки. Зараз лимонна кислота здебільшого виходить шляхом біосинтезу цвілевих грибів *Aspergillus niger* цукру і цукристих продуктів. Крім того частина добавки E330 видобувається з рослинних продуктів, а також шляхом синтезування. Лимонна кислота є учасником метаболічних процесів, які дають організму дві третини необхідної енергії. Така серія реакцій носить назву - цикл трикарбонових кислот або цикл Кребса. Завдяки цьому відкриттю, в 1953 році Ханс Адольф Кребс став Нобелівським лауреатом у галузі фізіології та медицини.

Антиоксиданти, одним з представників яких є E330, беруть участь в процесі відновлення клітин, ніж сповільнюють процеси старіння, роблять позитивний вплив на стан шкірних покривів, збільшуючи їх еластичність. Також E330 Лимонна кислота здатна виводити токсини і шлаки через пори шкіри, має бактерицидну дію.

Якщо говорити про негативний вплив цієї харчової добавки на організм людини, то слід зауважити що лимонна кислота в чистому вигляді і в великих кількостях може викликати опіки при попаданні на шкіру, слизові і дихальні шляхи. Тому при роботі з E330 слід проявляти обережність і точно слідувати інструкціям по техніці безпеки.

**Література**

1. Сарафанова Л.А. Современные пищевые ингредиенты. Особенности применения / Л.А. Сарафанова. — С. Пб. : Профессия, 2009. – 208 с.
2. Фалес, В.М. Аналіз виробництва та застосування лимонної кислоти / В.М. Фалес, О.В. Хіврич, А.М. Литвиненко // Харч. пром-сть. - 2009. - N 8. - С. 91-94.

## Перспективи використання пірофосфатів як харчової добавки Е-450

Сипко Марія, Тетяна Бойчук

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Харчова добавка пірофосфат натрію Е-450 відноситься до групи солей та ефірів фосфорної кислоти, під індексом Е-450 містяться 8 типів пірофосфатів – це кальцієві, натрієві та калієві солі пірофосфорної кислоти. Пірофосфати завдяки своїм властивостям знайшли широке застосування у харчовій промисловості.

**Матеріали і методи.** Проведено аналітичний огляд літератури, аналіз спектру застосування та ринку виробництва харчової добавки Е-450.

**Результати та обговорення.** Для виробництва харчових пірофосфатів використовують ортофосфорну кислоту, гідроокис кальцію, натру, оксид і гідроокис кальцію. Отримують продукт дегідратацією гідроортофосфату відповідною кислотою. За основним технологічним призначенням пірофосфати відносять до класу емульгаторів, але на практиці їх застосовують для вирішення різних технологічних задач. В залежності від технологічної задачі добавку можна використовувати у якості: емульгуючої солі у виробництві сирів; вологоутримуючого агенту у кондитерських та цукрових виробках; текстурактором у спредах, вершках на рослинній основі, сухих сумішах та концентратах; регулятором кислотності у безалкогольних напоях, сухих чаях, морозиві; поліпшувачем борошна у макаронних та хлібобулочних виробках; стабілізатором помутніння у шоколадних та ячмінних напоях. Провідні споживачі добавки - м'ясо- і рибопереробні галузі. Добавка необхідна для виробництва фаршу (дозволена норма не більше 0,3% від загальної маси), консервів, ковбас. Її додають в процесі термічної обробки продукту для набухання білків. Це сприяє утриманню вологи, поліпшенню структури, підвищенню соковитості і збільшенню виходу готового виробу. Пірофосфати можуть грати роль антиоксидантів, так як уповільнюють окислювальні процеси жирів, продовжують термін придатності. Інші сфери застосування: - застосовується у виробництві миючих засобів та інсектицидів; - використовується в якості добавки до фарб, рідин для буріння і у вигляді інгібітора корозії; - застосовується в медичній промисловості, так як має бактерицидну дію. У косметичній індустрії використовується для виготовлення миючих засобів та шампунів з антибактеріальним ефектом, в зубних пастах для попередження появи зубного каменю.

Незалежні експерти (група «Кедр») відносять пірофосфати до речовин, що провокує розвиток онкологічних захворювань. Офіційні структури визнають добавку Е 450 безпечною (4 клас по ГОСТ 12.1.007), але наголошують на необхідності дотримуватися допустимої норми. Висока концентрація пірофосфатів може викликати ряд негативних наслідків: порушення роботи шлунково-кишкового тракту; хвороби суглобів (наприклад, пірофосфатная артропатія, викликана відкладенням в тканинах кристалів пірофосфату кальцію); порушення балансу макро- і мікроелементів, що призводить до розвитку остеопорозу та інших недуг; підвищення рівня ЛПНЩ-холестерину («поганого»), це може викликати утворення судинних бляшок, порушити кровопостачання, спровокувати інсульт. У складі косметичних засобів добавка Е 450 може викликати алергічну висип, подразнення слизових оболонок. Світовим лідером з виробництва пірофосфатів є бельгійська компанія Prayon S. A. Харчову добавку Е 450 виробляють: ВАТ «РЕАТЕКС», створене на базі дослідного заводу ім. Л. А. Костандова (місто Москва); компанія «Норд Плас», що входить до групи NORD (м.Санкт-Петербург); Gebex 24 Unternehmergeellschaft (haftungsbeschraenkt), Німеччина; Langfang Huinuo Fine Chemical Co., Ltd., Китай.

**Яблучна кислота – харчова добавка E296 з широким спектром застосування**  
**Людмила Катеринич**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Яблучна кислота – органічна або синтетична речовина, що має властивості консерванту. За міжнародної класифікації зареєстрована як харчова добавка з індексом E296.

**Матеріали і методи.** Проведено аналітичний огляд літератури та аналіз спектру застосування харчової добавки E 296.

**Результати та обговорення.** Яблучна кислота має вигляд безбарвних прозорих кристалів, без запаху, з кислим смаком. Речовина добре розчинна у воді, етиловому спирті, має температуру плавлення 100 °С. Натуральна яблучна кислота міститься в кислих рослинах і плодах. Її вперше отримав хімік Карл Шееле в 1785 році в результаті дослідів з незрілими яблуками. На сьогоднішній день яблучну кислоту одержують хімічним шляхом за допомогою гідратації малеїнового кислоти. В Україні є підприємства та компанії, які формують ринок імпортованих кислот на території нашої країни. Такі підприємства в основному працюють з постачальниками органічних кислот з Китаю. Адже Китай на рівні зі США є лідером з виробництва кислот.

E296 абсолютно безпечна для людського організму, її часто додають в різні продукти харчування в якості консерванту і підкислювача. Харчова добавка E296, як безпечний регулятор кислотності і ефективний антиоксидант широко використовується у виноробстві. У винному суслі яблучна кислота в процесі бродіння виділяє діоксид сірки. Може розкладатися до молочної кислоти, знижуючи рівень рН. В результаті вино набуває гармонійного м'якого смаку і рівного кольору. Яблучна кислота додається в різні напої для поліпшення смаку або як консервант. Добавку E296 можна зустріти в газованих або негазованих напоях, в тому числі без вмісту цукру. Її використовують як добавку в холодний чай, фруктові ароматизовані напої, алкогольний сидр і вино. Яблучну кислоту іноді додають у фруктові-молочні ароматизовані коктейлі для посилення фруктового аромату. Найчастіше E296 додають до випічки, кондитерських виробів, сірки і газованих напоїв, виноматеріалів. Консервант не рекомендується використовувати в дитячому харчуванні. Оскільки дана кислота менш кисла, ніж виннокам'яна і лимонна, в продукти її додають на 15-30% більше.

Яблучна кислота також застосовується в косметології і медицині, як підсилювач смаку деяких лікарських препаратів. Застосування яблучної є у фармакології, де вона використовується в якості інгредієнта у проносних та відхаркувальних препаратах. Входить до складу засобів, що поліпшують перистальтику кишечника. Вона здатна покращувати обмінні процеси і кровообіг, використовується в противірусних препаратах. Косметологія використовує яблучну кислоту як речовину, що володіє очисними, зволожуючими, антиоксидантними, в'яжучими, стимулюючими і протизапальними властивостями. Додають в зубні пасти, відбілюючі і антивікові креми, пілінги, маски, лаки для волосся як сильнодіючу фруктову кислоту.

Текстильна промисловість: відбілювання синтетичних і натуральних тканин.

Побутова хімія: мийні засоби, препарати для боротьби з іржею.

**Висновки.** Незважаючи на те, що E296 вважається нешкідливою для здоров'я, не слід захоплюватися продуктами, що містять яблучну кислоту, це може порушити нормальне функціонування травної системи. Кислота в чистому вигляді небезпечна - може викликати опіки слизової оболонки носоглотки і гортані, шкірних покривів. Добова норма вживання E296 офіційно не встановлена.

## Маніт - харчовий стабілізатор E 421: корисні та шкідливі властивості

Куць Анастасія

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Маніт (харчова добавка E421) - шестиатомний спирт, стереоізомер сорбітола, що відноситься до групи цукрів, міститься в багатьох рослинах. На вигляд речовина світло-жовтого кольору, добре розчинна в гарячій воді. Хімічна формула:  $C_6H_{14}O_6$

Існує два методи одержання харчової добавки:

- Гідрування моносахариду D-манози в присутності каталізаторів. В процесі реакції одночасно виділяється сорбіт. Речовини поділяють шляхом кристалізації і відмивання маніту. Часто замість манози використовують дешевшу рідку суміш фруктози і глюкози (інвертний цукор). Продукт позначений в національному стандарті як маніт E 421

- Ферментативне бродіння фруктози в присутності спеціальних лактобактерій (*Lactobacillus leichmanii*, *Lactobacillus plantarum*) або мікроорганізмів *Zigosaccharomycetesrouxii*. Реакція протікає в аеробних умовах.

**Матеріали і методи.** Проведено аналітичний огляд літератури, аналіз властивостей та сфери застосування харчової добавки E421.

**Результати та обговорення.** Маніт як замітник сахарози використовують рідко через його більш високу, у порівнянні з сорбітом, вартості. Найчастіше харчову добавку можна знайти в складі жувальної гумки. Речовина запобігає затвердіння і висушування продукту, знижує липкість. Маніт як інертний наповнювач, цукрозамінник використовують в дієтичних кондитерських і зернових виробках, морозиві, молочних напоях. Зниження рівня вуглеводів і жирів призводить до зменшення обсягу продуктів, погіршення їх смакових якостей. Добавка E 421 покликана компенсувати технологічні втрати. У низькокалорійних йогуртах, десертах, какао-напоях сприяє підтримці в'язкої однорідної текстури.

Низька гігроскопічність дозволяє використовувати речовину як розпушувач в борошняних виробках і сухих сумішах. Добавка перешкоджає злежуванню і злежування, збільшує термін зберігання.

Добавка безпечна для зубів: не агресивна до емалі, не провокує розвиток карієсу. Не входить в групу алергенів, хоча можлива індивідуальна непереносимість. Глікемічний індекс речовини дорівнює нулю: підсолоджувач можна приймати хворим на цукровий діабет після консультації з лікарем. Сприятливі показники зробили маніт популярним цукрозамінником в дієтах по зниженню ваги.

Але, постійне вживання в їжу продуктів харчування, що містять стабілізатор E 421, може привести в зневоднення організму, подразнення слизових оболонок шлунково-кишкового тракту, загострення хронічних захворювань; підвищення внутрішньочерепного тиску. Однак, незважаючи на такий негативний вплив харчової добавки на людський організм, стабілізатор E 421 активно використовують у харчовій, фармакологічній і косметичній промисловості.

### Література:

1. Скурихин И. М., Нечаев А. П. Все о пище с точки зрения химика: Справ. издание. — М.: Высш.шк. 1991. — 288 с. ISBN 5-06-000673-5
2. Ластухін Ю.О. Харчові добавки. E-коди. Будова. Одержання. Властивості
3. Макаров, К. А. Химия и здоровье: Кн. для внеклассного чтения учащихся 8-10 кл. сред. школы / К. А. Макаров. – М. : Просвещение, 1985. – 144
4. Режим доступу: <https://vkusologia.ru/dobavki/stabilizatory-emulgatory/e421.html>

## Олія авокадо: властивості та застосування

Юлія Коробка, Володимир Бахмач, Олена Подобій

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Олія авокадо є густою зеленувато-жовтою рідиною з досить приємним м'яким смаком, який нагадує горіхову олію, і оригінальним пікантним запахом. Її отримують способом холодного віджиму з м'якоти авокадо, плоду високого дерева з Лаврових. Саме подібна технологія дає можливість повністю зберегти всі корисні властивості олії, її мінерали, вітаміни, кислоти та інші біологічно активні речовини.

**Результати досліджень.** Даний продукт містить велику кількість необхідних нашому організму речовин. У тому числі: - вітаміни А, К, С, вітаміни групи В, РР, Е, D; - мікроелементи (магній, кальцій, йод, цинк, залізо, фосфор, магній, калій, кобальт, мідь, натрій); - насичені і ненасичені жирні кислоти (олеїнова, стеаринова, лінолева, ліноленова, пальмітинова, пальмітолеїнова); - інші корисні речовини (білки, солі фосфорної кислоти, лецитин, хлорофіл, гістидин, сквален, фітостероли).

Олія авокадо стимулює роботу серцево-судинної системи, допомагає організму боротися з підвищеним артеріальним тиском, зміцнює стінки кровоносних судин. Завдяки її вживанню в організмі знижується рівень холестерину, нормалізуються процеси синтезу гемоглобіну. Цей продукт дуже корисний при анемії. Відомо також, що олія з плодів авокадо сприяє виведенню з організму радіонуклідів, токсинів, важких металів і інших баластних речовин.

До властивостей олії авокадо у косметичній сфері можна віднести:

*Зволоження і живлення.* Олія авокадо містить багато поживних речовин, які відмінно живлять і звожують суху шкіру. Наш епідерміс (зовнішній шар шкіри) легко пропускає ці корисні елементи. *Запобігання і лікування акне.* Олія авокадо відноситься до числа олій з помірним рівнем комедогенності (здатність забивати пори і утворити чорні цятки). При правильному використанні олії авокадо, вона не забиває пори, що знижує ризик появи прищів. Олія авокадо має протизапальну дію, яка допомагає зменшити почервоніння і запалення, пов'язане з висипаннями. *Прискорення загоєння ран.* Олія авокадо має регенеруючі властивості, тому чудово допомагає швидкому загоєнню ран шкіри. Незамінні жирні кислоти і олеїнова кислота в її складі сприяють синтезу колагену, який є процесом створення нових сполучних тканин. Також жирні кислоти допомагають зменшити запалення в ході загоєння. *Природний сонцезахисний засіб.* Олія авокадо є однією з тих базових натуральних олій, які допомагають захистити шкіру від шкідливого ультрафіолетового випромінювання. Її можна використовувати в якості природного сонцезахисного засобу, який зробить засмагу безпечною, і не дозволить УФ-променям висувувати і старити шкіру. *Зменшення ознак старіння.* Антиоксиданти, корисні жири та інші важливі елементи, що містяться в олії авокадо, також допомагають нашій шкірі залишатися гладкою, міцною та еластичною. Тому, щоб зберегти молодість шкіри, рекомендовано вживати авокадо в якості їжі і олії для зовнішнього використання.

Косметика, в якій зустрічається олія авокадо: крем для шкіри навколо очей, крем для сухої шкіри, крем для області шиї і декольте, лосьйон, живильне молочко для тіла, олія для засмаги, бальзам для губ, крем для в'ялої шкіри, олія для масажу, шампуні, бальзами для волосся, крем для ніг, крем для рук і нігтів, крем для обличчя.

**Висновки.** Олія авокадо має ряд переваг перед іншими оліями. Насамперед це обумовлено її жирно-кислотним складом, тому дуже корисно вживати її в їжу. В косметичній галузі дана олія є цінним компонентом різноманітних косметичних засобів, також може використовуватись і як індивідуальна речовина.

## Природні антоціанові барвники: отримання і застосування

Юлія Коробка, Алла Таволжан

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Антоціанові барвники (Е 163) є широко розповсюдженими водорозчинними барвниками і містять в якості основних фарбуючих речовин антоціани, що відносяться до флавоноїдних сполук.

**Результати досліджень.** Найбільш розповсюдженим антоціаном є глікозидціанін, аглікон якого (ціанідин).

Основним недоліком антоціанових барвників є зміна кольору зі зміною кислотності розчину. Антоціанові барвники володіють бактерицидними властивостями та антиоксидантною активністю і в рослинах знаходяться в пелюстках квітів, листях, шкірці фруктів, а також безпосередньо в м'якоті поживної частини рослини. В залежності від місця знаходження барвних речовин змінюється якісний та кількісний склад антоціанів, флавоноїдів і інших сполук, що суттєво впливає на колір і властивості екстрактів природних барвників.

В пелюстках квітів основними супутніми речовинами антоціанів є флавоноли, органічні кислоти і їх солі з металами. Плоди та фрукти містять значно більший асортимент органічних і неорганічних сполук. Разом з антоціанами в їх склад входять катехіни, пектинові речовини, вуглеводи, органічні кислоти, альдегіди та інше. Необхідно знати, що в шкірці плодів, антоціанів міститься набагато більше, ніж супутніх речовин.

Наприклад, барвник з ягід бузини отримують концентруванням соку ягід чорної бузини з додаванням лимонної кислоти. Прикладом барвника, що отримують з пелюстків квітів, може слугувати барвник з пелюстків шток-троянди. Його отримують шляхом екстракції водою з підкисленням лимонною кислотою та подальшим випарюванням екстракту зі вмістом сухих речовин не менше 35%.

Важливим джерелом натуральних харчових барвників можуть бути відходи переробки рослинної сировини на консервних та виноробних заводах. Прикладом антоціанових барвників, що виробляються з відходів рослинної сировини є чорносмородиновий барвник та виноградний енобарвник, що отримують зі шкірок ягід за допомогою водно-спиртової екстракції.

Екстракти барвників необхідно зберігати в приміщеннях без доступу сонячного світла і за температури від 0 °С до 20 °С не більше одного року.

Найбільш популярним із антоціанових барвників на даний час є екстракт зі шкірки винограду

**Висновки.** Антоціановий барвник відноситься до класу природних барвників, який до того ж володіє бактерицидними властивостями та антиоксидантною властивістю, тому є корисним та натуральним барвником. Недоліком є зміна кольору в залежності від рН-середовища, який компенсується шляхом правильного підбору продуктів для його подальшого введення.

### Література

1. В.М. Болотов. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение / В.М. Болотов, А.П. Нечаев, Л.А. Сарафанова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2008. – 240 с.
2. Е.В. Смирнов. Еще раз о пищевых красителях / Е.В. Смирнов. // Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – 2001. – №2. – С. 38–40.



## Сорбат калію - харчова добавка E220

Крістіна Лялько

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Сорбат калію (E202) - харчова добавка, відноситься до групи консервантів. Вона є калієвою сіллю сорбінової кислоти, природним консервантом і широко застосовується при консервуванні харчових продуктів.

Вперше сорбінова кислота була отримана з соку горобини в 1859 році. У 1939 році було відкрито її антимікробну дію. А вже в середині 50-х років почалося промислове виробництво сорбінової кислоти і її використання в якості консерванту.

**Матеріали і методи.** Проведено аналітичний огляд літератури, аналіз сфер застосування, вплив на організм людини харчової добавки E220.

**Результати.** Сорбінова кислота, і її сіль сорбат калію зокрема, входить в список найбільш популярних консервантів, внаслідок її безпеки для організму людини. Максимально допустима доза речовини становить 0,1-0,2% від маси готового продукту. Основне застосування сорбат калію в якості добавки E202 знаходить у виробництві сирів та ковбасних виробів, внаслідок своєї особливості зупиняти зростання цвілевих грибів. Також консервант E202 можуть додавати в тісто при виробництві житнього хліба для запобігання утворення на продукті крейдяний цвілі. Внаслідок свого нейтрального смаку, сорбат калію застосовується як консервант в шоколадних і кондитерських виробках, а також при консервуванні овочів і соків. Крім того, харчова добавка може використовуватися в якості консерванту в пряних і кислих соусів східної кухні, так як є досить ефективним антимікробним засобом при високих значеннях кислотності. Сорбат калію запобігає утворенню дріжджів і грибів в даних продуктах. Обробка 10-20%-ним розчином сорбату калію пригнічує ріст цвілевих грибів на твердих ковбасах, сосисках та сардельках.

Найбільш часто харчову добавку E202 можна зустріти в наступних видах продуктів: маргарини, майонези, ковбасні вироби, копченості, джеми, соки, безалкогольні напої, вина, цукрові і борошняні кондитерські вироби.

У косметичці застосовується як консервуючий компонент, чинить бактерицидну і протигрибкову дію, антисептик. Використовується для консервації кремів, шампунів, тоніків.

**Висновки.** E202 є одним з найбезпечніших для здоров'я консервантів, що не чинить негативного впливу на здоров'я людини. Речовина повністю розщеплюється і засвоюється організмом як жирна кислота.

Численні дослідження не виявили шкоди сорбата калію при застосуванні в допустимих дозах, а навпаки, підтвердили відсутність у цій харчової добавки канцерогенних і мутагенних властивостей.

Добавка E202 входить в список дозволених добавок в багатьох країнах світу. Вона має низьку алергетичну дію.

### Література

1. Сарафанова Л.А. Пищевые добавки. Энциклопедия // Л.А. Сарафанова. – СПб: ГИОРД, 2004. – 808 с.

## Лютеїн – харчова добавка E 161b: властивості та застосування

Купчук Ольга

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Лютеїн (харчова добавка E 161b) - це пігмент, що відноситься до ксантофілів - групи кисневмісних каротиноїдів. Ксантофіл (в перекладі з грецької - «жовтий лист») є основною складовою пігментів жовтого кольору в листях, квітах, плодах рослин, а так само в більшості мікроорганізмів і водоростей. У тваринному світі він теж зустрічається, наприклад в курячому жовтку.

**Матеріали та методи.** Проведено аналітичний огляд літератури стосовно властивостей E 161b, сфер застосування та вплив на організм людини.

**Результати і обговорення.** Термін «ксантофіл» був придуманий шведським хіміком Берцеліусом в 1837 році, який виділив жовтий пігмент з опадаючого осіннього листя. Поняття «лютеїн» з'явилося лише - на початку XX століття, а в другій його половині добавка отримала міжнародне маркування E 161b.

Біосинтез лютеїну відбувається тільки в рослинах. Організм людини і тварин синтезувати лютеїн не в змозі, тому він надходить в організм тільки з їжею. Лютеїн міститься у помаранчевих овочах і фруктах, зустрічається також у яєчному жовтку, деяких водоростях. Цей пігмент надає жовтого відтінку багатьом плодам, серед яких: манго, папая, кукурудза та томати, а найбільш багаті на нього листові овочі з темним листям: шпинат, брокколі, брюсельська капуста, цибуля порей.[1]

В промисловості отримують шляхом екстракції з лютеїнівмісних частин рослин, найчастіше з пелюсток чорнобривців.

Лютеїн дуже важливий для зору людини. Барвник E 161b володіє важливою властивістю світлопоглинання, збільшуючи гостроту зору. Регулярне вживання лютеїну, а отже і добавки E 161b, в їжу запобігає помутнінню кришталика і зменшує ризик дегенерації сітківки ока. З віком сітківка стоншується, що призводить до погіршення зору, лютеїн допомагає підтримувати її в здоровому стані. Крім цього, добавка E 161b, будучи антиоксидантом, сприяє захисту та відновленню клітин організму.

Лютеїн, накопичуючись в епідермісі, захищає його від ультрафіолетового випромінювання, а отже, не дає шкірі втрачати пружність і гладкість. Для чого ще організму потрібен лютеїн:

- підтримки на високому рівні когнітивних можливостей - пам'яті, мислення, здатності до навчання;
- допомоги при ішемічній хворобі серця, зменшення супутніх запалень.
- Лютеїн рекомендується приймати при зменшенні гостроти зору, інсульті, ревматоїдному артриті. Крім цього, з метою профілактики не зашкодить добавка E 161b і людям, які проводять багато часу за комп'ютером.
- У харчовій промисловості лютеїн використовується в якості добавки-барвника E 161b. Також добавка
- E 161b може використовуватися для збагачення продуктів харчування.
- Інші застосування лютеїну:
- у фармацевтичній промисловості (входить до складу біологічно активних добавок при виготовленні деяких безрецептурних ліків);
- в косметичній промисловості.

### **Властивості поверхнево-активних речовин та їх використання**

**Валерія Олесюк, Ірина Радзівська**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** В сучасному світі у всіх областях хімічної, косметичної, харчової промисловості використовують поверхнево-активні речовини (ПАР). За об'ємом виробництва, асортиментом і важливістю в господарстві, ПАР стоять на одному рівні з каучуками, барвниками та вибуховими речовинами.

ПАР застосовують для різноманітних цілей: в якості мийних агентів, для стабілізації дисперсних систем – емульсій, пін, суспензій, для зниження міцності оброблювальних матеріалів, покриття поверхонь і т.п. Поверхнево-активні речовини є одними розповсюджених компонентів рецептур різних косметичних засобів. Поверхнево-активні речовини здатні знижувати поверхневий натяг міжфазної межі в емульсіях. Будучи адсорбованими в цих шарах, вони створюють на поверхні частинок дисперсної фази захисні плівки, що перешкоджають їх злипанню. Тому на їх основі отримано багато емульгаторів для шампунів, кремів, спеціальних добавок і т.п. При попаданні в розчини ПАР газу утворюється піна. Піна являє собою гетерогенну систему, в якій бульбашки газу розділені тонкими прошарками рідини. Утворення піни пов'язано з великим збільшенням поверхні і це можливо тільки при малому поверхневому натягу розчинів. Частина забруднення можуть розташовуватись між бульбашками повітря і виноситься на поверхні розчину. Деякі ПАР характеризуються здатністю зберігати косметичні вироби від мікробіологічного псування і тому використовуються також в якості консервантів.

**Матеріали і методи.** Проведено аналітичний огляд науково-технічної літератури, дослідження властивостей поверхнево-активних речовин.

**Результати.** Велика група ПАР включає: 1) Аніонні; 2) Катионні; 3) Амфотерні.

В ході аналітичного огляду визначено, що піноутворююча здатність ПАР характеризується, поряд з поверхневою активністю самого ПАР, механічною міцністю і в'язкістю утворених плівок. Утворення піни і її стійкість залежать від ряду факторів: молекулярної маси і структури молекул ПАР, концентрації ПАР, температури, і рН розчину, жорсткості води в розчині. Деякі жири і вуглеводи не піддаються розчиненню у воді, але в розчинах ПАР певної концентрації вони утворюють колоїдну систему. Рівноважний процес розчинення нерозчинених у воді речовин мицелярними розчинами називається солубілізацією. На солубілізацію впливають: довжина і розгалуженість ланцюга ПАР, положення сульфатної групи, температури розчину, його концентрації, введені добавки і т.ін. Термічна стійкість ПАР залежить від їх будови, тривалості термічної дії і температури. Однак широке використання ПАР в промисловості, зростання потужностей їх виробництва, збільшує забруднення водою стічними водами. Найбільш ефективним і економічним методом очистки промислових і побутових стічних вод є біохімічний метод. Біохімічна розчинність – це розкладання органічних речовин під дією ферментів, вироблених бактеріями або іншими мікроорганізмами. Біорозкладання протікає дуже повільно, кінцевими продуктами його є вода і діоксид вуглецю. Для масового виробництва і споживання мийних засобів необхідно застосовувати такі ПАР і інші детергентні речовини, які можуть бути швидко і повністю розкладені біологічним методом. Таким чином, введення ПАР в різні вироби має різні цілі. Молекули ПАР знижують міжфазний натяг, надають стійкості дисперсним системам (емульсіям, суспензіям), володіють мийною дією, утворюють піни, полегшують перемішування косметичних композицій. Зазвичай найкращий ефект досягається при використанні декількох різних ПАР, які володіють різними властивостями.

## **Каротин– харчова добавка E160a: властивості, застосування**

**Скобленко Мирослава**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Каротин - має штучне походження і дуже низький рівень безпеки. Жовто-помаранчеві барвники, джерело вітаміну А, антиоксиданти, антиканцерогени. Містяться в рослинних харчових продуктах: морква, шпинат, салат, петрушка, зелена цибуля, шавель, червоний перець, чорна смородина, чорниця, агрус, персики, абрикоси, водорості.

**Матеріали та методи .** Методом дослідження було обрано інформаційний огляд літератури стосовно властивостей та сфер застосування добавки E160a.

**Результати та обговорення.** Розрізняють два ізомери каротину:  $\alpha$ -каротин і  $\beta$ -каротин.  $\beta$ -каротин зустрічається в жовтих, оранжевих і зеленому листі фруктів і овочів .Отримують  $\beta$ -каротин синтетичний:синтезом з вуглеводами меншою молекулярної маси [1]. Суміші натуральних каротинів отримують екстракцією дозволеними для цих цілей розчинниками (ацетон, метилетилкетон, діхлорметан, діоксид вуглецю, метанол, етанол, пропан-2-ол, гексан) з різних видів їстівних рослин, перш за все моркви, або рослинних масел. Найчастіше екстракти натуральних каротинів містять близько 85%  $\beta$ -каротину, близько 15%  $\alpha$ -каротину і близько 0,1%  $\gamma$ -каротину. Поряд з фарбувальними пігментами можуть зустрічатися природні масла, жири і воски. Каротин, отриманий мікробіологічним шляхом, наприклад з водоростей видів *Dunaliella salina*, *bardawil* і *kona*, не є натуральним каротином, тому що вихідний матеріал не є їстівною рослиною. Домішки: масла, жири і воски.З огляду на те, що каротини є антиоксидантами, вони перешкоджають накопиченню в організмі продуктів перекисного окислення ліпідів, тим самим позбавляючи його від зайвих токсинів. Каротин знижують шкідливий вплив на організм радіоактивного випромінювання. За деякими джерелами, у великих дозах синтетичні бета-каротини можуть провокувати розвиток раку легень у курців і раку передміхурової залози у чоловіків. В організмі людини  $\beta$ -каротин може накопичуватися в печінці, перетворюватися на вітамін А або виділятися з калом. Вживання натуральних каротинів як джерел вітаміну А є профілактикою зниження зору. Допустиме добове споживання 5 мг / кг ваги тіла. Каротин знижують шкідливий вплив на організм радіоактивного випромінювання. У харчовій промисловості харчова добавка E160a використовується в якості безпечного барвника. Маслорозчинні препарати використовують для фарбування рослинних масел, жирів, вершкового масла, маргаринів, сирів, майонезів, сухих супів; диспергуючі в воді препарати - для фруктових напоїв, десертів, кондитерських виробів, морозива, йогуртів. Дозування при цьому, як правило, становить 0,5-10г чистого  $\beta$ -каротину на 1 т кінцевого продукту.Крім харчової промисловості бета-каротин застосовується в сфері нанотехнологій і в медицині.Добавка E160a дозволена для використання в продуктах харчування в Росії, Україні та багатьох інших країнах.

### **Література**

1.Ластухін Ю.А. Пищевые добавки. Е-коды. Строение. Получения. Свойства. Учеб. пособие.- Львов: Центр Европы, 2009. - 836 с. ISBN 978-966-7022-83-9 (с. 205 - 210)

## **Барбарис як джерело біологічно активних речовин**

**Юлія Коробка, Алла Таволжан**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Барбарис звичайний (*Berberis vulgaris* L., *B. integerrima* Bunge) – це дуже поширена і відома рослина про лікарські властивості якої писали в староегипетських папірусах. Рослина дуже популярна в сучасній народній та науковій медицині.

**Результати досліджень.** Плоди барбарису вживають в їжу як в свіжому вигляді, так і після переробки: у вигляді варення, начинки для цукерок, желе, мармеладу, напоїв. На Кавказі з плодів барбарису готують гостру приправу до м'ясних страв.

Молоді гілки, кора й корені барбарису звичайного, містять в своєму складі антоціани, дубильні та інші речовини, наявність яких дає можливість використовувати їх для фарбування вовни в лимонно-жовтий, а шкіри – у червонувато-жовтий кольори. Сік із свіжих стиглих ягід у суміші з галунами дає рожеву фарбу, яку використовують для фарбування льону, шовку, паперу й вовни.

*Хімічний склад рослини:* рослина містить алкалоїди – берберин (найбільш активна діюча речовина), берберубин, колумбалін, пальматин, бербемін, вулрацин, ченабіол та інші. У плодах барбарису багато органічних кислот: яблучна, винна, лимонна, знайдені вітамін С та каротини. У листках і плодах рослини є антоціани – пеларгонідину-3-глюкозид, ціанідину-3-глюкозид. Листя барбарису містять вітамін Е, ефірну олію, дубильні речовини, флавоноїди. Листя також містять солі Cu, Co, Sr, Mn. Корені багаті солями Mn, Zn, B, Sr. Кора коренів барбарису містить алкалоїди берсавин, мурарицин, бербостреждин та ізоквінолінові алкалоїди – бербамін, аромолін, обамегін. Насіння рослини містить поліненасичені вищі жирні кислоти – лінолеву та ліноленову.

Для максимального вилучення алкалоїдів та подальшого використання екстракту в лікувальних цілях потрібно вибрати вдалий екстрагент. За статтею Погоцької можна з'ясувати, що за екстрагуючою здатністю оцтова кислота в оптимальній концентрації (80 %) перевершує спирт етиловий в 1,7 рази, і хлороформ після підлужування – в 2 рази. Разом з тим екстракція алкалоїдів барбарису звичайного загальноприйнятним способом – хлороформом в лужному середовищі є найменш ефективною. Погоцькою та її товаришами було вивчено вплив часу нагрівання на практичний вихід алкалоїдів. Для цього були отримані екстракти з використанням в якості екстрагента 80 % оцтової кислоти. Отримані екстракти витримували на киплячій водяній бані протягом різного часу (максимально – дві години). Потім екстракти охолоджували протягом 10-15 хв. і наносили по 10 мкл каліброваним капіляром для денситометричного визначення. Прояв проводили реактивом Драгендорфа-Муньє, сканували, отримане зображення обробляли за допомогою комп'ютерної програми і оцінювали вміст алкалоїдів за площею піків.

Отримані результати показали, що при збільшенні тривалості часу нагрівання з 15 хв. до 60 хв. відбувається збільшення вмісту алкалоїдів у кінцевому екстракті (в 1,3-1,5 рази), яке досягає свого максимального значення. Подальше нагрівання практично не впливає на вилучення алкалоїдів з коренів барбарису. Таким чином, для отримання екстрактів з максимальним вмістом алкалоїдів рекомендовано нагрівання протягом 1 год.

**Висновки.** Дана рослина має безліч корисних властивостей за рахунок багатого хімічного складу. Основною діючою речовиною є алкалоїди. Було встановлено екстрагент, за допомогою якого повнота вилучення цільових сполук є максимальною.

## Області застосування полісорбату 80 E433

Оксана Кобилко, Олеся Романова

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Використання харчових добавок в сучасній харчовій промисловості є найбільш економічно вигідним і легким у застосуванні способом поліпшення якості харчових продуктів та удосконалення технологічних процесів.

**Результати досліджень.** Полісорбат 80 - неіоногенний емульгатор, солубілізатор, диспергатор, поверхнево-активна речовина, що широко використовується в різних галузях промисловості: харчовій, косметичній та фармацевтичній.

*Харчова промисловість:* добавку E 433 рідко використовують індивідуально. У комплексі з іншими ПАР вона входить до складу: фруктово-ягідного морозива; бізе, мармеладу, карамелі, зефіру і подібних виробів; заміників молока на основі рослинних жирів; супів швидкого приготування, кондитерських сухих сумішей для випічки. У жирах для смаження полісорбат 80 застосовують як агент, що запобігає розбризкуванню. У безмолочних глазурях, кремах для торта, наповнювачах для еклерів на основі рослинних кулінарних жирів добавка E 433 виступає піноутворювачем, що полегшує збивання продуктів

*Косметична промисловість:* застосування полісорбату 80 в косметичних продуктах складає від 1 до 50%:

- 1) Гідрофільне масло (5 - 10%);
- 2) Масла (в тому числі ароматичні) для ванни та душу (20 - 50%);
- 3) Масляні соляні або цукрові скраби для тіла (до 15%).

Введення у склад косметичних продуктів полісорбату 80 значно покращує їх властивості:

- 1) Шампунь – розчиняє шкірний жир, допомагає змивати його водою, утворює піну, хороший загущувач;
- 2) Крем – забезпечує доставку поживних речовин, зв'язує ароматичні сполуки;
- 3) Скраб – забезпечує ковзання, заспокоює після подразнюючої дії твердих частинок;
- 4) Маска для обличчя чи волосся – збільшує доступ поживних речовин, зволожує, стимулює ріст волосся;
- 5) Помада, бальзам для губ – розчиняє барвник, пом'якшує шкіру;
- 6) Пінка, що очищає та молочко - організовує легке ковзання, розчиняє забруднення, забирає з водою, зволожує.

*Фармацевтична промисловість:* полісорбат 80 - це допоміжний засіб, який використовується для стабілізації водних рецептур ліків для парентерального введення та використовується як емульгатор для виготовлення популярного антиаритмічного аміодарону. Він також використовується як допоміжний засіб у деяких європейських та канадських вакцинах проти грипу.

**Висновки.** Полісорбат 80 відноситься до категорії емульгаторів, додатково виступає стабілізатором піни та диспергуючим агентом. Має широкий спектр застосування в харчовій, косметичній та фармацевтичній галузях промисловості.

**Бензоат натрію – харчова добавка E 211 з широким спектром застосування**  
**Шолудько Аліна**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Бензоат натрію зареєстрований як харчова добавка з кодом E211. Широко застосовується в харчовій промисловості як консервант, але також має властивості антибіотика і підсилювача кольору. Також сповільнює псування харчового продукту і застосовується для збільшення термінів зберігання напоїв і продуктів харчування.

**Матеріали і методи.** Проведено аналітичний огляд літератури, аналіз спектру застосування та ринку виробництва харчової добавки E 211.

**Результати та обговорення.** Бензоат натрію – використовується в якості протигрибкового консерванту у фармацевтичних препаратах і харчових продуктах. Відомий та широко вживаний консервант, який забезпечує захист продуктів від дріжджів, цвілевих грибів та деяких бактерій. Крім того бензоат натрію пригнічує ферментативну активність на клітинному рівні, що дозволяє істотно сповільнити окислювальні і відновні процеси. Як наслідок, бензоат натрію істотно збільшує термін зберігання продуктів. Як консервант бензоат натрію проявляє бактеріостатичну (зупинення або сповільнення росту і розмноження бактерій але не знищує їх цілком) і фунгістатичну (пригнічення грибів) діє в кислому середовищі. Його можна знайти в різноманітних соусах (барбекю), пресервах, соєвих соусах, кетчупах, майонезах, в маргаринах, повидлі, кондитерських виробах, рибних консервах та ікрі, мармеладах, фруктових пастах, у безалкогольному пиві і алкогольних напоях з вмістом алкоголю 15% і менше, безалкогольних напоях, м'ясопродуктах, "фруктових" драже, джемах, льодяниках. Також міститься у солоних і маринованих овочах, маслинах (оливках) і продуктах з них, в буряку столовому (вареному), в жувальній гумці, готових салатах, гірчиці, в дієтичних лікувально-профілактичних харчових продуктах, дієтичних сумішах для зниження маси тіла. Використовують для поверхневої обробки ковбасних виробів, ковбас, сирів та оболонки, а також у складі плівок і покриттів, у в'ялених м'ясних продуктах (поверхнева обробка). Бензоат натрію, при дотриманні рекомендацій у дозах не змінює смак харчових продуктів. Консервант E211 використовується у фармацевтичній промисловості: в різноманітних сироплах, при виготовленні пресованих таблеток, які дають прозорі розчини, (рівень 2 до 4%); як ефективний мастильний матеріал; бензоат натрію має солубілізуючий ефект на деяких лікарських засобах, яке є корисним; як відхаркувальний засіб, звичайно в складі комбінованих препаратів. Лікарські форми - порошок, субстанція-порошок; при спазмах судин головного мозку, мігрени, для підвищення психічної і фізичної працездатності (Кофеїн-Бензоат натрію). Використовується в кремах, гелях для душу, кондиціонерах, дезодорантах, гелях для волосся, рідині для полоскання рота. Переваги бензоат натрію в цих продуктах, що це безбарвний, без запаху, легко розчинний консервант. Використовується в концентраціях нижче 3%. Дозволений для застосування в харчових продуктах в Україні, Росії, Німеччині, Китаї, Голландії, країнах Європи та інших країнах світу. Найбільшими виробниками є Нідерланди, Естонія, Голландія США та Китай. До України поставляється переважно бензоат китайського виробництва. На ринку також представлені також більш якісні і, отже, більш дорогі товари виробництва німецьких, голландських, американських, а також індійських компаній. Отже ринок харчових добавок в Україні на даний час переважно визначається імпортом. Обсяг вироблених в Україні харчових добавок не перевищує 10% загального обсягу у вартісному вираженні використаних в Україні харчових інгредієнтів.

## Використання сульфїту натрію в харчових продуктах

Оксана Хоменко, Ігор Фесич

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Сульфїт натрію має формулу  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  (E221) та представляє собою натрієву сіль сульфїтної кислоти. За зовнішнім виглядом це порошок білого або жовтуватого кольору [1]. Він має хорошу розчинність у воді, яка змінюється з температурою: спочатку зростає (0...40°C), а потім зменшується. Тому в промисловості сульфїт натрію одержують методом кристалізації з водних розчинів нижче 33,4°C у вигляді гептагідрату або безводної солі в залежності від умов проведення процесу.

**Матеріали і методи.** На підставі теоретичного моніторингу науково-технічної літератури, інтернет-ресурсів проведено аналіз сфер практичного застосування консерванту E221.

**Результати та обговорення.** Широке застосування сульфїту натрію в промисловості базується на його властивості легко окислюватись (виступати в ролі відновника). В харчовій промисловості його використовують в якості антиоксиданту та стабілізатора забарвлення. Оскільки сульфїт натрію є інгібітором дегідрогеназ, то його застосовують в якості відбілюючого агенту. Даною сполукою обробляють поверхню продуктів з метою продовження їх зберігання, недопущення потемніння різних ділянок і уповільнення виникнення меланоїдинів та загальмування реакції Майєра [2].

Відмінно працює E221 і в виноробному секторі. Сульфїт натрію сприяє зв'язуванню молекул етанолу, як результат, вино не окиснюється і не темніє. А ще перешкоджає розвитку згубної мікрофлори, що вкрай важливо для вин бюджетного сегменту. Тобто наявність даної добавки в харчовому продукті забезпечує товарний вигляд, термічну стійкість та фотостабільність, сприяє мікробіологічному незараженню [3].

Також цей хімічний консервант входить до складу заморожених або сушених продуктів в якості холодоагенту. Багато кондитерських виробів з низьким відсотковим вмістом цукру, такі як мармелад або повидло, пиво, соки, желатин, рідкий пектин, грибні продукти і продукти з картоплі, ковбаса і солена риба також краще зберігаються, завдяки наявності в їх складі сульфїту натрію. Часто ця речовина використовується як консервант і в тих солодошах, де рівень цукру занадто високий. Консервант E221 застосовується для приготування приправ на основі соку лимона, консервованих морепродуктів [3].

**Висновки.** При виконанні даної роботи на підставі огляду та аналізу науково-технічної літератури було описано можливі сфери використання та технологічне призначення сульфїту натрію (харчової добавки E221) у харчовій промисловості.

### Література

1. Сарафанова Л. А. Пищевые добавки: Энциклопедия / Л. А. Сарафанова. – СПб: ГИОРД, 2004. – 808 с.
2. Люк Э., Ягер М. Косерванты в пищевой промышленности (свойства и применения). – СПб.: ГИОРД, 2000.
3. Нечаев А. П. Пищевые добавки / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев. – Москва: «КОЛОС-ПРЕСС», 2002. – 256 с.



## **Неорганічні (мінеральні) харчові барвники: властивості і застосування**

**Юлія Коробка, Алла Таволжан**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Харчові барвники даного класу можна виділити безпосередньо з природної мінеральної сировини, але в основному їх отримують промисловим способом за допомогою хімічного синтезу. Тому, мінеральні харчові барвники умовно можна вважати ідентичним натуральним.

**Результати досліджень.** Розглянемо мінеральні барвники, що дозволені для використання в харчових продуктах в Україні.

*Вугілля E 152* (вуглець, сажа) – являє собою чорний порошок або гранулят, що не розчиняється у воді, органічних розчинниках, оліях та жирах. Має високу стійкість до світла, температури, дії кислот та лугів. Отримують переважно шляхом піролізу природного газу або побічних продуктів нафтохімічного виробництва. Використовують для фарбування сирних оболонок.

*Вугілля рослинне E 153* (деревне вугілля) – являє собою чорний нерозчинний порошок, що отримують шляхом термічної обробки рослинного матеріалу (дерево, залишки целюлози, торф, шкарлупа кокоса). Властивості аналогічні до E 152. Використовують для фарбування сирних оболонок, в якості освітлюючого матеріалу та сорбенту при виробництві горілки, для обробки виноматеріалів, розчинів цукру і патоки та фруктових соків.

*Карбонат кальцію E 170*– являє собою безводну кальцієву сіль карбонатної кислоти. Це білий порошок який майже не розчиняється у воді, етанолі і рослинних оліях, зате розчиняється в розбавлених кислотах. Використовуються в продуктах з какао та шоколаду, виноградному соці, сирах.

*Бікарбонат кальцію* – являє собою добре розчинні в воді кристали або порошок білого кольору. Існує тільки у вигляді водних розчинів. Використовується аналогічно до карбонату кальцію.

*Діоксид титану E 171*– аморфний білий порошок нерозчинний у воді і органічних розчинниках. Дозволений для додавання в якості барвника у всі харчові продукти.

*Оксид заліза E 172* представлений трьома модифікаціями: оксид заліза чорний, оксид заліза червоний, оксид заліза жовтий. *Оксид заліза чорний* – являє собою порошок коричневого або чорного кольору; *оксид заліза червоний* – являє собою порошок від червоного до цегляного кольору; *оксид заліза жовтий* – являє собою порошок жовтого кольору. Дані оксиди не розчиняються у воді, але розчиняються в концентрованих неорганічних кислотах. Дозволені до використання у всіх харчових продуктах.

*Золото E 175*– являє собою блискучий металічний порошок або пил золотистого кольору, що не розчиняється у воді, органічних розчинниках і кислотах. Золото розчиняється тільки в «царській горілці». Використовується для оздоблення кондитерських виробів (цукерок, праліне, драже), а також для прикраси певних видів лікерів. Золотом також дозволяють фарбувати кондитерські вироби та шоколад (поверхня декоративних інгредієнтів).

**Висновки.** Даний клас барвників є важливим, оскільки вони є ідентичними до натуральних і мають великий функціонал дії у харчових продуктах.

### Дослідження $\beta$ -глюкану методом ІЧ-спектроскопії

Лаура Овакімян, Михайлик Юлія, Наталія Сабадаш

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.**  $\beta$ -глюкан є цінним функціональним інгредієнтом, що володіє численними промисловими, харчовими та медичними перевагами.  $\beta$ -глюкан – полісахарид, структурною одиницею якого є молекула глюкози. Метою було дослідження та порівняння  $\beta$ -глюкану з зерен ячменю лабораторно отриманого та придбаного.

**Матеріали та методи.** Зразком для дослідження взято  $\beta$ -глюкан з зерен ячменю лабораторно добутий [1] та придбаний (ТОВ «Науково-виробнича компанія «Віларус», Україна), який було досліджено на інфрачервоній спектроскопії. ІЧ-спектроскопічні дослідження проводили на спектрофотометрі «FTIR – 8301 PC».

**Результати.** В лабораторних умовах  $\beta$ -глюкан з борошна ячменю отримують включаючи такі стадії: гідроліз при різних значеннях рН, водна екстракція, екстракція при низьких температурах, для видалення крохмальних і білкових складових, діаліз екстракту для видалення продуктів розщеплення крохмалю і білків, очищення і висушування полісахариду.

Зразки для дослідження на спектрофотометрі являли собою таблетки, що містять 4 мг порошку  $\beta$ -глюкану і 200 мг калій броміду. Кількісний аналіз ІЧ-спектрів аналізованих продуктів проводили за значеннями відносної оптичної густини, застосовуючи метод базисної лінії і внутрішнього стандарту. На рисунку 1 показані інфрачервоні спектри екстрагованого і комерційного  $\beta$ -глюканів.

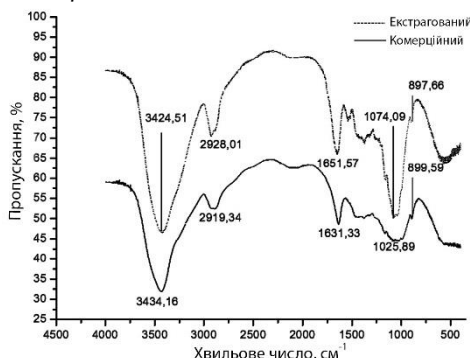


Рис.1. Інфрачервоні спектри екстрагованого і комерційного  $\beta$ -глюканів.

Вуглеводи можуть бути розпізнані по піках при хвильових числах  $1040\text{ см}^{-1}$  (зв'язок CO спиртової групи),  $2940\text{ см}^{-1}$  (СН-розтягнення) і  $3400\text{ см}^{-1}$  (ОН-розтягнення). Сильне поглинання при  $1651\text{ см}^{-1}$  для лабораторно добутого  $\beta$ -глюкану і  $1631\text{ см}^{-1}$  для придбаного вказує на присутність білка в зразку. Важливо відзначити, що спектри показали піки поглинання при  $987\text{ см}^{-1}$  для зразка лабораторно добутого і  $899\text{ см}^{-1}$  для комерційного зразка, що свідчить про  $\beta$ -глікозидні аномерні зв'язки.

**Висновки.** Було отримано ІЧ-спектри  $\beta$ -глюканів з зерен ячменю, екстрагованого та придбаного. Зразок лабораторно добутого  $\beta$ -глюкану показав високий вміст цього компоненту, але він також містив крохмаль і білок, натомість придбаний мав вищий ступінь очистки від супутніх домішок – крохмалю та білку.

#### Література:

1. Valéria M. Limberger-Bayer, *Barley  $\beta$ -glucans extraction and partial characterization*/ Valéria M. Limberger-Bayer, Alicia de Francisco, Oro, Paulo J. Ogliari // *Food Chemistry* 154 (2014) 84–89p. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.104>

## Spectrophotometric determination of starch components

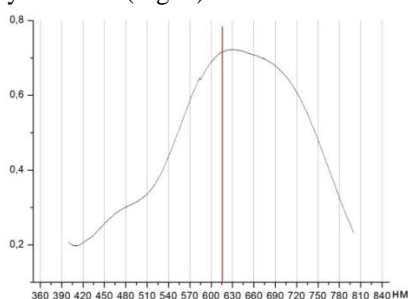
Viktoriia Myrhorodska, Tatyana Avdienko, Nikolay Nikolenko  
*Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine*

**Introduction.** Native starch is a natural vegetable polymer that consists of two components - amylose and amylopectin. Fractionation of starch allows to investigate its polydispersity for use in chemical technology.

**Materials and methods.** The material chosen for the experiment is potato starch. Spectrophotometric analysis was used for this analysis.

**Results.** The quantitative content of amylose in the iodine-amylose complex was determined by spectrophotometric method.

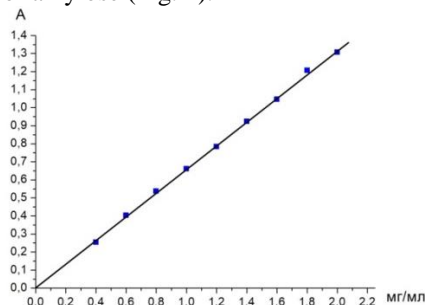
To determine the working wavelength, the spectral characteristic of the iodine-amylose starch complex was previously obtained (Fig. 1).



**Figure 1 - Spectral characteristics of iodine-amylose starch complex**

As can be seen from the graph, the maximum of light absorption is in the range of 615–630 nm, which coincides with the literature data. But depending on the type and characteristics of the raw material for starch, this maximum may shift towards smaller wavelengths. Therefore, a wavelength of 610 nm was chosen for the work.

Based on the obtained optical density values, a calibration graph was constructed to determine the concentration of amylose (Fig. 2).



**Figure 2 - Grading graph of amylose determination**

The obtained data show that the graph of optical density versus the amount of amylose has a linear dependence, the equation has the form  $y = ax + b$  and the approximation coefficient is 0.9998896.

**Conclusions.** The content of amylose in the iodine-amylose complex was determined using a spectrophotometric method and the linear dependence of the optical density on amylose was established.

## Physiological properties of lycopene

Anastasia Dzubenko, Polina Gorkunenko, Natalia Sabadash  
*National university of food technology, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Lycopene involved in many main plant development processes: in pigmentation of berries, in protection plants from unfavorable environment factors, in protection plants from oxidative stress, thanks to its antioxidant qualities [1]. Also lycopene E-160d carries out important functions in human body, namely promotes increased immunity, reduces the risk of cardiovascular disease, normalizes intercellular metabolism, reduces the negative impact of free radicals. Lycopene is especially used in therapeutic treatment of prostate cancer [2, 3].

**Materials and methods.** Based on an analytical review of scientific- technical literature, there was considered a research of antioxidant properties of lycopene – nutritional supplements E-160d [1-4].

**Results.** The analytical study identified a number of models that explain the antioxidant qualities of carotenoids:

- The interaction of carotenoids with peroxide radicals leads to the formation of products of oxidation, isomerization and decay, which can adversely affect biological systems.
- When it's high concentration, carotenoids can change qualities of biomembranes, that affects the permeability of toxic substances, molecular oxygen or radicals.
- The interaction of reactive oxygen-containing radicals with carotenoids may lead to the accumulation of carotenoid-peroxide radicals prone to initiate further lipid peroxidation [3].

Also one of the specialties of lycopene is its strong structure molecule, which is not destroyed by high-temperature processing and even contributes to an increase in the carotenoid content and its antioxidant activity, in particular in the processing of tomatoes for tomato paste. Concentration of lycopene in tomatoes is near 2 mg trans-isomer/g. Then tomatoes are processed at temperature 88° C and within 2, 15, 10 minutes the amount of bioavailable lycopene in them increases to 3.1; 5.4 and 5.3 mg/g. Antioxidant active increases from 4.13 mole of vitamin C equivalent/g of product to 5.3; 5.5 and 6.7 mole of vitamin C equivalent/g [3].

**Conclusion.** Lycopene is the strongest carotenoid – antioxidant, which is contained in human blood. Biochemists have confirmed that lycopene has more high antioxidant active than  $\beta$ -carotene [4]. Hygienists include tomatoes in the list of the healthiest products [2].

### Literature

1. Goni I. Agric Food Chem. Bioaccessibility of beta-carotene, lutein, and lycopene from fruits and vegetables / I. Goni, J. Serrano, F. Saura-Calixto. – 2006. – P. 54.
2. Гаджиева А. М. Современные способы получения и применения ликопина / А. М. Гаджиева, С. З. Саидалиева. // ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет». – 2017. – С. 80–84.
3. Природные антиоксиданты пищевых продуктов / М. О. Полумбрик, З. В. Ловкис, И. М. Почичкая [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 158 с.
4. Bronkowska M. Evaluation of lycopene intake in daily food rations of women from the Lower Silesia region Rocz Panstw Zakl Hig / M. Bronkowska, J. Biernat. – 2009. – С. 40.

### **Technological aspects of production of carnauba wax E-903**

**Gorkunenko Polina, Dzubenko Anastasia, Sabadash Natalia**

*National university of food technology, Kyiv, Ukraine*

Introduction. Carnauba wax use in food, perfumery and cosmetic, pharmaceutical industries. Unclean carnauba wax contains resins and other impurities that have negative affect on the human body [1-3].

**Materials and methods.** On the basis of the analytical review of the scientific and technical literature, technological aspects of production of carnauba wax E-903 were considered.

**Results.** Technology of carnauba wax has principal difference on the purification stage:

1. purification of carnauba wax using method of extraction [2];
2. technology of wax purification by thermal radiation [4].

The first modern method of purification of Carnauba wax was proposed in 2000 by Japanese scientists Fujisawa and Inata [2]. The sense of the method is that the wax is removed from the surface of the leaves and dried in the sun. The wax is melted and alkaline earth metal oxide is added to neutralize the free fatty acids. The extraction is carried out at the temperature of 75-100 ° C with a polar solvent. Preferably alkaline earth metal oxide or carbonate is used and ethyl alcohol is the solvent. The resulting wax had an acid number 7 (before cleaning the acid number of the wax was 9.5) and a low content of resins. The latter were detected by TLC [2-3].

The disadvantage of this method is the use of ethyl alcohol in large quantities. This solvent is expensive. Another polar solvent can be toxic to the human body.

The second method of wax purification (Fidarov and Abaev - 2013) is purification by thermal radiation. The method involves boiling and filtration. The boiling is performed at 100 ° C temperature with the simultaneous influence of ultrasonic vibrations, directed upwards at frequencies that cause a cavitation effect, which destroys all pathogenic microorganisms and creates a regime of flotation enrichment, brings all colloidal suspensions to the surface in the form of foam, which is continuously separated. An invention makes it possible to reduce costs when cleaning wax from mechanical impurities, colloidal suspension, as well as complete decontamination of the wax in one stage, keeping the structure of the wax in its native form.

The disadvantage of this method is that it is time consuming, structurally and technologically sophisticated. The sump or heat exchanger is provided with one or more layers of mesh filters, and in the wax raw material contains resins, impurities of pollen, forming different in size lumps, which at the same time clog the filters, so they must be constantly changed or cleaned [4].

**Conclusion:** The method of purification by extraction with ethyl alcohol (the first method) is less laborious, allows to obtain wax with high quality indicators, but requires the search for cheaper extractant.

#### **Literature**

1. Niir B. The complete technology book on wax and polishes / Board Niir. – Kalma Nagar, India: Asia Pacific business press, 2000. – 563 c.
2. Method for purifying vegetable wax//JPH0711285A/Masaaki Fujisawa, Junichi Inata
3. Method for purifying carnauba wax//JPH0711286A/Masaaki Fujisawa, Junichi Inata, Naoichi Koga
4. Способ глубокой очистки воска//RU2408665/Фидаров Ф.А., Фидаров А.Ф., Абаев А.Д., Абаева М.А.

## Identification of impurities in the production of beta-glucans from barley grains

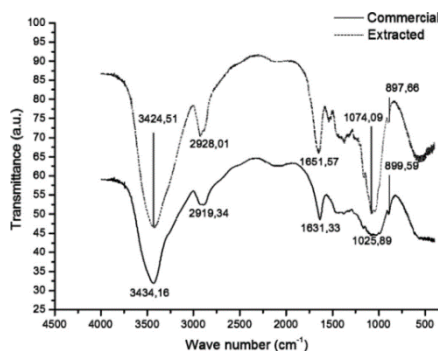
Laura Ovakimyan, Mykhailyk Yuliia, Natalia Sabadash  
*National University of Food Technology, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.**  $\beta$ -glucan is a valuable functional ingredient that has numerous industrial, nutritional and medical benefits. The aim was to study and compare  $\beta$ -glucan from barley grains purchased and obtained under laboratory conditions.

**Materials and methods.** The  $\beta$ -glucan from barley grains was laboratory-obtained and purchased (Vilaruus Research and Production Company, LLC), which was examined by infrared spectroscopy. IR spectroscopic studies were performed on a FTIR-8301 PC spectrophotometer.

**Results.** In laboratory conditions,  $\beta$ -glucan from barley flour is obtained including the following stages: hydrolysis at various pH values, aqueous extraction, extraction at low temperatures, to remove starch and protein components, dialysis extract to remove starch and protein cleavage products, purification and drying of polysaccharides.

Samples for the spectrophotometer study were tablets containing 4 mg of  $\beta$ -glucan powder and 200 mg of potassium bromide. Quantitative analysis of the IR spectra of the analyzed products was performed according to the values of relative optical density, using the baseline method and the internal standard. Figure 1 shows the infrared spectra of extracted and commercial  $\beta$ -glucan [2].



**Figure 1. Infrared spectra of extracted and commercial  $\beta$ -glucan.**

The starch is bound to the bonds at  $930\text{ cm}^{-1}$  and at  $1078\text{ cm}^{-1}$ ; a peak at  $1074\text{ cm}^{-1}$  of extracted  $\beta$ -glucan indicates the presence of starch. Carbohydrates can be recognized by peaks at wave numbers of  $1040\text{ cm}^{-1}$  (bonding of CO alcohol group),  $2940\text{ cm}^{-1}$  (CH-stretching) and  $3400\text{ cm}^{-1}$  (OH-stretching). It is also important to note that the spectra showed absorption peaks at  $987\text{ cm}^{-1}$  are valid for the laboratory-obtained sample and  $899\text{ cm}^{-1}$  for attached, indicating  $\beta$ -glycosidic anomeric bonds.

**Conclusions.** The IR spectra of  $\beta$ -glucan from barley grains extracted and purchased were obtained. A sample of laboratory-derived  $\beta$ -glucan showed a high content of this component, but it also contained starch and protein, while the purchased one had a higher degree of purification from the related impurities - starch and protein.

### Literature

1. Valéria M. Limberger-Bayer, *Barley  $\beta$ -glucans extraction and partial characterization*/ Valéria M. Limberger-Bayer, Alicia de Francisco, Oro, Paulo J. Ogliari // *Food Chemistry* 154 (2014) 84–89p.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.104>

# Section 20

## **Energy and resource saving technologies**

**Chairperson – professor Oleksandr Seriogin**

**Secretary – Oleksii Osmak**

# Секція 20

## **Енерго- і ресурсощадні технології**

**Професор – професор Олександр Серьогін**

**Секретар – Олексій Осьмак**

## 1. Оцінка паливних характеристик сумішей біомаси та низькоякісних сортів вугілля

Єгор Фузік, Олександр Серьогін

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Процес газифікації сумішей вугілля і біомаси складається з надзвичайно різноманітних фізичних і хімічних явищ.

Найважливіше при дослідженні таких комплексних процесів зуміти знайти із складних явищ найважливіші елементи від яких залежить перебіг загального процесу, і взаємодія яких дозволяє керувати процесом газифікації.

**Матеріали і методи.** Досліджуючи основні стадії, які проходить паливна суміш в різних умовах спалювання і газифікації (наприклад сушіння, перегонка летючих, горіння тощо) можливо переконатись в тому, що на всіх стадіях базовим є горіння коксового залишку, іншими словами, стадія горіння вуглецю.

**Результати.** Від інтенсивності процесу залежить інтенсивність комбінованого спалювання та газифікації в цілому. Це визначає практичну цінність досліджень процесу горіння суміші вугілля і біомаси, оскільки лише на основі механізму горіння вуглецю (коксу) можливо в повній мірі оволодіти технічними процесами спалювання і газифікації твердих паливних сумішей біомаси і вугілля.

Роль горіння вуглецю, в процесі газифікації органічної сировини, має велику вагу тому, що: по-перше, твердий вуглець, що міститься в суміші біомаси і вугілля (або коксу), є головною горючою компонентою (енергетичне джерело) всіх сумішей натурального низькоякісного вугілля з біомасою; по-друге, стадія горіння коксового залишку має найбільший перебіг часу в порівнянні з усіма послідовними стадіями процесу; по-третє, процес горіння коксу має визначальне значення в створенні теплових умов для розвитку інших споріднених стадій, в тому числі для проходження відновлюваних процесів, інтенсивність яких має не меншу вагу при газифікації.

На основі попередніх досліджень основних характеристик паливних сумішей, і результатів їх обробки, в таблиці приведена оцінка деяких типових палив.

№ п/п	Суміші вугілля (донецький басейн) і біомаси (деревна щепка, лузга соняшника)	Нижча теплотворна здатність, ккал/кг	Коксовий залишок, %	Теплотворна здатність коксового залишку, ккал/кг
1	Марка Б (відсів) + деревна щепка	3730	42	1567
2	Марка Б (відсів) + лузга соняшника	3470	39	1353
3	Марка Д (відсів) + деревна щепка	4120	45	1854
4	Марка Д (відсів) + лузга соняшника	3990	40	1596
5	Марка Г (відсів) + деревна щепка	4350	47	2045

Таблиця має три стовпчики цифр: в першому приведені значення нижчої теплової здатності, віднесеної до горючої маси палива; в другій колонці – вагові долі вуглецю коксового залишку в горючій масі і в третій відносна теплотворна здатність коксового залишку в вигляді долі до загальної теплотворності горючої маси палива.

В цих розрахунках за кількість летючих приймаємо ту кількість, яка виділяється при нагріві палива до 850 °С.

**Висновки.** З таблиці видно, що за вміст вуглецю та його теплотворна здатність в коксовому залишку є домінуючою.



## 2. Сучасний стан і перспективи розвитку виробництва твердого біопалива в Україні

Вадим Калита, Олексій Осьмак

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Інтенсивне використання викопних енергоресурсів, та постійне зростання потреб енергетики призвело до значного порушення рівноваги в світовій екології. А в результаті зменшення світових запасів традиційних джерел енергії спостерігається постійне подорожчання енергоресурсів. Враховуючи те що більшу частину енергоресурсів Україна закуповує за кордоном питання енергозбереження та пошуку альтернативних джерел енергії є дуже актуальним в наш час.

**Матеріали і методи.** Одним з найактуальніших напрямків пошуку альтернативних джерел енергії є виготовлення та використання біопалива. Біопаливо є поновлюваним джерелом енергії, на відміну від інших природних ресурсів, таких як нафта, вугілля, ядерне паливо та ін.

**Результати.** Одним з найперспективніших видів біопалива в Україні є – тверде. Але незважаючи на це, в нашій країні розвиток виробництва та використання такого виду біопалив стримується та відстає як від внутрішніх потреб, так і від світової динаміки її розвитку. Тверде біопаливо відіграє істотну роль в енергозабезпеченні промислово розвинених країн: у США його частка становить близько 4 %, у Данії – 6 %, у Канаді – 7 %, в Австрії – 14 %, у Швеції – 16 % загального споживання первинних енергоресурсів, а альтернативні джерела енергії повністю забезпечують потребу в енергії в Австрії – 22,0 %, Швеції і Норвегії – 45-55 %.

За матеріалами Програми ООН, частка відновлюваних джерел енергії в загальносвітовому паливно-енергетичному балансі у 2050 р. може досягти 50 %, а відповідно до прогнозу Світової енергетичної Ради, на кінець поточного століття вона сягне 80-90 %.

В Україні економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється у біля 30 млн. т/рік.

Для того, щоб оцінити стан та перспективи розвитку виробництва твердого біопалива, варто здійснити порівняльну характеристику видів палива за тепловими параметрами.

Вид палива	Теплота згорання, Гкал/кг	Питома вага, кг/м <sup>3</sup>	Зольність, %	Витрати палива для виробництва 1 Гкал теплоти, кг
Природний газ, м <sup>3</sup>	8,570	0,712	–	129,7
Вугілля (антрацит)	6,540	1000	10 – 35	180
Торф	2,730	400	10 – 20	431
Деревні брикети	4,040	–	1	291
Деревні пелети (гранули)	4,500	600	1	261
Пресована солома	3,750	120	4 – 7	314

Порівняльна характеристика різних видів палива показує, що пресована солома та деревина характеризуються кращими тепловими параметрами ніж торф, і близька до кам'яного вугілля, а за деякими позиціями паливо з біомаси має значно більшу перевагу, ніж вугілля і торф.

**Висновки.** Таким чином український ринок твердого біопалива виходить на енергетичну біржу. Це дає ще один поштовх до розвитку даної галузі альтернативної енергетики в Україні.

### 3. Використання біометанолу

Віталій Бабич, Олександр Серьогін  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Швидкі темпи розвитку науки і техніки вимагали якісного палива для забезпечення надійної роботи нових механізмів і машин. На початку розвитку двигунів внутрішнього згорання в якості палива для них використовували саме біопаливо: чотирьохтактний двигун Ніколаса Отто, дизельний двигун Рудольфа Дизеля працював на арахісовому маслі, перші моделі двигунів Генрі Форда працювали на етанолі.

**Матеріали і методи.** Біометанол ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) – метиловий спирт, отриманий в результаті переробки біологічної сировини. По хімічному складу повністю відповідає традиційному аналогу. Перший метанол був отриманий із деревини 1900-х роках шляхом сухої перегонки, в результаті чого отримав назву «деревинний спирт». При даному способі виробництва із 1 т твердої маси можна отримати 22,7 л метанолу. Також метанол можна отримати шляхом конвертації природного газу.

**Результати.** Біометанол виробляють із будь якої рослинної і тваринної біомаси (лушпиння зерен і насіння, сухого листя), а також із органічного сміття. Спочатку органічну сировину подають в біореактор, де за сприятливої температури за допомогою метанотворних бактерій відбувається метанове бродіння, в результаті чого утворюється метан. В процесі окиснення біомаси може бути утворено від 40 до 60% спирту.

При використанні метанолу в якості палива необхідно відзначити, що об'ємна і масова енергоємність (теплота згорання) метанолу на 40-50 % менше, ніж бензину, але при цьому теплопродуктивність спирто-повітряних і бензинових тепло-повітряних сумішей при їх згоранні в двигуні має малу різницю внаслідок того, що високе значення теплоти випаровування метанолу сприяє кращому наповненню циліндрів двигуна і зниженню теплового напруження, що призводить до кращого згорання спирто-повітряної суміші. У результаті цього приріст потужності двигуна збільшується на 10-15%.

Двигуни гоночних автомобілів, які працюють на метанолі з більш високим октановим числом ніж бензин і мають степінь стискання, яка перевищує 15:1. Метанол можна використовувати як в класичних двигунах внутрішнього згорання, так і в спеціальних паливних елементах для отримання електроенергії.

#### Характеристики біопалива

Паливо	Густина енергії, МДж/л	Суміш повітря з паливом	Питома енергія суміші повітря з паливом, МДж/кг	Питома теплота випаровування, МДж/кг	Октано ве число (RON)	Октано ве число (MON)
Бензин	32	14,6	2,9	0,36	91-99	81-89
Бутиловий спирт	29,2	11,1	3,2	0,43	96	78
Етанол	19,6	9,0	3,0	0,92	132	89
Метанол	16	6,4	3,1	1,2	156	92

**Висновки.** Переваги використання біометанолу: екологічність – найважливіший фактор, який запобігає засміченню навколишнього середовища вихлопними газами і продуктами внутрішнього згорання; ціна – вартість біопалива на порядок нижче бензину; паливна система не засмічується, на двигуні не утворюється гар, сажа.

#### 4. Основні напрямки реалізації ресурсо-енергозберігаючих технологій

Вадим Калита, Олександр Серьогін  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Ресурсо-енергозберігаючі технології припускають, що виробництво і реалізація кінцевих продуктів виконується з мінімальною витратою речовини і енергії на всіх стадіях виробництва. При цьому вплив на природні системи і на людину повинен бути найменшим.

**Матеріали і методи.** Зменшення у кількісному і вартісному відносінах споживаних первинних компонентів при такому ж або зростаючому обсягах готової продукції, виконується не тоді, коли якийсь компонент надходить безпосередньо на робоче місце, де він перетворюється в кінцевий продукт або сприяє його виробленню.

**Результати.** Ресурсозбереження починається з проектування, коли воно вже на стадії проєктів видобувних, переробних і фінальних підприємств закладається у всі технологічні операції по розвідці, оцінкою, видобутку і переробки природного чинника на всіх стадіях його руху до споживача, а потрапляючи на останні виробництва – від конструктивних, технологічних та експлуатаційних особливостей їх використання.

Таким чином, проєктувальники на високому рівні повинні вирішувати широке коло непростих, деколи суперечливих за своїм особливостям і наслідкам завдань екологічного, економічного і соціального характеру.

Важливим напрямком в ресурсозбереженні є всебічне використання принципу зміни ресурсів, під яким розуміється заміщення одного природного компонента іншим, більш економічним і екологічно безпечним. Взаємозамінність розрізняється по економічному й технічному критеріям.

Енергозбереження – реалізація правових, організаційних, наукових, виробничих, технічних та економічних заходів, спрямованих на ефективне (раціональне) використання (і економне витрачання) паливно-енергетичних ресурсів і на залучення в господарський оборот поновлюваних джерел енергії.

Одне з основних напрямків підвищення ефективності виробництва і використання енергетичних ресурсів в промисловості – збільшення одиничної потужності агрегатів, концентрація виробництва і створення укрупнених комбінованих технологічних процесів. Особливо це ефективно для технологічних процесів з великим виходом теплових ВЕР, тобто для підприємств хімічної, нафтопереробної, целюлозно-паперової та металургійної промисловості. Створення великих комбінованих виробництв дозволяє використовувати ВЕР одних процесів для потреб інших, що входять в загальний комбінований комплекс.

Ресурсозбереження – сукупність заходів по бережливому і ефективному використанню фактів виробництва (капіталу, землі, праці).

**Висновки.** Отже основні напрямки реалізації ресурсо-енергозберігаючих технологій є: 1. Безвідходна технологія виробництва – принцип організації виробництва взагалі, що означає використання сировини та енергії в замкнутому циклі. 2. Мало відходна технологія виробництва – проміжна ступінь перед створенням безвідходної технології. 3. Підвищення виходу продукції. 4. Зниження ресурсоемності енергоемності. 5. Подовження терміну служби продукції. 6. Застосування матеріалів заміників. 7. Застосування економічних матеріалів. 8. Застосування нетрадиційних джерел енергії. 9. Підвищення якості продукції. 10. Застосування сучасних приладів обліку енергоносіїв.

#### 5. Перспективи використання альтернативних джерел енергії в Україні

Андрій Тарасенко, Олексій Осьмак  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Природа багата на енергоресурси. Їх раціональне використання дає можливість отримувати відносно дешеву електроенергію, яка є менш небезпечною, ніж, наприклад, атомне паливо і т.п. Однак, нераціональне і необачне використання природних енергоресурсів призводить до різкого скорочення не відновлюваних природних ресурсів.

**Матеріали і методи.** Енергетичні ресурси (джерела енергії) – це матеріальні об'єкти, в яких зосереджена енергія, придатна для практичного використання людиною. Як згадувалося раніше, енергоресурси поділяють на первинні та вторинні. Первинні енергоресурси – це природні ресурси, які не переробляли і не перетворювали: сира нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, вода річок і морів, гейзери, вітер тощо.

**Результати.** Не поновлювані джерела енергії – це природно утворені й накопичені в надрах планети запаси речовин, здатних за певних умов звільнити енергію, що міститься в них. Такими є викопне органічне паливо (вугілля, нафта, природний газ, торф, горючі сланці), ядерне паливо. Поновлювані джерела енергії – ті, відновлення яких постійно здійснюється в природі (сонячне випромінювання, біомаса, вітер, вода річок та океанів, гейзери тощо), і які існують на основі постійних чи періодично виникаючих в природі потоків енергії, наприклад: сонячне випромінювання (біомаса, енергія сонця, вітру, хвилі); гравітаційна взаємодія Сонця, Місяця і Землі (наслідком якої є, наприклад, морські припливи та відпливи); теплова енергія ядра Землі, а також хімічних реакцій і радіоактивного розпаду в її надрах (геотермальна енергія джерел гарячої води – гейзерів).

Згідно з класифікацією Міжнародного енергетичного агентства до поновлюваних джерел енергії належать такі категорії: відновлювані джерела енергії (ВДЕ), які спалюються, і відходи біомаси; тверда біомаса і тваринні продукти: біологічна маса, у тому числі будь-які матеріали рослинного походження, що використовуються безпосередньо як паливо або перетворюються на інші форми перед спалюванням (деревина, рослинні відходи і відходи тваринного походження; деревне вугілля, яке одержують з твердої біомаси); газ-рідина з біомаси: біогаз, отриманий у процесі анаеробної ферментації біомаси і твердих відходів, який спалюється для виробництва електрики і тепла; муніципальні відходи: матеріали, що спалюються для продукування теплової та електричної енергії (відходи житлового, комерційного і громадського секторів).

У структурі світового виробництва електричної енергії ВДЕ посідають почесне друге місце. Вони забезпечили 19 % світового виробництва електроенергії, слідом за вугіллям (39 %), випередивши атомну енергетику (17 %), природний газ (17 %) і нафту (8 %). Основну кількість електроенергії, що виробляється ВДЕ, отримано на гідроелектростанціях (92 %). Незважаючи на значний прогрес у розвитку, геотермальна, сонячна й вітрова енергетика забезпечили менше 3 % від загального внеску ВДЕ.

**Висновки.** Отже, енергетичні ресурси (джерела енергії) – це матеріальні об'єкти, в яких зосереджена енергія, придатна для практичного використання людиною. Як згадувалося раніше, енергоресурси поділяють на первинні та вторинні. Первинні енергоресурси – це природні ресурси, які не переробляли і не перетворювали: сира нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, вода річок і морів, гейзери, вітер тощо.

## 6. Біогаз

Тарас Бутик, Олександр Серьогін  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Біогаз – різновид біопалива. У сільськогосподарському виробництві, зокрема в рослинництві, основним джерелом біогазу є гній і побічна продукція рослинництва – солома зернових, хлібів, стебла кукурудзи, гичка цукрових буряків, картопляне бадилля. Понад 90 % цієї органічної речовини припадає на солому.

**Матеріали і методи.** Біогаз, одержуваний з відходів життєдіяльності тварин і птахів, може замінити в Україні 6 млрд. м<sup>3</sup> природного газу, однак для його одержання необхідні значні інвестиції, строк окупності яких складає 4-5 роки. Китай проєктує через кілька років довести виробництво біогазу до 100-120 млрд. м<sup>3</sup>. Щорічні потреби споживання в Україні становлять 70 млрд. м<sup>3</sup> природного газу.

При утилізації біомаси одержують біогаз, який є нетрадиційним енергоносієм. Крім того, залишається нерозщеплена мікроорганізмами органічна маса (шлам) та рідина, яку називають надосадною. Осад можна використовувати як добриво.

**Результати.** Процес метаногенезу відбувається в анаеробних умовах. Розрізняють 3 етапи метаногенезу. На першому етапі високомолекулярні біополімерні сполуки (вуглеводи, особливо клітковина, білки, нуклеїнові кислоти та ліпіди, жири, жироподібні речовини (фосфогліцериди, гліколіпіди, стероїди, віск та ін.) розкладаються до низькомолекулярних органічних речовин - моно- та олігосахаридів, амінокислот і пептидів, пуринових і піримідинових азотистих основ, гліцерину, карбонових кислот, діоксиду вуглецю і водню. Органічні сполуки розкладаються за допомогою гідролаз (ферментів, які здійснюють гідроліз сполук, розщеплюють складні органічні сполуки з приєднанням води). Вони синтезуються анаеробними мікроорганізмами, які не утворюють спор.

На другому етапі метаногенезу з одержаних на першому етапі за допомогою кислотоутворюючих мікроорганізмів утворюються різні органічні кислоти. Ці кислоти окислюються переважно до ацетату і діоксиду вуглецю. Утворюються також водень, аміак, сірководень.

На третьому етапі за участю ферментів, що їх продукують спорові і неспороутворюючі сарцинові і сарциноподібні мікроорганізми, органічні речовини перетворюються на метан і діоксид вуглецю. Отже, процес метаногенезу здійснюється різними анаеробними мікроорганізмами - метаногенами, які зброджують вуглеводи, розкладають клітковину, білки, пептиди, амінокислоти з утворенням аміаку, спричиняють деструкцію ліпідів та ін. Метаногени - найбільш давні бактерії. До складу біогазу входить 50-70 % метану, 30-40 % діоксиду вуглецю, певна кількість сірководню, є домішки водню, аміаку, оксиду азоту.

Щодо відходів деревини деревообробної промисловості різних порядків, слід відзначити, що зазвичай такі відходи традиційно використовуються на тих же підприємствах, на яких вони утворилися для забезпечення власних потреб (обігрів приміщень, сушка ділової деревини). Як швидкоростучу деревину використовують певні породи верби та тополі. Вони висаджуються на визначених площах та вирощуються протягом кількох років, після чого збираються за допомогою спеціальних видів комбайнів. Дуже поширено вирощування швидкоростучої деревини у Швеції.

**Висновки.** Проаналізувавши все вище сказане можемо зробити висновок, що виробництво і споживання біогазу вирішує відразу три проблеми: економічну, енергетичну і агрохімічну, що є досить необхідним для України в першу чергу.

## 7. Термічне розкладання (піроліз) деревини

Андрій Тарасенко, Олексій Осьмак

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Термічне розкладання (піроліз) деревини – це розкладання деревини без доступу повітря під дією високої температури. В результаті цього процесу виходять тверді, рідкі та газоподібні продукти. Тверді продукти залишаються у вигляді деревного вугілля в апараті, в якому ведеться піроліз, а рідкі та газоподібні продукти виділяються спільно у вигляді парогазової суміші. Парогазову суміш розділяють шляхом охолодження на конденсат (жижку) і неконденсуючі гази. Жижку переробляють на оцтову кислоту, метиловий спирт, смолу та інші продукти, а не конденсуючі гази спалюють як паливо.

**Матеріали і методи.** Процес розкладання деревини при піролізі можна поділити на чотири стадії: 1) сушку; 2) початок розкладання; 3) утворення, випаровування і сублимацію основної кількості продуктів розкладання деревини, що протікають при 270-450 ° С з бурхливим виділенням тепла (екзотермічний процес); 4) прожарювання вугілля до кінцевої температури зазвичай не вище 550-600 ° С і видалення залишків летючих речовин.

**Результати.** Крім третьої стадії, всі стадії процесу потребують підведення тепла ззовні. Тепловий ефект процесу терморозпаду деревини залежить від умов проведення піролізу і мало залежить від типу і конструкції апарату. Величина нижчого теплового ефекту становить 1000-1250 кДж / кг, або 5-6% від теплоти згорання деревини.

В апаратах періодичної дії стадії процесу протікають послідовно в часі, тоді як в апараті безперервної дії в один і той же час в верхній зоні відбувається сушка, нижче - нагрівання деревини до температури екзотермічної реакції, у середній зоні - розкладання деревини та прожарювання вугілля і в нижній - охолодження вугілля перед вивантаженням. Тому при роботі апарату періодичної дії склад парогазової суміші в ході процесу змінюється, а при безперервному процесі залишається у часі практично постійним.

Першим з компонентів деревини, вже при температурі дещо нижчою за 150 ° С, починає розпадатися ксилан, але в основному його розпад йде при 250-260 ° С з утворенням фурфуролу, оцтової кислоти і газів. Розпад лігніну починається внаслідок гетеро-і гемолітичної дисоціації хімічних зв'язків між структурними одиницями лігніну і всередині них призводить до утворення низькомолекулярних летких з'єднань і повної перебудови первинної структури лігніна. Процес деполімеризації целюлози протікає при температурі вище 300 ° С. Як целюлоза, так і лігнін при піролізі дають вугілля, гази і смолу. Однак з целюлози вихід вугілля дорівнює 35%, а з лігніна-близько 50%. Гази, отримані при розкладанні лігніну, містять близько 50% CO, 35-40% CH<sub>4</sub> і лише трохи CO<sub>2</sub>, тоді як целюлоза дає низькокалорійний газ, що складає більше 60% CO. Утворення метану (CH<sub>4</sub>) відбувається в основному за рахунок метоксильних груп лігніну.

**Висновки.** Оскільки піроліз це безполуменової процес переробки твердих речовин, це дозволяє не забруднювати навколишнє середовище. Одним з основних переваг використання піролізних котлів є те, що процес піролізу не залишає після себе важких металів, що запобігає їх викид в атмосферу. Утворений попіл має високу щільність. Такі продукти горіння легко транспортувати і зберігати. Адже вони не займають багато місця.

## 8. Електростанції що працюють на енергії сонця

Олексій Гордон, Олександр Серьогін  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Сонячна енергія – енергія від Сонця в формі радіації та світла. Ця енергія значною мірою керує кліматом та погодою та є основою життя. Технологія, що контролює сонячну енергію називається сонячною енергетикою.

**Матеріали і методи.** У сонячних електростанціях баштового типу використовується обертове поле відбивачів-геліостатів. Вони фокусують сонячне світло на центральний приймач, споруджений на верху вежі, який поглинає теплову енергію і приводить в дію турбогенератор. Керована комп'ютером двоосна система стеження встановлює геліостати так, щоб відбиті сонячні промені були перпендикулярні і завжди падали на приймач. Циркулююча в приймальнику рідина переносить тепло до теплового акумулятора у вигляді пари. Пар обертає турбіну для вироблення електроенергії, або безпосередньо використовується в промислових процесах. Температури на приймальнику досягають від 538 до 1482 °С.

**Результати.** Перша баштова електростанція під назвою "Solar One" поблизу Барстоу (Південна Каліфорнія) з успіхом продемонструвала застосування цієї технології для виробництва електроенергії. У такій системі розплавлена сіль закачується з "холодного" бака при температурі 288 °С і проходить через приймач, де нагрівається до 565 °С, а потім повертається в "гарячий" бак. Тепер гарячу сіль у міру потреби можна використовувати для вироблення електрики. У сучасних моделях таких установок тепло зберігається протягом 3 - 13 годин.

"Solar Two" – баштова електростанція потужністю 10 МВт в Каліфорнії – це прототип великих промислових електростанцій. Сонячне тепло зберігається в розплавленій солі при температурі 550 °С, завдяки чому станція може виробляти електрику вдень і вночі, в будь-яку погоду. Успішне завершення проекту "Solar Two" має сприяти будівництву таких веж на промисловій основі в межах потужності від 30 до 200 МВт.

Електростанції баштового типу, завдяки своїй ефективній тепло-аккумуляуючій здібності, також можуть стати сонячними електростанціями недалекого майбутнього. Модульний характер "тарілок" дозволяє використовувати їх в невеликих установках. Вежі й "тарілки" дозволяють досягти більш високих значень ККД перетворення сонячної енергії в електричну при меншій вартості, ніж у параболічних концентраторів. Однак, залишається неясним, чи зможуть ці технології досягти необхідного зниження капітальних витрат. Параболічні концентратори нині – вже апробована технологія, яка чекає свого шансу на вдосконалення. Баштові електростанції потребують демонстрації ефективності та експлуатаційної надійності технології розплавлених солей при використанні недорогих геліостатів. Технології одержання сонячної теплової електроенергії, засновані на концентрації сонячного світла, перебувають на різних етапах розробки.

Параболічні концентратори вже сьогодні застосовуються в промисловому масштабі: в пустелі Мохаве (штат Каліфорнія) потужність установки становить 354 МВт. Сонячні електростанції баштового типу проходять фазу демонстраційних проектів.

**Висновки.** Продовження проектно-конструкторських робіт має зробити ці системи більш конкурентоздатними в порівнянні з використанням викопного палива, збільшити їх надійність і створити серйозну альтернативу в умовах всезростаючого попиту на електроенергію.

## 9. Електростанції, що працюють на енергії хвиль

Андрій Тарасенко, Олексій Осьмак

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Винахідник Антон Кирюнін запропонував новий метод використання енергії морських хвиль. Винахідник керувався принципами класичної теорії рішення задач винахідництва, розробленої батьком радянських винахідників Генріхом Альтшуллером. В результаті з'явилася оригінальна енергоустановка.

**Матеріали і методи.** Модуль є укріпленою в ґрунті стійкою, на якій шарнірно закріплений двохплечевий важіль. На одному кінці важеля знаходиться поплавець, а інший пов'язаний з поршнем водяного насоса. Коливання поплавця викликають рух поршня водяного насоса, який нагнітає по трубопроводу воду в накопичувач. З нього вода під дією сили тяжіння стікає вниз, обертаючи лопасті турбіни гідрогенератора. Останній виробляє електричний струм.

**Результати.** Головний плюс винаходу Кирюніна полягає в тому, що у нього немає ахіллесової п'яти хвильових установок. Звичайно пристрої генерують енергію безпосередньо в морі, а на берег доставляють її за допомогою кабеля.

Нова хвильова установка може працювати не тільки в прибережних водах морів і океанів, але і на річкових магістралях. По попередніх розрахунках, оптимальна потужність одного енергомодуля складатиме порядку 10 кВт при КПД 25%. Собівартість 1кВт·г, що виробляється хвильовою установкою, порівнянна з собівартістю 1 кВт·г, що виробляється вітряками.

Так хвильова електростанція, яка знаходиться на острові Айла, може виробляти пів мегавата електроенергії і цього вистачає, щоб можна було забезпечити електроенергією 500 домів. Айла – острів Шотландії, що є найпівденнішим островом Внутрішніх Гебридських островів. Він входить до складу області Аргайл і Б'ют, та розташований на захід від острова Джура. Це приблизно 40 км на північ від ірландського побережжя, яке в гарну погоду можна роздивитися неозброєним оком.

Ця електростанція одна з перших хвильових електростанцій. Вона була розроблена і побудована на Wavegen – світового лідера хвильової енергетики, королівського університету в Белфасті, при фінансуванні з боку ЄС. З вигляду вона собою представляє бетонну коробку шириною 20 метрів справно виробляє електрику вже десять років. Набігаючі хвилі витісняють повітря з коробки, і під дією повітряної тяги починають обертати дві гідротурбіни загальною потужністю 500 кіловатів. Електростанція, що працює на викопних енергоносіях, для вироблення такого об'єму енергії викидає в атмосферу сотні тонн вуглекислого газу, а ця немає шкідливого впливу на навколишнє середовище та не порушує екосистему.

Хвильова електростанція – це досить дорога та технічно складна споруда. Хвилі піднімають і опускають секції, а внутрішня гідравлічна система чинить опір руху, на основі чого виробляється електрика, яка по кабелях передається на берег. Розміри у перетворювачів, звичайно, невеличкі, 140 метрів в довжину і 3,5 метри в діаметрі, так що вид побережжя псується. Проте у такого ресурсу як хвилі величезний потенціал. Хвилі світу можуть генерувати 2 тераватта енергії.

**Висновки.** Переваги хвильових електростанцій, це їх дешевизна в порівнянні з іншими видами ГЕС. А недоліками є: з погляду соціально-економічних проблем, хвильова енергетика може привести до витіснення рибаків з продуктивних рибпромислових районів і може представляти небезпеку для безпечного плавання. З часом такі недоліки буде усунуто.



## 10. Впровадження біоенергетичних технологій – перспектива сьогодення

Юлія Кучеренко, Олексій Осьмак  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Україна має значні біоресурси, у тому числі у вигляді біовідходів переробки харчової сировини, які можуть бути використані як альтернативні або додаткові види палива. На сьогодні споживання біомаси обмежується переважно деревиною та відходами деревопереробної галузі: близько 1 млн. т умовного палива (у.п.) на рік використовується для опалення приватних будинків, а також на підприємствах лісової і деревообробної галузей країни.

**Матеріали і методи.** Беззаперечним є також той факт, що залучення біоресурсів у паливний баланс країни сприятиме поліпшенню навколишнього середовища, оскільки внаслідок спалювання біомаси, як безпосередньо, так і у різноманітних модифікаціях із вугільно-біомасових сумішей, екологічні показники процесів термічної переробки сировини в якій присутня біомаса значно кращі за традиційних.

**Результати.** На думку авторів, починати процес широкого впровадження біоенергетичних технологій потрібно з введення в дію сучасних котлів-газогенераторів для термохімічної переробки відновлюваної сировини органічного походження. Всі інші технології виробництва енергії з біомаси є не менш важливими і пріоритетними, але на даному етапі розвитку технологій в нашій країні не здатні швидко замінити традиційні види палив для виробництва теплової енергії з найбільш низькими інвестиційними витратами і найкоротшим терміном окупності проектів.

Газифікація біомаси дозволяє застосувати для вироблення електричної енергії замість паросилового циклу більш ефективний в термодинамічному відношенні дизельний цикл (для установок електричною потужністю нижче 1,5 МВт), газотурбінний і комбінований парогазовий цикли (для установок електричною потужністю більше 1,5 МВт). Головна перевага термохімічної газифікації палива перед його прямим спалюванням полягає у можливості використання більш економічних термодинамічних циклів при виробленні електроенергії і менш жорстких вимогах до підготовки палива.

На основі наукових розробок колективу кафедри теоретичної механіки та ресурсощадних технологій Національного університету харчових технологій підготовлений комплект конструкторської документації за яким був виготовлений дослідний зразок газогенераційного енергетичного комплексу.

Під час проведення дослідів у якості палива використовували рослинну біомасу: лушпиння соняшника та відходи деревини (стружка) хвойних порід (сосна) вологістю від 20 до 45 %. Розмір шматків палива коливався в межах: 3...7 мм для лушпиння соняшнику, 10...50 мм – для відходів деревини.

Проведені дослідження показали, що мінімальна встановлена потужність газогенератора обмежується 40 кВт.

**Висновки.** Розроблена і випробувана в умовах дослідно-промислової експлуатації на різних видах рослинної біомаси газогенераційна енергетична установка ГЕКА-3 з газогенератором шарового типу. Проведені випробування показали: відносна вологість вихідного палива, що визначає максимальне значення нижчої теплоти згорання одержуваного генераторного газу відповідає 20 %; газогенератор забезпечує достатню надійність і стабільність характеристик в ході тривалої експлуатації; склад генераторного газу забезпечує калорійність на рівні 4...4,5 МДж/м<sup>3</sup>; термічний ККД газогенераторів становить 70...85 %, що знаходиться на рівні показників кращих зарубіжних зразків.

# Section 21

**Power equipment,  
heat and power systems  
of industry enterprises**

# Секція 21

**Енергетичне обладнання,  
системи  
тепло-електропостачання  
промислових підприємств**

## **21.1.**

### **Industrial power**

**Chairperson – professor Sergii Vasylenko**

**Secretary – Roman Gryshchenko**

## **21.1.**

### **Промислова теплоенергетика**

**Голова – професор Сергій Василенко**

**Секретар – Роман Грищенко**

## Спосіб використання теплового насосу у низькотемпературних сушарках періодичної дії

Дмитро Баб'як, Олексій Пилипенко, Андрій Форсюк

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

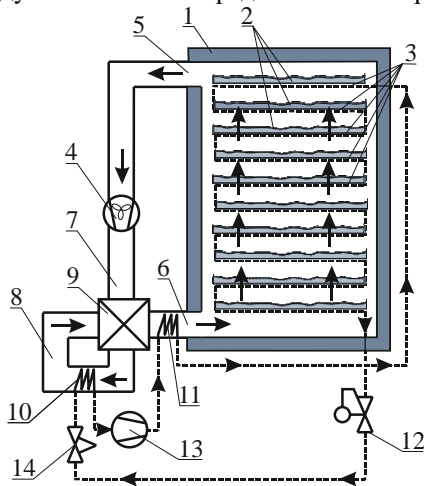
**Вступ.** Розглянуто типові технологічні схеми сушіння плодоовочевої продукції із використанням теплоти конденсації від роботи теплового насосу, виділені переваги та недоліки таких схем. Запропоновано унікальну схему сушильної шафи з ТН.

**Матеріали і методи.** Виконано широкий літературний огляд технологічних схем процесу сушіння, конструктиву сушарок та їх принципових схемних рішень. Головну увагу приділено сушильним апаратам періодичного принципу дію з використанням теплових насосів. На базі проведеного аналізу запропоновано низькотемпературну теплонасосну сушарку яка використовуватиме теплоту конденсації для безпосереднього нагріву продукту.

**Результати і обговорення.** Під поняттям низькотемпературного сушіння розуміють процес дегідратації вологи із продукту за температур нижчих 90 °С.

Параметрами, якими характеризують ефективність сушарок із тепловим насосом є – кількість випареної вологи, кг в./кВт, коефіцієнт COP, який демонструє показник перетворення енергії теплового насосу, та ККД сушарки.

На базі літературного огляду встановлено основний недолік сушильних апаратів з тепловим насосом – використання теплоти конденсації для нагріву сушильного агенту. Пропонуємо використати теплоту конденсації теплового насосу для безпосереднього нагріву осушуваних продуктів за схемою представленою на рис. 1.



**Рис. 1.** Принципова схема низькотемпературної теплонасосної конвективно-кондуктивної сушарки:

1 – теплоізольована камера, 2 – перфоровані лотки, 3 – газопроникні полиці, 4 – вентилятор, 5 та 6 – випускний та впускний отвори, 7 та 8 – газопроводи, 9 – рекуператор, 10 – випарник-осушувач, 11 – формондсатор, 12 – регулятор тиску конденсації, 13 – компресор, 14 – розширювальний пристрій

**Висновки.** Встановлено загальний недолік для всіх теплонасосних низькотемпературних сушарок, який пропонується виправити за рахунок використання запропонованого схемного рішення.

## Дійсний коефіцієнт подавання напівгерметичного компактного гвинтового компресора фірми Bitzer

Іван Галушак, Іван Мельник, Олексій Пилипенко  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Якість та прецизійність виготовлення деталей сучасних холодильних компресорів значно зросла в порівнянні з радянськими часами, але сучасних рівнянь або номограм для визначення їх коефіцієнту подавання не існує.

**Матеріали і методи.** Проведено літературний пошук та аналітичні розрахунки по визначенню дійсного коефіцієнту подавання напівгерметичного компактного гвинтового компресора. Для розрахунків використано програми CoolPack та Bitzer Software. Проаналізовано результати та зроблені висновки.

**Результати і обговорення.** Аналітичний пошук показав, що для визначення коефіцієнту подавання гвинтового компресора є номограми розроблені ще за радянських часів. Проте, прецизійність та якість виготовлення обладнання значно зросла і для сучасних компресорів методик визначення коефіцієнту  $\lambda$ , яка б відповідала реальному стану, в літературі не наводиться. Всі виробники приховують дану величину як комерційну таємницю.

Нами було проведено розрахункове визначення коефіцієнту подавання компресора фірми Bitzer CSH9573-240Y. Основні данні для розрахунку прийняті з програм Bitzer Software та CoolPack. Розрахунок проведено для R134a у всьому робочому діапазоні, тобто від +25°C до -20°C по температурі кипіння та від +20°C до +70°C по температурі конденсації. Прийнято переохолодження 1K, перегрів 15K. Також проаналізовано вплив перегріву на всмоктуванні на коефіцієнт  $\lambda$ .

З результатів розрахунку (рис. 1.) випливає, що дійсний коефіцієнт подавання на 4 ÷ 12,1% вищий за рекомендації. Окрім того, загальний характер зміни коефіцієнту відрізняється від рекомендаційного. Зміна величини перегріву на 10K впливає на  $\lambda$  в межах 0,14 ÷ 0,18 %.

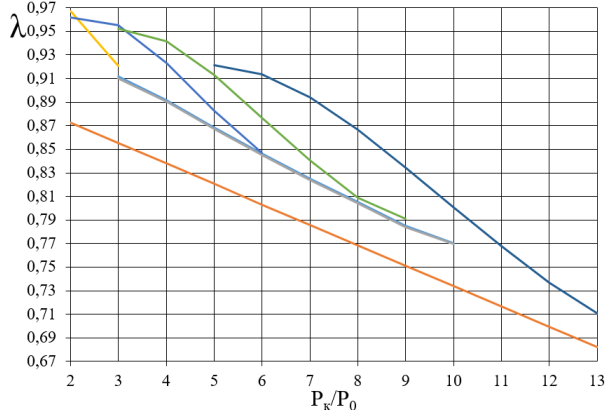


Рис. 1. Співставлення дійсних коефіцієнтів подавання компресора CSH9573-240Y з даними наведеними у літературі

**Висновки.** Реальні значення  $\lambda$  сучасних гвинтових компресорів за незначних відношень тисків в середньому на 10% вищі за рекомендовані, тому є доцільним для аналітичного вибору компресорів застосовувати рекомендовані значення збільшені на 10 %.

## Побутовий твердопаливний піролізний котел з вихроутворювачем

Риндюк Дмитро, Беднарська Інна

Національний технічний університет України

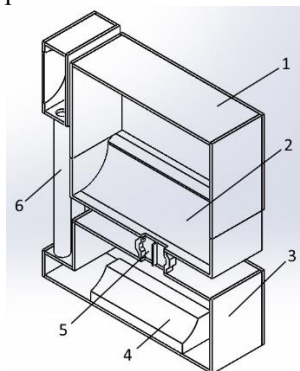
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Вступ.** В зв'язку зі збільшенням ціни на природний газ набуває все більшої уваги проблема опалення. Економічно доцільно застосовувати побутові котли на біопаливі, як альтернатива газовим котлам.

**Матеріали і методи.** Дослідження спрямовані на модернізацію конструктивно-технологічних параметрів твердопаливних піролізних побутових котлів (ТППК) є актуальною проблемою. Піролізні котли на сьогоднішньому ринку опалювального обладнання вже досить давно перестали бути новинкою. Проте багато піролізних твердопаливних котлів мають один важливий недолік, що полягає в нестабільному процесі спалювання в результаті поганого перемішування газогенераторного газу та повітря через недосконалість подачі повітря. Авторами розглянуто конструкції та враховано основні конструктивні особливості ТППК: камери газогенерації, в яку завантажуються паливо та де відбувається процес піролізу, камери згорання, де відбувається догорання піролізних газів, теплообмінник, газовий пальник.

### Результати.

Запропоновано, для покращення та стабілізації процесу горіння, внести ряд модернізацій конструкції ТППК, а саме встановити вихроутворювачі, які виконано у вигляді трапецієвидного заглиблення у бічних стінках пальника та стабілізаційну перегородку, що сприяє вихроутворенню.



**Рисунок 1 - Побутовий твердопаливний піролізний котел з вихроутворювачем й стабілізаційною перегородкою.**

На рис. 1 зображено побутовий твердопаливний піролізний котел 1 з піролізною камерою 2, камерою згорання генераторного газу 3, полум'яюловлювачем 4, теплообмінником 6 та пальником 5 з вихроутворювачем й стабілізаційною перегородкою.

**Висновки.** Завдяки наявності трапецієвидного заглиблення, має місце вихроутворення з появою стійких турбулентних вихрових структур потоків генераторного газу та вторинного повітря, що забезпечують якісне сумішоутворення з відповідним рівнем концентрації палива та окисника.

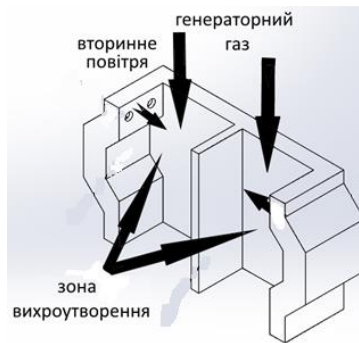
### Комп'ютерна симуляція роботи пальника модернізованого побутового твердопаливного піролізного котла з вихроутворювачем

Риндюк Дмитро, Беднарська Інна

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

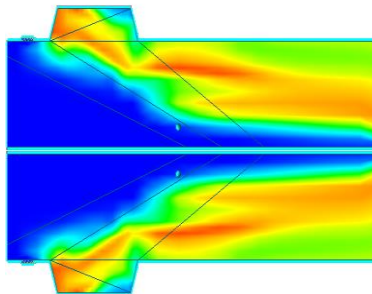
**Вступ.** Використання у проектувальній практиці експериментальних фізичних моделей є економічно не вигідним, а класичні емпіричні залежності і експериментальний досвід, що традиційно застосовуються для проектних розрахунків, не дозволяють врахувати у повній мірі всі технологічні та конструктивні особливості обладнання та дати кількісну оцінку взаємовпливу конструктивно-технологічних параметрів й поведінки потоків газів в процесі горіння.

**Матеріали і методи.** На базі котла Vissmann Vitolig 150 створено спрощену 3Д модель. Враховано основні конструктивні особливості пальника з вихроутворювачем й стабілізаційною перегородкою (рис. 1).



В програмному комплексі Flow Vision проведено симуляцію процесу горіння піролізного газу у модернізованому пальнику побутового твердопаливного піролізного котла.

**Результати.** На рис. 2 представлено результати моделювання у вигляді розподілу теплових потоків, де чітко прослідковуються зони вихроутворення.



**Висновки.** Отримані результати моделювання показують появу стійких турбулентних вихрових структур потоків, що забезпечують якісне сумішоутворення, а, отже, й стабільне горіння.

## Екологічні показники побутового твердопаливного піролізного котла з вихроутворювачем

Риндюк Дмитро, Беднарська Інна

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Вступ.** Проблема екологічного отримання теплової енергії постає все гостріше.

**Матеріали і методи.** Варто відзначити, що піролізні твердопаливні котли є не тільки економічні та прості в використанні та обслуговуванні, а ще й є екологічними.

**Результати.** Суть піролізного спалювання полягає в тому, що під впливом підвищеної температури і в умовах браку кисню деревина починає розкладатися на твердий залишок і летючу частину - піролізний газ. Піроліз деревини відбувається при температурі, що знаходиться в межах від 250 - 750 градусів. Слід врахувати, що цей процес є екзотермічним, іншими словами, він характеризується виділенням тепла, завдяки чому підвищується підсушування і прогрів палива в котлі. Процедура піролізного горіння відрізняється формуванням незначної кількості золи і сажі, саме тому це обладнання вкрай рідко вимагає очищення та є таким екологічним.

В запропонованому твердопаливному побутовому піролізному котлі завдяки наявності трапецієвидного заглиблення, має місце вихроутворення з появою стійких турбулентних вихрових структур потоків генераторного газу та вторинного повітря, що забезпечують якісне сумішоутворення з відповідним рівнем концентрації палива та окисника. Таким чином підвищується не тільки сталість факелу, інтенсивність та ефективність горіння палива, надійність роботи, техніко-економічні показники обладнання в цілому, а й екологічні показники.

Коефіцієнтом корисної дії побутового піролізного котла називають відношення корисної теплоти, що використовується для виробітку гарячої води, до всієї теплоти котла. Для визначення ККД використовували газоаналізатор, що визначив хімічний склад відхідних газів, після чого розраховували ККД котла за наступною формулою:

$$\eta_k = 1 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6 \quad (1)$$

де  $q_2$ , – втрати тепла, що відходять разом з продуктами згорання в атмосферу;

$q_3$  - тепловтрати, що пов'язані з неповним хімічним згоранням;  $q_4$  - втрати при механічному недопалі;  $q_5$  - втрати через зовнішнє охолодження;  $q_6$  - втрати тепла разом з видаленням шлаку з топки котла.

Зробили висновок, що після модернізації котла, зменшуються втрати  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$ .

**Висновки.** Отже, наявність в твердопаливному побутовому піролізному котлі вихроутворювача забезпечує якісне сумішоутворення з відповідним рівнем концентрації палива та окисника, що в свою чергу призводить до зниження викидів шкідливих речовин після спалювання біомаси та підвищення коефіцієнта корисної дії цього котла. Дослідження показали, що двоокис вуглецю буде викидатися в навколишнє середовище на 6-7% менше, ніж від звичайного піролізного котла. З формули (1) видно, що ККД котла збільшується на 2-4 %, а також при зменшенні  $q_2$  знижуються викиди  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  і  $\text{CO}_2$ .



## Household solid fuel boiler with vortex generator

**Rindyuk Dmitry, Bednarska Inna**

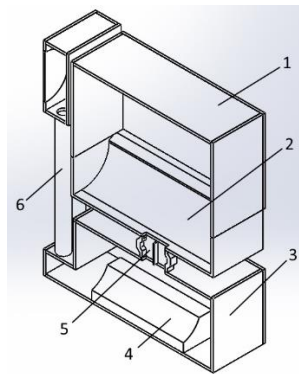
*National Technical University of Ukraine*

*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Due to the increase in the price of natural gas, the problem of heating is getting more and more attention. It is economically feasible to use biofuels as an alternative to gas boilers.

**Materials and methods.** Research aimed at modernizing the structural and technological parameters of solid fuel pyrolysis boilers (SFPB) is an urgent problem. Pyrolysis boilers in today's heating equipment market have long ceased to be new. However, many pyrolysis solid fuel boilers have one important drawback, which is the unstable combustion process resulting from poor mixing of the gas and air due to imperfect air supply. The authors have considered the designs and taken into account the basic design features of TPPK: gas-generating chamber, which is loaded into the fuel and where the pyrolysis process takes place, combustion chamber, where the pyrolysis gas combustion takes place, heat exchanger, gas burner.

**Results.** In order to improve and stabilize the combustion process, it is proposed to make a number of upgrades to the SFPB design, namely to install vortices, which are made in the form of a trapezoidal recess in the side walls of the burner and a stabilizing partition that promotes vortex formation.



**Figure 1 - Household solid propellant pyrolysis boiler with vortex generator and stabilization partition.**

In Fig. 1 depicts a household solid propellant pyrolysis boiler 1 with a pyrolysis chamber 2, a combustion chamber of a gas generator 3, a flame arrester 4, a heat exchanger 6 and a burner 5 with a vortex generator and a stabilizing partition.

**Conclusions.** Due to the presence of trapezoidal recesses, vortex formation occurs with the appearance of stable turbulent vortex structures of gas and secondary air flows, providing a qualitative mixture with the appropriate level of concentration of fuel and oxidant.

## Computer simulation of the burner of a modernized household solid fuel boiler with a vortex generator

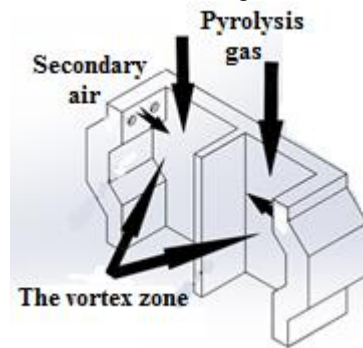
Rindyuk Dmitry, Bednarska Inna

*National Technical University of Ukraine*

*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

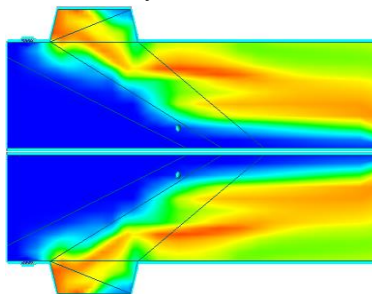
**Introduction.** The use of experimental physical models in the design practice is economically unprofitable, and the classical empirical dependencies and experimental experience traditionally used for design calculations do not allow to take full account of all technological and structural features of equipment and to quantify the mutual influence of structural and technological parameters of gases in the process of combustion.

**Materials and methods.** A simplified 3D model was created on the basis of the boiler Vissmann Vitolig 150. The basic design features of the burner with vortex builder and stabilization partition were taken into account (Fig. 1).



The simulation of the process of combustion of pyrolysis gas in the modernized burner of a household solid fuel pyrolysis boiler was carried out in the software program Flow Vision.

**Results.** Figure 2 presents the results of simulations into the types of temperature flux distribution, where vortex zones are clearly traced.



**Conclusions.** The obtained simulation results show the emergence of stable turbulent vortex flow structures that provide qualitative blend formation and hence stable combustion.

## **Environmental indicators of household solid fuel boiler with with vortex generator**

Rindyuk Dmitry, Bednarska Inna

*National Technical University of Ukraine*

*"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** The problem of ecological production of thermal energy is becoming more acute.

**Materials and methods.** It is worth noting that pyrolysis solid fuel boilers are not only economical and easy to use and maintain, but also, environmentally friendly.

**Results.** The essence of pyrolysis combustion is that under the influence of high temperature and in the absence of oxygen, the wood begins to decompose into a solid residue and the volatile part - pyrolysis gas. Pyrolysis of wood takes place at a temperature in the range of 250 - 750 degrees. It should be borne in mind that this process is exothermic in other words, it is characterized by the release of heat, thereby increasing the drying and heating of the fuel in the boiler. The pyrolysis combustion process is characterized by the formation of a small amount of ash and soot, which is why this equipment rarely requires cleaning and is so environmentally friendly.

In the proposed solid fuel pyrolysis boiler due to the presence of trapezoidal recesses, there is a vortex formation with the emergence of stable turbulent vortex structures of the flows of generator gas and secondary air, providing a qualitative mixture with the appropriate level of concentration of fuel and oxidant. This increases not only the torch stability, the intensity and efficiency of fuel combustion, the reliability of operation, the technical and economic performance of the equipment as a whole, but also the environmental performance.

The efficiency of the household pyrolysis boiler it is the ratio of useful heat used to produce hot water to the total heat of the boiler. To determine the efficiency used gas analyzer, which determined the chemical composition of the flue gases, and then calculated the efficiency of the boiler by the following formula:

$$\eta_k = 1 - q_2 - q_3 - q_4 - q_5 - q_6 \quad (1)$$

where  $q_2$ , is the heat loss, which is released with the products of combustion into the atmosphere;

$q_3$  - heat losses associated with incomplete chemical combustion;

$q_4$  - mechanical failure;

$q_5$  - losses due to external cooling;

$q_6$  - heat loss along with removal of slag from the boiler furnace.

It can be concluded that after modernization of the boiler, losses  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$  are reduced.

**Conclusions.** Therefore, the presence of a vaporizer in a solid propellant pyrolysis boiler provides a qualitative mixture with the appropriate concentration of fuel and oxidant, which in turn leads to a reduction of emissions of harmful substances after biomass burning and an increase in the efficiency of this boiler. Studies have shown that carbon dioxide will be emitted 6-7% less than conventional pyrolysis boilers. It can be seen from formula (1) that the boiler efficiency is increased by 2-4%, and  $\text{NO}_x$ , CO and  $\text{CO}_2$  emissions are reduced as  $q_2$  decreases.

## Доцільність використання термоелектричних модулів в побутовій холодильній установці як джерела електричної енергії

Олександр Голуб, Олексій Пилипенко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Одним з шляхів підвищення класу енергоефективності побутових холодильників є самостійний виробіток електроенергії вбудованими термоелектричними модулями на потреби допоміжних систем (освітлення).

**Матеріали і методи.** Проведено аналітичний огляд літератури. Складено алгоритм та виконано варіативні розрахунки циклу морозильної камери що працює на різних холодильних агентах (R134a, R404a, R507) при нормативних режимних параметрах. За отриманими даними проведено розрахунок можливого виробітку електроенергії термоелектричними модуля ТЕС1-127-06. Розроблено 3Д модель додаткового теплообмінника для генерації термоЕРС.

**Результати і обговорення.** Аналітичний пошук показав, що основних шляхів підвищення класу енергоефективності побутових холодильників є лише три: покращення теплоізоляції холодильної шафи, вдосконалення схемного рішення холодильного контуру, підвищення енергоефективності компресору. Проте, на нашу думку, є і четвертий шлях – зменшення споживання електроенергії холодильника за рахунок самостійного виробітку електричної потужності термоелектричними модулями. Для перевірки даного припущення на основі побутового холодильника з потребою у холодильній потужності 150 Вт, було проведено варіативні розрахунки холодильних циклів при температурі кипіння  $t_0 = -23,3^\circ\text{C}$ , конденсації  $t_k = 55^\circ\text{C}$ , переохолодженням 2К та перегрівом на всмоктуванні  $5 \div 30^\circ\text{C}$ . Визначена залежність електроспоживання компресором від перегріву холодильного агента на всмоктуванні для холодильних агентів R134a, R404a та R507a. Також встановлено, що максимально можливий температурний напір на ТЕМ за різних перегрівів та холодоагентів коливається від 92 до 95 °С. За паспортними даними ТЕС1-127-06 має 127 напівпровідникових пар виготовлених з телуриду вісмуту. Відповідно до формули Зеєбека такий модуль може згенерувати від 5,41 до 5,55 В. Такого потенціалу термоЕРС достатньо для забезпечення живлення системи освітлення, вентилятору випарника системи NoFrost та / або контроллера холодильника.

Аналіз циклів з температурами конденсації меншими за наведену вище, показує значне зменшення виробленої електроенергії ТЕМ, а також не доцільність використання ТЕМ з охолодженням всмоктуваними парами зі збільшенням ступеня перегріву понад 10К.

**Висновки.** Використання ТЕМ для підвищення енергоефективності побутових холодильників є доцільним, але питання максимального використання температурного напору на його поверхнях потребують подальшого вивчення.

## Вплив конструкції випарника на гідравлічні втрати при випаровуванні холодоагенту

Євгеній Жила, Олексій Пилипенко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Для зменшення гідравлічних втрат з боку холодильного агента, пропонуємо для ділянок збільшеного паровмісту в середині труби використовувати трубопроводи більшого діаметру.

**Матеріали і методи.** Проаналізовано конструктивні особливості теплообмінників для охолодження рідини та газів. Виконано аналітичний огляд літератури з питань розрахунку площі теплообміну та гідравлічних втрат киплячого холодоагенту. Проведено математичне моделювання теплообмінника охолодження пропіленгліколю та проаналізовані результати варіативних розрахунків.

**Результати і обговорення.** Висунуто припущення, що для зменшення гідравлічних втрат у випарнику окрім розділення потоку холодоагенту по паралельним ходам, доцільно кожен змієвик виготовляти з труб різного діаметру.

З метою перевірки даного припущення, було створено математичну модель теплообмінника та проведено варіативні розрахунки. Вихідними даними були: холодильний агент R22, температура конденсації +35 °С, температури кипіння в одноступеневому циклі -15 ÷ -30 °С з кроком у 5 °С, потужність випарника за вказаних температур кипіння в одноступеневому циклі 5,3 кВт, 4,2 кВт, 3,0 кВт, 2,2 кВт; температура кипіння у двоступеневому циклі -30 ÷ -60 °С з кроком 10 °С, потужність випарника – 5,0 кВт, 3,3 кВт, 2,0 кВт, 1,6 кВт; охолоджуване середовище – пропіленгліколь концентрацією 45%, різниця температур між гліколем і хладоном 10 К.

В результаті розрахунків визначено загальну необхідну довжину теплообмінної труби для кожного з варіантів. Так максимальна довжина склала 24 м, а мінімальна 2 м. На базі отриманих даних розроблено конструктив теплообмінника з різною кількістю паралельних ходів. Для кожного конструктиву визначені гідравлічні втрати (рис. 1).

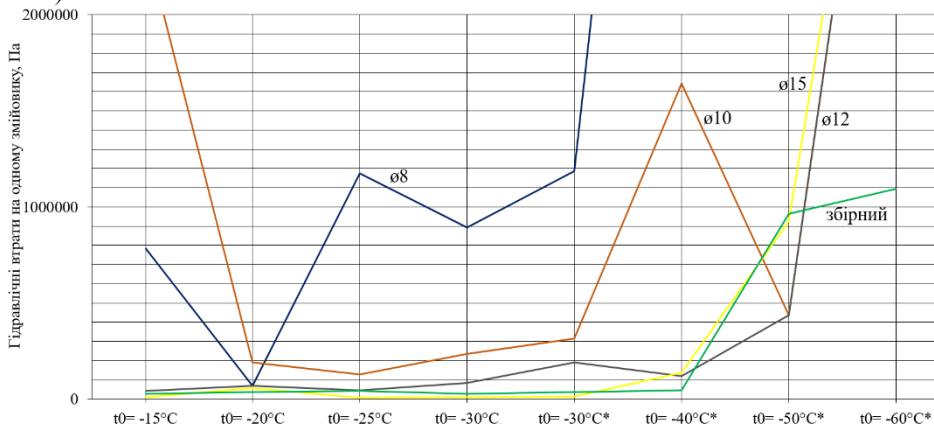


Рис. 1. Гідравлічні втрати у змієвиках випарника

**Висновки.** Для розробки універсальних теплообмінників які б працювали у широкому діапазоні температур кипіння та із значним коливанням теплової потужності, доцільно використовувати змієвики зі зміним діаметром трубопроводу.

## Кризові режими теплообміну в стікаючих насичених плівках цукрових розчинів під дією пульсацій, викликаних поверхневими хвилями

Андрій Цьось, Алекс Мартиросян, Валентин Петренко  
Національний університет харчових технологій

**Вступ.** Плівкові випарні апарати останніх корпусів багатокорпусних випарних установок цукрових заводів в разі порушення ритмічності виробництва періодично потрапляють в режим експлуатації зі зниженою витратою сиропу, що зумовлює його переконацентрування та спричиняє кризу теплообміну.

**Матеріали і методи.** Експериментальні дані отримані на моделі плівкового випарного апарата з довжиною труби 9 м діаметром 33 x 1,5 мм із нержавіючої сталі в процесі концентрування густого цукрового сиропу під атмосферним тиском. [1].

**Результати і обговорення.** Фактором, що пригнічує тепловіддачу, є тонкий прошарок з надвисокою концентрацією на міжфазній поверхні в результаті випаровування, який не порушується за ламінарного режиму руху в'язкого розчину. Задача знаходження концентраційного поля  $C(x, y)$  має вигляд:

$$u \frac{\partial C(x, y)}{\partial x} = D_m \frac{\partial^2 C(x, y)}{\partial y^2},$$

де  $u$  – швидкість рідини в плівці;  $x, y$  – поздовжня та поперечна координати,  $D_m$  – коефіцієнт дифузії.

Температурний профіль здійснює періодичні коливання від початкового, сформованого в процесі перемішування під час проходження хвильового напливу, до кінцевого, який сформується на момент підходу наступного валу. У міжхвильову паузу температурне поле знайдено з рівняння конвективного теплообміну.

Результати моделювання циклічної, відповідно до частоти проходження великих хвиль, зміни теплового потоку по довжині труби довжиною 9 м на відрізьку 1 м (від 4 до 5 м) до плівки цукрового розчину високої концентрації в режимі випаровування з міжфазної поверхні наведено на рис.1.а, а осереднених розрахункових значень теплового потоку на ділянці від 4 до 9 м та порівняння з експериментальними даними, на рис.1.б.

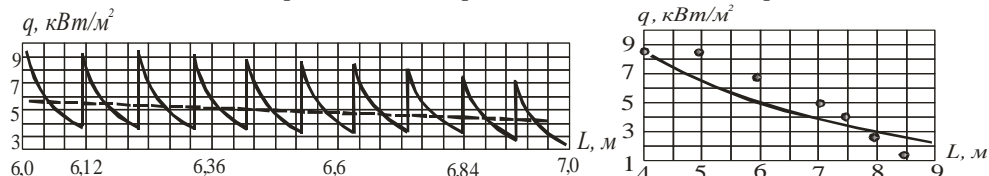


Рис.1. Розподілення теплового потоку до плівки цукрового розчину високої концентрації по довжині труби.

Вхідні параметри кільцевого двофазового потоку сформовані на відстані 4 м від входу: концентрація  $CP_n = 75,5 \%$   $\Gamma_v = 0,061 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $u_2 - 3,8 \text{ м/с}$ ,  $t_w = 115 \text{ }^\circ\text{C}$ , температура насичення  $t_{sat} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ , [1].

**Висновки.** Напливні вали, що рухаються по поверхні густої плівки, як переструктуровані елементи системи великих хвиль в довгих каналах, запобігають стрімкому падінню теплового потоку в нижній частині труби внаслідок циклічного порушення утвореного в межах міжфазної поверхні прошароку плівки з надвисокою концентрацією

**Література:** 1. Ардашев В.О. Исследование теплообмена при выпаривании гравитационно-стекающей пленки жидкости в вертикальных трубах. Дис. к.т.н. Киев. 1983. 186 с.

## **Особливості реконструкції газових та вугільних котлів ТЕЦ цукрових заводів при переведенні на спалювання пелетованого біопалива**

**Євген Мірошниченко, Ігор Вольчин**

*Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, Київ, Україна  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Проведено реконструкцію обладнання ТЕЦ Хоростківського цукрового заводу з метою переведення існуючих котлів на спалювання пелет біомаси. Внесено зміни до конструкції котла «Радіант» для підвищення його ККД брутто.

**Матеріали і методи.** Матеріалом для досліджень стало обладнання ТЕЦ Хоростківського підрозділу ТОВ «Радехівський цукор». Були використані стандартні методи вимірювання характеристик котла та нормативні методи розрахунку ККД брутто котла.

**Результати і обговорення.** За первинною проектною схемою паровий котел «Радіант» – вертикальний водотрубний, однобарабаний з природньою циркуляцією, виконаний у П-подібній компоновці з зрівноваженою тягою – розрахований на спалювання антрациту. Спосіб спалювання – у нерухомому шарі на механічній решітці прямого ходу. З середини 1970-х років ці котли переводились на спалювання природного газу з демонтажем механічних решіток і збільшенням паропроductивності з 20 до 24 т/год. Враховуючи високу ціну природного газу та практичну відсутність постачання антрациту було прийнято рішення перевести на спалювання основного палива – пелет лушпиння соняшнику, а резервного – львівсько-волинського газового вугілля.

Для спалювання антрациту доцільним є підігрівання повітря до 300-315°C для забезпечення умов його сталого займання на решітці. Для скорочення зони займання газового факелу теж застосовується підігріте повітря. При спалюванні пелет або газового вугілля на решітці прямого ходу підігрів повітря не рекомендований через умови запобігання налипанню шлаку на решітку, а також необхідності охолодження та захисту конструкцій котла від перегріву.

Крім того, підвищення температури повітря при подачі його під решітку призвело б до значного подорожчання обладнання решітки із застосуванням жаростійких металів.

Тому були прийняті та реалізовані такі технічні рішення :

- зменшення поверхні повітропідігрівника з 660 до 100 м<sup>2</sup>, а температури підігріву повітря – з 310 до 50-60°C;
- збільшення поверхні водяного економайзера з 260 до 610 м<sup>2</sup>;
- оснащення котла паровою обдувкою ширм, яка вмикається при збільшенні температури відхідних газів до 200 °C;
- встановлення високоефективного батарейного циклону з можливістю періодичного повернення уловленої золи на допалювання в паливню котла.

Це дозволило забезпечити номінальну паропроductивність котла при роботі на вугіллі, суміші вугілля та тріски або на пелетах лушпиння соняшнику зі 100% навантаженням. При цьому ККД брутто котла був не менше гірше 82% при роботі на всіх видах палива.

**Висновки.** Практична реалізація проекту відбулася у 2019 році. ТЕЦ у складі 4 котлів успішно працювала до завершення сезону в автоматичному режимі. За результатами пусконаладжувальних робіт отримано хороші техніко-економічні показники роботи котлів.

## Підвищення ККД парового котла Краматорської ТЕЦ при застосуванні каталізатора горіння

Віталій Мокрецький, Ігор Вольчин,

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

*Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, Київ, Україна*

**Вступ.** Були проведені досліді щодо застосування каталізатора горіння для підвищення ККД бруто котла № 9 Краматорської ТЕЦ, який працює на антрацитовому штибі (АШ)

**Методи досліджень.** Дослідження проводились на антрацитовому паровому котлі типу БКЗ-160-100 ПТ з вимірюваннями характеристик роботи котлоагрегату для визначення його ККД бруто методом зворотного балансу в режимах без подавання каталізатора горіння та з подаванням каталізатора горіння.

**Результати і обговорення.** Каталізатор горіння REDUXCO вигляді водяного розчину присадки подавався в повітряний канал первинного повітря. Позитивний вплив даного каталізатора горіння на роботу водогрійного котла описано в [1].

Застування каталізатора горіння дозволило підняти паропродуктивність котла з 135 до 137 т/год, при цьому виросла температура в льотці котла з 1557 до 1610 °С при роботі однієї пилосистеми та при роботі двох пилосистем до 1664 °С. Температура відхідних газів, надлишок повітря в газах практично не змінилися. Вміст горючих в золі виносу зменшився на 6%. В результаті ККД бруто котла виріс із 81,37 до 83,91 %. Режим роботи котла з подачею каталізатора фіксувався через одну та дві доби на тому самому режимі роботи. Протягом двох діб при подачі каталізатора зросла температура в паливній котла на ~ 80°С, температура в поворотній камері на ~ 110°С, температура гарячого повітря на ~ 30°С, температура води за водяним економайзером на ~ 20°С. Вміст горючих в легкій золі виносу зменшився на ~ 16% і відповідно на ~ 5,6% зменшились втрати з механічним недопалом.

При навантаженні котла 143 т/год, експлуатаційному режимі роботи і подачі в паливню котла каталізатора поетапно знижувалася витрата природного газу на підсвічування. Вихідний рівень підсвічування становив близько 1100 м<sup>3</sup>/год. Спочатку витрата природного газу на кожен з чотирьох підсвіточних пальників знижувалася прикриттям їхніх засувок. Після досягнення витрати природного газу на чотири підсвіточних пальники ~ 400 м<sup>3</sup>/ч було перекрито подачу газу на один із чотирьох працюючих пальників та після витримки часу було перекрито почергово подачу газу на кожен з наступних пальників. Котел без підсвічування проробив більше трьох годин. Температура в льотці не знижувалася нижче 1580°С. Горіння було сталим, без пульсацій у паливні. Коливання парового навантаження не перевищувало діапазону коливань при роботі з підсвічуванням.

**Висновок.** Використання каталізатора горіння REDUXCO забезпечило сталу роботу парового котла БКЗ-160-100 ПТ без підсвічення пилоугільного факела природним газом додавання при стабільному витоку шлаку та менших значеннях вмісту горючих у легкій золі, що сприяє зростанню ККД бруто котла.

### Література

1. Włodzimierz Przybylski, Marek Majcher, Leszek Borkowski, Aleksandra Jaroszek (2010), Impact of REDUXCO Catalyst Addition to Incineration Chamber on Effectiveness and Reliability of WR 15-N Boiler Work in Heating Plant in Strzelce Opolskie. *Rocznik Ochrona Środowiska*, Vol. 12, 947-954



## Верифікація та валідація в технологіях CFD-моделювання теплообміну в складних течіях

Олександр Потапський, Сергій Василенко, Роман Грищенко  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Наведений аналіз присвячено адаптації термінології, методології та технології процесів верифікації та валідації в обчислювальній механіці рідини (CFD) під час чисельного дослідження теплообміну в умовах течії рідини, відмінних від еталонних.

**Матеріали та методи.** методи дослідження операцій, системного аналізу, статистичного аналізу, обчислювальної фізики.

**Результати.** Підкреслюється міждисциплінарність підходів під час CFD-моделювання, що використовуються та розвиваються зусиллями фахівців різних галузей знань: дослідження операцій, системного аналізу, статистичного аналізу, обчислювальної фізики. Аналізуються особливості процедур верифікації програмного коду і чисельного рішення, процесів валідації моделі і чисельного рішення. Формулюються основні принципи верифікації, які полягають у виявленні та кількісній оцінці похибки комп'ютерної моделі і одержуваних з її допомогою чисельних рішень. Аналізується стратегія валідації, яка передбачає ієрархічне представлення складних взаємопов'язаних фізичних процесів, що протікають в системі, що моделюється. Наводяться методи планування і проведення валідаційних експериментів.

Верифікація визначає взаємозв'язок концептуальної і комп'ютерної моделей процесів гідродинаміки та теплообміну. Валідація, в свою чергу, визначає кореляцію між комп'ютерною моделлю і досліджуваним процесом теплообміну. Основні завдання верифікаційної і валідаційної діяльності - визначення ступеня достовірності моделей.

Стратегія верифікації полягає в ідентифікації та кількісній оцінці помилок розрахункової моделі. Для кількісної оцінки похибки чисельного рішення використовуються високоточні еталонні рішення ("бенчмарки"), які можуть бути як чисельними, так і аналітичними. При цьому не потрібно, щоб концептуальна модель якимось чином співвідносилася з реальним процесом, оскільки верифікація розглядає питання математичного аналізу і програмування, але не фізичної картини процесу.

В процесі валідації визначають, наскільки точно створена комп'ютерна модель відтворює фізичну дійсність з позиції її можливого застосування, за допомогою порівняння результатів обчислень з експериментальними даними. При цьому повинно бути виконано обов'язкова умова - обчислювальна модель має коректно відтворювати математичну модель, що відображає окремі сторони реального процесу. Тому, успіх валідації залежить як від точності чисельного рішення, так і точності експерименту.

**Висновки.** Під час CFD-моделювання теплообміну в складних системах особливу увагу необхідно приділити верифікації та валідації програмного коду та моделі, а також зміцненню взаємозв'язків між експериментальним дослідженням, моделюванням та вибором програмних кодів в розвитку технологій верифікації та валідації моделей теплообміну в механіці рідини.

## Експериментальне дослідження напівсухої амонійної десульфуризації

Влодзімеж Пшибильскі, Ігор Вольчин

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна  
Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, Київ, Україна

**Вступ.** Технологія напівсухої амонійної десульфуризації спрямована на ефективне очищення димових газів від діоксиду сірки з отриманням як субпродукту сухого порошку сульфату амонію, що мінеральним добривом [1].

**Методи досліджень.** Проведено експериментальне дослідження процесу напівсухого сіркоочищення з використанням як сорбенту амонійної води в лабораторному реакторі. Виконувалися вимірювання концентрації  $SO_2$ , витрат модельного газу, реагентів і води, температур газу перед реактором та в реакторі.

**Результати і обговорення.** Експериментальна установка дослідження процесу очищення димових газів від діоксиду сірки представляє собою вертикально розташований циліндричний реактор висотою 2600 мм, внутрішнім діаметром 320 мм. До вихідного патрубку реактора підключений димосос, який створює рух повітря через реактор в димову трубу. Швидкість повітря в реакторі регулюється зміною прохідного перетину каналу. Підігрів повітря здійснюється за допомогою електричної печі, яка представляє собою керамічну трубу, в якій розташовані нагрівники. Реактор і тракт подачі гарячого повітря зовні мають теплоізоляцію. Діоксид сірки подається в тракт повітря з балону після електропечі.

В ході дослідів витрата амонійної води була постійною і становила приблизно 20 мл/хв. Також постійною була витрата гарячого повітря. В ході експериментів змінювалася концентрація діоксиду сірки в модельному газі, що давало можливість міняти значення мольного відношення  $NH_3/SO_2$  від 1 до 2. Потрапляння крапель амонійної води в реактор при відношенні  $NH_3/SO_2$  до 2 призводить до різкого зниження концентрації діоксиду сірки на виході з реактора (коли вміст  $SO_2$  знизився з 1300 ppm до 250 ppm або більше ніж, на 80%). Зростання вмісту  $SO_2$  в модельному газі при постійній витраті амонійної води призводить до зниження ефективності абсорбції до 65 %. При відношенні  $NH_3/SO_2 > 2$  вміст діоксиду сірки не спостерігався.

Температура гарячого повітря ( $T_1$ ) на виході з печі практично не змінювалася протягом усього експерименту. Значення температур газів в середині реактора ( $T_2$ ) та в кінці реактора ( $T_3$ ) свідчать про те, що введення амонійної води вологи не призвело до суттєвого падіння температури в середині реактора і температури в кінці реактора протягом експерименту ( $\Delta T < 20$  °C). Також спостерігається постійність (інерційність) значень  $T_2$  і  $T_3$  в ході експериментів.

**Висновок.** Експериментально доведено наявність механізмів рідинно-фазного та газо-фазного реагування між амоніаком та діоксидом сірки, що дозволяє отримувати високу ефективність процесу при малих витратах технологічної води – більш, ніж втричі меншої, ніж для традиційної напівсухої вапняної десульфуризації. А вихідна температура димових газів буде більш ніж на 35 °C перевищувати водяну точку роси.

### Література

1. Volchyn Igor, Mezin Sergii, Yasynetskyi Andrii, Przybylski Wlodziemierz (2019). Features of semi-dry ammonium desulfurization. *Proceedings of the 2-nd International Scientific Conference «Chemical Technology and Engineering»*: June 24-28, 2019, Lviv: [Lviv Polytechnic National University](http://Lviv.Polytechnic.National.University), pp. 358-363. <https://doi.org/10.23939/cte2019.01.358>

## Моделювання теплоперенесення в теплообмінних каналах під час перехідного режиму течії рідини з використанням аналізу розмірностей

Олексій Альошин, Володимир Бондар, Роман Грищенко  
Національний університет харчових технологій

**Вступ.** Наведений аналіз присвячено розробленню методики аналізу результатів експериментального дослідження теплообміну під час перехідного режиму течії рідини з використанням принципу рухомої термодинамічної рівноваги Ле Шательє-Брауна.

**Матеріали та методи:** методи термодинамічного аналізу, теорії турбулентності, аналізу розмірностей.

**Ключові слова:** теплообмін, безрозмірнісні числа подібності, принцип Ле Шательє-Брауна.

**Результати:** На сьогодні розроблена значна кількість безрозмірних залежностей для розрахунку інтенсивності теплообміну за розвинених ламінарного та турбулентного режимів руху. В той же час, для перехідного від ламінарного до турбулентного режиму руху кількість рекомендацій вкрай обмежена, до того ж вони мають виключно емпіричний характер та практично не мають фізичного сенсу, а розрахунок за ними дає неоднозначні результати.

Розвиток турбулентних течій поділяють на три стадії: виникнення турбулентності, розвинена турбулентність, загасання.

В цих умовах видається достатньо фізично обґрунтованим застосування в перехідній області методу чергування (загасання) турбулентності, який базується на безпосередніх фізичних засадах, оскільки течію за перехідного режиму можна розглядати як область загасання турбулентності.

Відповідно, запропоновано застосувати принцип рухомої термодинамічної рівноваги Ле Шательє-Брауна у вигляді «рівняння загасання» для описання теплообміну в перехідній області течії (цінність цього принципу в тому, що він не вимагає знань про структуру та динаміку системи, та діє по відношенню до довільних її змінних характеристик, навіть допоки що невідомих).

Введемо поняття локального коефіцієнта чергованості турбулентного руху рідини в потоці рідини в каналі у вигляді рівняння

$$\zeta = \frac{Nu - Nu_{lam}}{Nu_{turb} - Nu_{lam}}$$

Застосувавши рівняння Ле Шательє-Брауна

$$\frac{dz}{d\left(\frac{Re}{Re_{кр}}\right)} = nz, \quad \partial e z = 1 - \zeta,$$

Отримаємо вираз для розрахунку теплообміну під час перехідного режиму течії

$$Nu = Nu_{lam} + (Nu_{turb} - Nu_{lam})\left(1 - \exp\left(-1,4\left(\frac{Re}{2300} - 1\right)\right)\right).$$

**Висновки:** На базі принципу Ле Шательє-Брауна отримана безрозмірна залежність для розрахунку інтенсивності теплообміну під час перехідного режиму течії рідини.

## Способи регулювання холодопродуктивності станцій з поршневыми компресорами

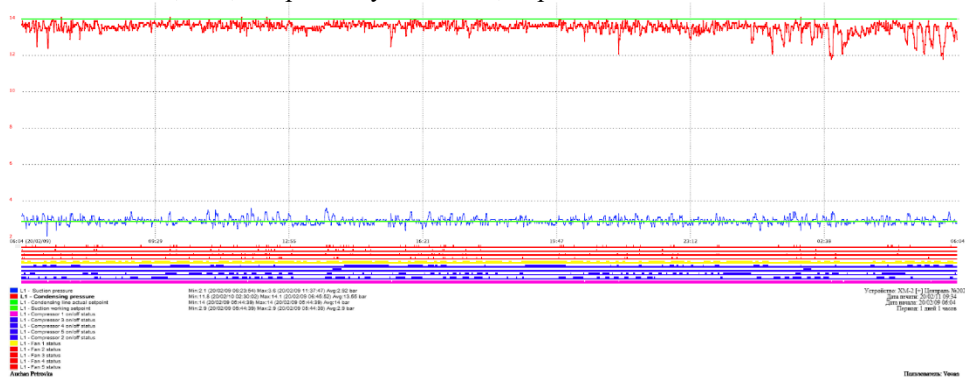
Андрій Пашко, Марія Мирошник, Олександр Давиденко,  
Володимир Павліченко, Олександр Рябчук

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна  
BMSERVICE, Київ, Україна

**Вступ.** Для забезпечення відповідності між необхідною і робочою холодопродуктивністю станцій потрібно передбачати комплекс заходів для регулювання їх продуктивності. Якщо холодильна станція має декілька компресорів, найпростішим способом регулювання є ступінчате вимикання компресорів. Однак головним недоліком такого підходу є виникнення значних коливань температури на стороні вторинного контуру, що негативно впливає на ефективність системи, особливо при нетривалих робочих періодах; «просідання» напруги при частих запусках, підвищене енергоспоживання станції. Для стабільної роботи обладнання ступінь зниження холодопродуктивності обмежена мінімальним робочим часом який задається системою управління холодильної установки.

**Матеріали та методи.** Дані для порівняння методів регулювання отримані на працюючих холодильних станціях, теоретичні матеріали - з профільних публікацій.

**Результати.** В даній роботі проведено аналіз енергоефективних схемних рішень регулювання продуктивності компресорних станцій на базі реального підприємства, за допомогою частотних перетворювачів та ЕС вентиляторів, а також новітніх IQ модулів. Виконавши економічні розрахунки, встановлено, що економія електроенергії при застосуванні ЧП становитиме – 14,84%, а термін окупності енергоефективних заходів -2,7 роки. Що стосується новітніх IQ модулів, економія електроенергії становитиме 20,16%, а термін окупності – 2,99 роки.



**Рис.1.** Графіки регулювання тиску кипіння та конденсації з використанням IQ-модуля на ведучому компресорі станції та ЕС-вентиляторів на конденсаторі

**Висновок.** Наведені теоретичні та практичні результати порівняння різних способів регулювання холодопродуктивності станцій з поршневыми компресорами. Практичне порівняння виконано на діючих холодильних станціях, де встановлено обладнання для регулювання. Надані результати можна використовувати при проектуванні холодильних станцій.

## Теплові насоси в системах теплохолодопостачання

Іван Ковтун, Марія Мирошник, Олександр Давиденко,  
Павло Субботенко, Олександр Рябчук

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна  
BMSERVICE, Київ, Україна

**Вступ.** В останні роки в багатьох країнах світу велика увага приділяється створенню та впровадженню теплових насосів, призначених для опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, сушки, дистиляції і т.п.. Масове виробництво та впровадження ТН в теперішній час здійснюється в США, Японії, Німеччині, Франції, Швеції, Данії, Австрії, Румунії, Канаді та інших країнах. В промисловості ТН в основному використовуються для процесів сушки, у випарних та дистиляційних установках, для взаємної передачі теплоти в технологічних процесах, для теплопостачання цехів промислових підприємств та для рекомпресії пари.

Перспективним напрямом використання ТН є включення їх в теплові схеми опалення та гарячого водопостачання гіпермаркетів та ТРЦ.

**Матеріали та методи.** Виконано аналіз існуючих схем теплохолодопостачання гіпермаркетів, проведено порівняння різних варіантів опалення приміщень. Розроблений проект теплового насоса для системи опалення та ГВП, що використовує теплоту парів холодоагенту.

**Результати.** Розроблений проект та виготовлений експериментальний зразок теплового насоса на 150 кВт теплової потужності.

Джерелом низькопотенційної теплоти, що використовує даний ТН є пари холодоагента, що дає змогу не лише обігрівати приміщення, а й зменшувати викиди тепла та шкідливих речовин в навколишнє середовище.

Вартість 150 кВт теплової енергії отриманої за допомогою ТН складає 68 грн; для порівняння при використанні газу – 130 грн, пелет – 114 грн, електроенергії – 340 грн.

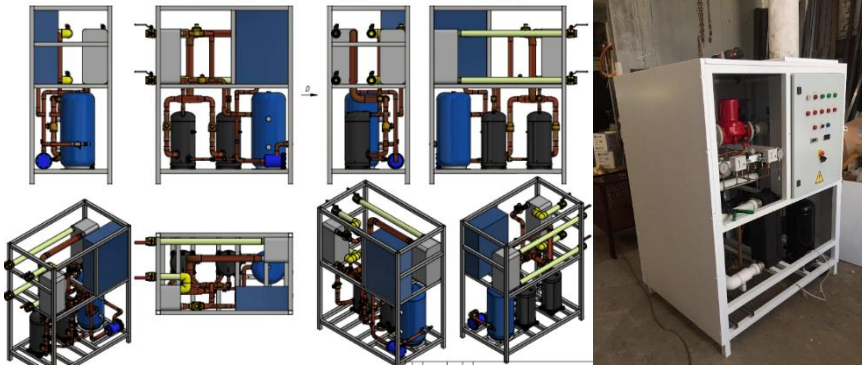


Рис.1. Проект та тепловий насос в зборі

**Висновок.** Даний тепловий насос можна використовувати для системи опалення та гарячого водопостачання продуктових гіпермаркетів та інших об'єктів, де використовується холодильне обладнання. При реалізації технічного рішення термін окупності проекту складає 2,5 роки.

## Поводження з твердими побутовими відходами в Україні

Данііл Степаніщев, Людмила Гапонич

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Проблема оптимального поводження з відходами є актуальною в усьому світі. Верховна Рада України та Європейський Парламент 16 вересня 2014 р. синхронно ратифікували Угоду в якій передбачено поступове наближення законодавства України до політики і законодавства ЄС у сфері охорони навколишнього середовища у 8 секторах, в тому числі у сфері управління відходами та ресурсами. Зобов'язання України в сфері управління відходами вимагають внесення змін у національне законодавство та докорінного змінення поводження з відходами, в тому числі з ТПВ.

**Результати.** Обсяги утворення ТПВ в Україні за останні роки сягають 10–12 млн т (50–60 млн м<sup>3</sup>) (див. табл. 1, дані Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України та Державної служби статистики України). Якщо у 2000 р. в Україні в середньому утворювалося 180 кг ТПВ на особу, то у 2017–2018 рр. цей показник перевищує 250 кг, це при тому, що тільки 77–78% населення України охоплено послугами з вивезення побутових відходів. Крім того, у 2017 р. було утворено 11,8 тис. т ТПВ 1–3 класів небезпечності, тільки 1,9 тис. т з них було видалено на спеціально облаштовані полігони.

Таблиця 1 – Поводження з твердими побутовими відходами в Україні в 2014–2018 рр.

Рік	Обсяги збирання		Пункти вторинно і сировини	Смітте-переробні підприємства	Ділянки компостування	Сміттєспалювальні заводи		Полігони	
	тис. т	кг/ос.				тис. т	тис. т	тис. т	%
2014	10748,0	250,0	142,3	73,0	0	149,5	1,4	10383,2	96,6
2015	11491,8	268,5	132,5	128,3	2,8	254,3	2,2	10973,9	96,6
2016	11562,6	271,0	126,6	143,8	1,6	256,7	2,2	11033,9	95,4
2017	11271,2	265,3	146,2	259,9	0,97	246,7	2,2	10615,1	94,2
2018	10679,3	253,7	146,5	260,1	1,6	208,1	1,9	10063,0	94,2

Майже 95% зібраних і не оброблених ТПВ (10–11 млн т) в Україні вивозять та складають на полігонах. Положеннями Директиви № 2008/98/ЄС про відходи та № 1999/31/ЄС про захоронення відходів, Законом України «Про відходи» забороняється захоронення необроблених побутових відходів. Станом на кінець 2018 р. в Україні налічувалося 6107 полігонів, з них 256 вже були перевантажені, а 984 не відповідали умовам безпеки. Загальна площа полігонів та звалищ складала 9172,4 га, площа полігонів, що не відповідає умовам безпеки – 1753,1 га. За даними Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року більше 99% функціонуючих полігонів не відповідають європейським вимогам – Директиві № 1999/31/ЄС про захоронення відходів. Відтак, «формально безпечних полігонів» в Україні близько 64,2%. Крім того, щороку утворюється понад 30 тис. несанкціонованих сміттєзвалищ. За даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, у 2017 р. утворилося 30184 таких сміттєзвалищ загальною площею 896,07 га. Орієнтовні обсяги вивезення ТПВ на несанкціоновані сміттєзвалища у 2017 р. досягли 19,1 млн м<sup>3</sup> (3626,4 тис. т).

**Висновки.** Стан сфери поводження з ТПВ в Україні не відповідає ні вимогам суспільства ні взяти на себе зобов'язанням України в рамках виконання Угоди асоціацію між Україною та ЄС.

## **Перспективи енергетичного використання твердих побутових відходів в Україні**

**Вадим Калита Людмила Гапонич**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** 28 березня 2019 р. президент України підписав Закон «Про Основні засади екологічної політики України на період до 2030 року». Закон передбачає зменшення обсягу захоронення відходів на полігонах у 2030 р. до 35%. Важливим етапом імплементації вимог директив ЄС у сфері поводження з відходами є розробка та схвалення розпорядженням Кабінету Міністрів України № 820-р 8 листопада 2017 р. Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року (далі Стратегія).

**Результати.** У 2018 р. у м. Києві було зібрано 1,35 млн т ТПВ, з яких на сміттєспалювальний завод «Енергія» було відправлено 205,4 тис. т, на сміттєпереробні підприємства – 47,1 тис. т, на заготівельні пункти вторинної сировини – 54,3 тис. т, на полігони та звалища майже 78% – 1,04 млн т. Для Києва за даними Державного підприємства Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства для 2011 р. середній морфологічний склад ТПВ наступний: картон та папір – 13,24%, харчові та садові відходи – 39,26%, пластмаса, ПЕТФ пляшки, полімерна плівка, ТетраПак упаковка – 10,23%, чорні та кольорові метали – 1,11%, деревина – 1,35%, текстиль та шкіра – 2,79%, скло – 13,01%, небезпечні відходи – 0,0067%, несортований горючий залишок – 14,68%, несортований негорючий мінеральний – 4,31%. Осереднений елементний склад киявських ТПВ:  $C^f = 18,54\%$ ,  $H^f = 2,62\%$ ,  $O^f = 16,06\%$ ,  $N^f = 0,50\%$ ,  $S^f = 0,13\%$ ,  $A^f = 23,12\%$ ,  $W^f = 39,04\%$ . Значення теплоти згоряння, отримане з розрахунку за формулою Менделєєва – 8,2 МДж/кг. Треба зазначити, що теплота згоряння ТПВ, утворених в м. Києві є високою, її значення наближається до значення теплоти згоряння ТПВ, утворених в європейських містах. При відборі вторинної сировини та відділенні від відходів мінеральних негорючих та органічних компонентів, здатних до біологічного розкладання, вологість відходів зменшується до 25%, а теплота згоряння збільшується до 9,5–10,0 МДж/кг. Такі фракції відходів придатні і для інсінерації, і для виготовлення з них RDF/SRF – енергетичного палива. При виборі технологій термічної переробки ТПВ та проектуванні нових сміттєспалювальних заводів треба враховувати, що теплота згоряння необроблених ТПВ, утворених в країнах ЄС, становить 6–16 МДж/кг [1], а в Україні – 4,5–8,2 МДж/кг.

Граничні викиди забруднюючих речовин у димових газах сміттєспалювальних заводів мають відповідати вимогам Директиви № 2010/75/ЄС про промислові викиди. Треба зазначити, що вимоги до викидів при інсінерації більш жорсткі порівняно з вимогами до ТЕС на вугіллі. Вимоги Директиви № 2010/75/ЄС є визначальними для вибору технологій спалювання ТПВ та обробки димових газів при проектуванні нових сміттєспалювальних заводів.

Основна тенденція в управлінні ТПВ в країнах ЄС полягає у їх комплексній переробці окремому збиранні, сортуванні, механіко-біологічній обробці, компостуванні/анаеробному зброджуванні фракцій ТПВ, що біологічно розкладаються, та виробництві RDF/SRF з фракцій ТПВ, що залишилися. Перевагою цього підходу є перетворення відходів на товарну продукцію, яка може накопичуватись, складуватись, транспортуватись, якісні характеристики якої можуть варіюватись.

**Висновок.** Виробництво та використання в енергетиці RDF/SRF здатне частково замінити дефіцитні в Україні органічні палива при виробництві електроенергії та теплоти з дотриманням вимог ЄС до питань управління відходами.

### **Література**

1. EU, "Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration," European Commission, Brussel. 2006. 602 p. URL: [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wt\\_bref\\_0806.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wt_bref_0806.pdf).

## Моделювання $Pr_t$ як складової CFD-аналізу теплообміну під час змішаноконвективної течії рідини

Сергій Фесюн, Роман Грищенко, Сергій Василенко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Найшвидший і найдоступніший підхід CFD-моделювання перенесення в турбулентних течіях Reynolds-Average-Navier-Stokes (RANS) вводить турбулентне число Прандтля для визначення співвідношення турбулентних потоків імпульсу та енергії. Відповідно, теоретичне вивчення механізмів перенесення енергії на базі моделей турбулентності, заснованих на концепції турбулентної в'язкості, тісно пов'язане з наявністю реалістичних моделей для турбулентного числа Прандтля.

**Матеріали та методи.** Методи термодинамічного аналізу та теорії конвективного теплообміну.

**Результати.** На кафедрі теплоенергетики та холодильної техніки НУХТ були проведені експериментальне та чисельне дослідження процесу теплообміну під час змішаної конвекції в умовах перехідного режиму води поблизу точки інверсії рідини.

Під час чисельного дослідження верифікували Standard k- $\epsilon$ , Standard k- $\omega$ , SST k- $\omega$  моделі турбулентності на базі комерційного програмного коду ANSYS CFX.

Для валідації результатів чисельного моделювання порівнювали розраховані під час CFD-моделювання та виміряні експериментально значення теплового потоку на поверхні теплообміну.

При цьому виникає проблема визначення невідомого значення турбулентного аналога числа Прандтля («турбулентного числа Прандтля»)  $Pr_t$ .

Моделльні коефіцієнти, прийняті в CFD-кодах «за замовчуванням», дозволяють отримати достатньо вірогідні результати з моделювання гідродинаміки, чого не можна сказати про значення турбулентного числа Прандтля, тому було прийняте рішення валідувати розроблену чисельну модель відносно  $Pr_t$ .

Розвиток турбулентних течій поділяють на три стадії: виникнення турбулентності, розвинена турбулентність, загасання.

Оскільки турбулентну течію поблизу твердої поверхні можна розглядати як область загасання турбулентності, запропоновано застосувати принцип рухомої термодинамічної рівноваги Ле Шательє-Брауна у вигляді «рівняння загасання» для моделювання  $Pr_t$  в пристінній області змішаноконвективної течії (цінність цього принципу в тому, що він не вимагає знань про структуру та динаміку системи, та діє по відношенню до довільних її змінних характеристик, навіть допоки що невідомих).

В результаті моделювання та валідації отримали вираз для турбулентного числа Прандтля

$$Pr_t = Pr_{t\delta} + (Pr_{t_{ст}} - Pr_{t\delta}) \exp(-C \frac{y}{\delta}).$$

де  $C = C_1 \Delta t^{C_2}$ ,  $Pr_{t_{ст}} = 2$ ;  $Pr_{t\delta} = 0.8$ .

**Висновки.** Із застосуванням принципу Ле Шательє-Брауна розроблена модель зміни турбулентного числа Прандтля в зоні затухання турбулентності поблизу твердої поверхні під час змішаноконвективної течії води поблизу точки інверсії густини.



## **21.2.**

### **Electricity industry**

**Chairperson – professor S.M. Baliuta**  
**Secretary – I. Ye. Isvolenskyi**

## **21.2.**

### **Електропостачання промислових підприємств**

**Голова – професор С.М. Балюта**  
**Секретар – старший викладач І.Є. Изволенський**

## Програми керуванням попитом (DSM) на електричну енергію

Петро Зінкевич, Сергій Балюта

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Зростання інтересу до питань підвищення енергетичної ефективності та енергозбереження в світовому співтоваристві є актуальним в наш час. Одним із сучасних і інноваційних напрямків підвищення енергетичної ефективності, є механізм керування попитом на електричну енергію Demand-Side Management (DSM).

**Матеріали і методи.** Метою даного дослідження є аналіз програм керування попитом на електричну енергію в системах електропостачання (СЕП)

**Результати.** Програми DSM були розроблені у 1970-х роках в США. Причиною прийняття такої програми стала енергетична криза, яка супроводжувалася наступними наслідками: подорожчання і дефіцит енергетичних ресурсів, в результаті чого зросла вартість електричної енергії, а також необхідність зменшення впливу підприємств енергетичної галузі на навколишнє середовище. Тому впровадження цих програм в Україні є актуальними. Це дасть змогу підвищити надійність СЕП та збільшити енергетичну ефективність.

В світовій практиці DSM розділяється на дві програми: енергоефективність (Energy efficiency) і управління попитом (Demand response).

1) Demand response визначається, як комплекс заходів, які націлені на зміну характеру електроспоживання кінцевих споживачів або на зміну вартості електроенергії протягом часу, або завдяки заохочувальних виплат («тарифного меню»), які розроблені для стимулювання споживачів до зниження пікового навантаження або в разі виникнення загрози функціонування енергосистеми.

2) energy efficiency – визначається як довгострокова стратегія збереження, яка спрямована на економію енергії та зменшення попиту за рахунок енергоефективних процесів.

DSM припускають залучення інвестицій, щоб підвищити енергоефективність, і політику з метою змусити споживача знизити власні потреби в електроенергії, засновані на фінансових стимулах. Ці програми мають відмінності між собою залежно від кількості клієнтів, що брали участь у програмі, характеру цільового типу навантаження (комерційного, промислового або житлового), доходу від кожної програми та рівня задоволеності клієнтів або реакції на подібні прикладні програми. Економічна ефективність концепції управління попитом, яка виступає в якості альтернативи будівництву нових енергетичних потужностей, обумовлена істотно нижчими витратами на енергозбереження в порівнянні з виробництвом додаткової електроенергії (від 2 до 10 раз), а також відносно малими термінами окупності інвестицій (1–3 роки).

**Висновки.** Отже, вразі впровадження програм DSM в Україні надасть змогу знизити навантаження на електричну мережу, що зменшить ймовірність аварій та відключень, тобто підвищить надійність СЕП.

## Аналіз втрат електроенергії

Дмитро Гірчук, Володимир Шестеренко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Втрати електроенергії на підприємствах можна розділити на технічні, комерційні та технологічні.

**Матеріали та методи.** Використовувались положення теорії автоматичного регулювання, фізичне та математичне моделювання процесів, методи багатокритеріального прийняття рішень.

**Результати.** Технічні втрати – це втрати в елементах системи електропостачання, що визначаються фізичними властивостями матеріалів. Оптимальний рівень цих втрат залежить від загального економічного розвитку країни. Комерційні втрати залежать, в основному, від класу точності приладів обліку електроенергії – лічильників.

Технологічні втрати залежать від рівня проектних, монтажних робіт та технологічної дисципліни експлуатаційного персоналу. Низький рівень проектних робіт призводить до суттєвих втрат, внаслідок помилок при виборі напруги мережі, конфігурації мережі, визначенні розрахункових потужностей, застосування засобів регулювання напруги, автоматичного вмикання резерву, регульованого електроприводу. Найбільші втрати мають місце при завищенні потужності двигунів електроприводу та відсутності їх регулювання. Суттєві втрати слід чекати при неякісному проектуванні освітлювальних мереж. Основні помилки – це відсутність автоматичного регулювання освітленості, недостатня кількість груп світильників або ж поділ на групи взагалі відсутній, світильники біля вікон не виділяються в окрему групу. До додаткових втрат призводить некваліфікований монтаж електрообладнання чи відсутність технологічної дисципліни виконання монтажних робіт. При цьому спрощується проект системи електропостачання з метою зниження трудозатрат, не завжди витримуються оптимальні проектні рішення, трифазні освітлювальні мережі монтуються як однофазні, а це призводить до несиметрії навантаження, миготіння люмінесцентних ламп і до підвищеної втомлюваності працівників. Суттєво зростають втрати в двигунах насосів, якщо водопровідна мережа виконана складної конфігурації, застосовувались труби меншого, ніж за проектом, діаметру, неякісно були виконані зварювальні роботи. Часто монтажні організації безпідставно змінюють тип світильників, їх потужність.

Відчутні втрати від неякісного ремонту електрообладнання, особливо електродвигунів. Асинхронні двигуни серії 4А неможливо якісно відремонтувати в умовах підприємства харчової промисловості. Після ремонту знижується коефіцієнт потужності. Значні втрати при низькому рівні експлуатації. Досить часто не вимикаються резервні технологічні агрегати. Трансформатори на ТП працюють з низьким коефіцієнтом завантаження при наявності можливості вимкнення їх. Окремі підрозділи підприємства не мають приладів обліку електроенергії, і в холодний період року помітна кількість електроенергії втрачається в саморобних пристроях для обігрівання. Разом з тим можна створити комфортні умови для працюючих при значно менших витратах електроенергії, застосувавши інфрачервоні обігрівачі.

**Висновки.** Результати даних досліджень можуть бути застосовані для всіх підприємств харчової промисловості.

## Innovative contact for circuit breaker and magnetic starter

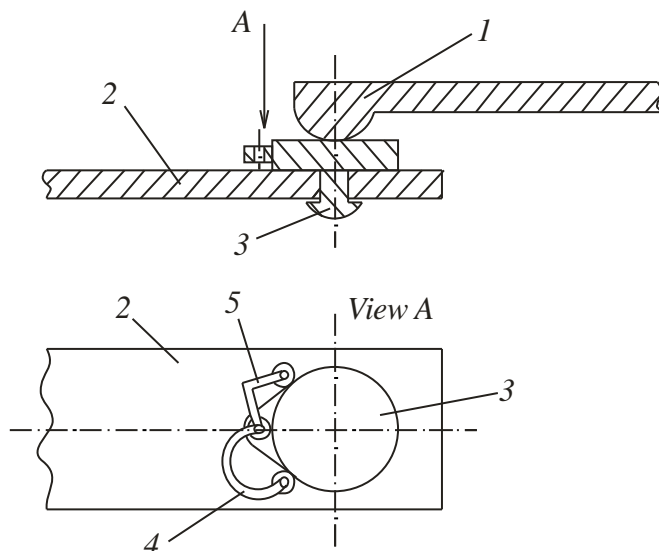
Volodymyr Romaniuk, Volodymyr Shesterenko  
*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Contacts that are based on materials with shape memory effect (SME) allow to exclude silver from the construction of electrical apparatuses.

**Materials and methods.** Physical and mathematical modeling of working processes of high current contacts that are made from SME material in contact system of an electrical apparatus was used.

**Results.** In switching equipment, both high voltage and up to 1 kV, one of the main elements is contact system. Contact surface consists of separate points through which an electrical current flows. During operation, contact surface is covered with a film of oxides, which increases contact resistance. This causes the temperature to rise. If this process is not stopped, contact may fail and power delivering will be interrupted.

The high current contact can have a contact pad 3 (fig.1) made of any type of conductive material (e.g. copper).



**Fig.1. High current contact.**

The pad is mounted on a fixed contact holder 2 in such a way that it can rotate around its axis. Contact heating causes a bent plate 4 that is made of SME material to straighten. While the plate is straightening, it is creating force up to  $600 \text{ N/mm}^2$ . The pad 3 rotates around its axis. This motion removes oxide films from contact surfaces. This motion also compresses a flat steel spring 5. The decrease in contact's temperature leads to loss of SME material its elastic properties, and the plate 4 becomes plastic. Under the action of the spring 5, the contact pad 3 returns to its original state, deforming the plate 4 to its original shape. This further cleans the contact surfaces.

**Conclusions.** The results of this research can be applied to optimize power systems.

### **Innovative relay contact**

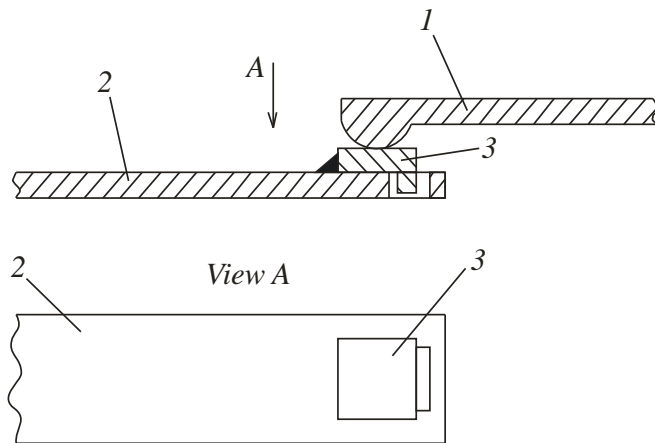
Volodymyr Romaniuk, Volodymyr Shesterenko  
*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Contacts that are based on materials with shape memory effect (SME) allow to exclude precious metals (silver, gold, platinum) from the construction of relays.

**Materials and methods.** Physical and mathematical modeling of SME materials' working processes in contact system of a relay was used.

**Results.** During operation, contact surface is covered with a film of oxides, which increases contact resistance. There are two methods to eliminate this film. The most widespread method today is the use of precious metals, such as gold, silver, platinum. On surface of these metals oxides occur much slower than on copper, and the oxides themselves have small mechanical strength. Another method is to remove the oxide film during contact operation (under voltage and current) by moving the contact's elements in space. This method can be implemented using materials with SME, such as aluminium bronze.

Fig.1 shows the design of a contact system consisting of a movable contact holder 1 and a fixed contact holder 2, to which a contact pad 3 of a heat-sensitive material (alloy with SME) is attached. One end of the contact pad 3 is rigidly fixed to the contact holder, and the other end is freely placed in an opening of the contact holder 2.



**Fig.1. Relay contact.**

Thus, when foreign films appear on the surface of the fixed contact or the contact pad, contact resistance of the contact system increases, its temperature rises and reaches the temperature of the martensitic transformation of the material with SME, which almost instantly "remembers" its initial shape. The pad restores its initial shape, which results in movement of the contact's surfaces and cleaning of the contacts. Contact resistance of the contact system decreases, its temperature decreases, the pad loses its elastic properties and returns to its original state under the action of the contact spring.

Boundaries within which the linear dimensions of the SME material change are 5...10% of the original dimensions. Such a contact can be recommended for an intermediate relay for currents up to 15 A.

**Conclusions.** The results of this research can be applied to optimize power systems.

## Аналіз математичних моделей, що характеризують вплив неякісної напруги на втрати електроенергії

Ірина Литвин, Володимир Шестеренко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Показаний вплив неякісної напруги на електромагнітні та технологічні втрати, що проявляється у зростанні втрат потужності та енергії, зменшенні терміну служби обладнання.

**Матеріали та методи.** Використовувались положення теорії автоматичного регулювання, фізичне та математичне моделювання процесів, методи багатокритеріального прийняття рішень.

**Результати обговорення.** Зниження якості електроенергії проявляється у зростанні втрат потужності та енергії, зменшення терміну служби обладнання, технологічних збитках, що включають в себе зменшення виробництва продукції, зниження якості продукції, випуску неякісної продукції. Технологічні збитки складають до 90...92% усіх збитків і, як правило, приховані в собівартості продукції. Енергетики замовчують це питання, технологи, як правило, не знають причини технологічних збитків. Показники якості електроенергії нормуються міждержавним стандартом ГОСТ 13109 – 97, який був введений в Україні 01. 01. 2000 р. Для характеристики якості напруги вводяться кілька показників, одним з найважливіших є відхилення напруги (за стандартом 13109 – 97 називається усталене відхилення напруги).

Відхилення напруги – це повільна плавна зміна напруги, зумовлена зміною навантаження. Норми показників якості електроенергії (ПЯЕ) поділяються на нормально допустимі та гранично допустимі. Нормальні значення мають витримуватися з ймовірністю 0,95, тобто протягом 95% часу доби ПЯЕ не повинні виходити за межі стандарту. Протягом решти часу (5%) норми можуть бути вищими. Нормально допустиме та гранично допустиме значення усталеного відхилення напруги в точках загального приєднання споживачів електроенергії до електричних мереж напругою 0,38 кВ та вище дорівнює відповідно  $\pm 5$  та  $\pm 10\%$  номінальної напруги електричної мережі. Технологічна складова збитків зумовлена впливом якості напруги на продуктивність технологічних установок та на собівартість продукції.

Моделі збитків від неякісної напруги

$$Y = \sum_{c=1}^n d \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_1+T} (V)^2 P(t) dt ,$$

де  $P(t)$  - миттєве значення активної потужності ;

$d$  - коефіцієнт, що враховує вид навантаження;

$V$  – відхилення напруги.

Якщо використати середнє значення активної потужності, то модель

$$Y = \sum_{c=1}^n d P_{cp} \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_1+T} (V)^2 P(t) dt$$

**Висновки.** Результати даних досліджень можуть бути застосовані для всіх підприємств харчової промисловості.

## Застосування пристроїв МРЗС-05 для управління, сигналізації та захисту суміщених тягово-понижуючих підстанцій Київського метрополітену

Максим Тарасенко, Юлія Куєвда

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Сьогодення вимагає більш універсальних технічних рішень, тому дослідження цифрового пристрою релейного захисту, управління та сигналізації МРЗС-05 з метою його застосування для заміни аналогового обладнання на тягово-понижуючих станціях Київського метрополітену є актуальною задачею.

**Методи досліджень.** Дослідження проводилось на основі МРЗС-05 (рис. 1) з використанням мікропроцесорних пристроїв та програмного забезпечення шляхом завантаження програми спрацювання захисту на досліджуваний пристрій.

**Результати обговорення.** Мета дослідження полягає у тестуванні режимів роботи цифрового реле (ЦР). Розглянемо загальну структуру однопроцесорного ЦР МП РЗА, що складається з лінійного перетворювача, обчислювального блоку, блоку дискретних входів і виходів, блоку індикації і блоку живлення (рис. 2)



Рис.1. Загальний вигляд пристрою

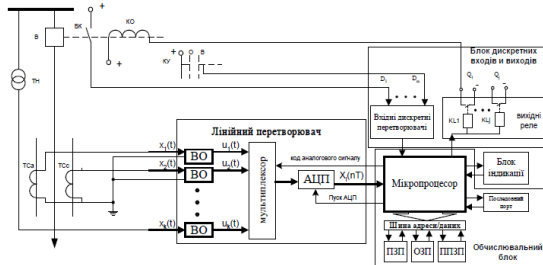


Рис.2. Загальна структура однопроцесорного цифрового реле МП РЗА

На входи подаються послідовності  $k$  аналогових сигналів  $x(t)$ , і  $m$  дискретних сигналів  $D_i$ . Аналогові сигнали подаються в діапазоні  $(0-40)I_n$  та  $(0-1.2)U_n$ . Задачею лінійного перетворювача є перетворення цих аналогових сигналів у сигнали з рівнем, придатним для АЦП і одержання на виході АЦП з кроком дискретизації  $T$  послідовності  $n$  дискретних сигналів  $X(n)$ , де  $n$  – кількість вибірок за період промислової частоти. Обчислювальний блок опрацьовує отримані сигнали, реалізує алгоритми захисту й автоматики, опрацьовує дискретні сигнали  $D_i$ , що надходять із блока дискретних входів і виходів, видає і приймає інформацію з блока індикації, формує управляючі дії  $Q_i$  на блок входів і виходів, а також підтримує зв'язок із вищими ієрархічним рівнем через послідовний порт.

**Висновок.** Використання цифрових реле є більш доцільнішим, оскільки вони універсальні за своєю функціональністю, також можуть вимірювати електричні величини більш точно. Але треба зазначити, що такі системи також мають недоліки: їх ціна і вузький профіль спеціалістів для обслуговування.

## Особливості застосування приладів з підтримкою протоколу RS485 для контролю та управління системою «розумний будинок»

Дідківський Олександр, Юлія Куєвда

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Робота присвячена питанню енергозбереження в смарт-квартирі жилого будинку шляхом побудови автоматичної системи керування із застосуванням програмованого логічного контролера з підтримкою протоколу RS485.

**Методи досліджень.** В дослідженні використано метод комп'ютерного структурно-функціонального моделювання. Розроблено автоматичну систему керування освітленням у кімнаті, за допомогою якої в присутності людей у ній автоматично вмикається світло, а при виході з неї останньої людини – вимикається.

**Результати і обговорення.** Для реалізації системи було використано інфрачервоні дискретні датчики руху (PIR Sensor) HC-SR501 [1], які встановлено на вході у кімнату на відстані до одного метра один від одного (Рис. 1). Один розміщено зовні, другий

всередині кімнати. Завдання датчиків – це спрацювання при попаданні людини в зону їх дії.

Алгоритм роботи системи наступний. Коли спрацьовує спочатку зовнішній датчик руху, а потім внутрішній датчик, то це означає, що людина зайшла у кімнату, а якщо навпаки – що людина вийшла з неї. Якщо людина зайшла – увімкнути світло, якщо вийшла остання – вимкнути, тобто поки у кімнаті залишається хоча б одна людина, світло повинно бути увімкнено. З цією метою, якщо у приміщенні декілька людей,

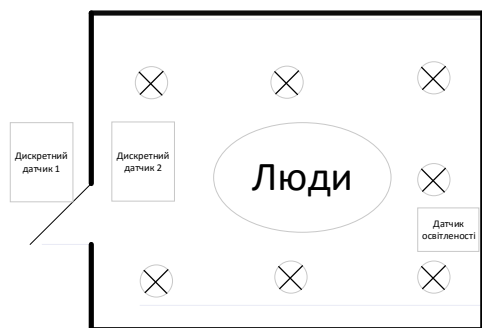


Рис.1. Схема розміщення датчиків у кімнаті

систему запрограмовано так, щоб при виході людини з кімнати, світло автоматично не вимикалося, для цього в системі передбачено ведення підрахунку кількості людей у кімнаті.

Також було встановлено датчик освітленості SOU-1, для автоматичного керування вмиканням світла в залежності від рівня навколишньої освітленості.

Для створення автоматичної системи управління освітленням використаний контролер ПЛК 150 фірми ОВЕН. Це моноблочний контролер з дискретними і аналоговими входами/виходами на борту для автоматизації малих систем. ПЛК150 оснащений 6 дискретними і 4 універсальними аналоговими входами, 4 релейними і 2 аналоговими виходами та має інтерфейси Ethernet, RS-232 і RS-485.

**Висновок.** Використання розробленої автоматичної системи керування освітленням дозволяє зменшити час використання світла, що у свою чергу збільшить енергозаощадження у квартирі.



## Узагальнений показник якості електричної енергії

Дмитро Каземіров, Юрій Тугай

Національний університет харчових технологій, Київ

**Вступ.** У роботі представлені результати досліджень по формуванню узагальненого показника, який дозволяє оцінювати якість електроенергії (ЯЕ) за декількома критеріями спотворень напруги в системі електропостачання (СЕП).

**Матеріали і методи.** Традиційно ЯЕ визначається сукупністю її показників, при яких споживачі можуть нормально працювати та виконувати закладені в них функції. Загальноприйнятим є нормування окремих показників ЯЕ шляхом використання стандартів. Пропонується узагальнений показник ЯЕ, створений з використанням методу векторної оптимізації та нечіткої логіки.

**Результати і обговорення.** Використавши під час векторної оптимізації критерій мінімізації збитків в СЕП, було отримано вираз для узагальненого показника ЯЕ з метою оцінки одночасних спотворень режиму від несиметрії та несинусоїдальності:

$$K_c^y = \sqrt{0,250K_{2U}^2 + 0,224 \sum_{n=2}^{\infty} K_{U(n)}^2 / (n\sqrt{n})},$$

де  $K_{2U}$  – коефіцієнт несиметрії напруги за зворотною послідовністю;  $K_{U(n)}$  – коефіцієнт  $n$ -го гармонійного складової. Бачимо, що при сумісній дії двох спотворюючих факторів необхідне їх більш жорстке обмеження у порівнянні з нормами, які використовуються окремо.

Взагалі при традиційному застосуванні стандартів задача оцінки ЯЕ спрощується до бінарного логічного висновку. Тобто можна зробити висновок про відповідність або не відповідність ЯЕ встановленим нормам, але не має можливості визначити, в якій мірі показники ЯЕ відповідають цим нормам. Це істотно знижує інформативність оцінки ЯЕ і не дозволяє в повній мірі відстежити динаміку зміни ЯЕ в процесі оптимізації. Зазначені питання можна зняти, застосувавши нечіткий підхід при оцінці ЯЕ.

При нечіткому підході ступінь відповідності нечітких значень ЯЕ нечітким нормам ЯЕ можна оцінити по їх перетину.

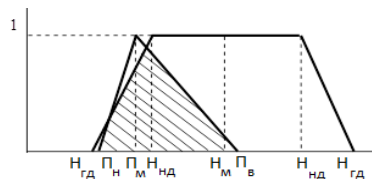


Рисунок Нечітке нормування узагальненого показника ЯЕ

На рисунку:  $H_{ГД}$ ,  $H_{НД}$ ,  $H_{М}$  – значення норм ЯЕ, а  $P_{Н}$ ,  $P_{В}$ ,  $P_{М}$  – значення показника ЯЕ відповідно: гранично допустимі, нормально допустимі, модальне. **Висновки.** Запропонований узагальнений показник ЯЕ більш жорстко обмежує рівень завод в СЕП, порівняно зі стандартом, а тому зменшує збитки у споживачів. Застосування нечіткої логіки дає можливість визначити ступінь виконання норм.

## Використання статистичних методів для оцінки надійності електропостачання

Микола Карплюк, Юрій Тугай

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** У роботі представлені результати реалізації нового підходу до обчислення показників надійності системи електропостачання (СЕП), що ґрунтується на імітаційному моделюванні за допомогою методу Монте-Карло.

**Матеріали і методи.** Традиційні аналітичні методи оцінки надійності СЕП використовують безперервні марковські процеси у вигляді системи математичних моделей, які дозволяють оцінити показники надійності за допомогою розв'язку математичних рівнянь. Але для багатоеlementних СЕП використання таких моделей є занадто трудомісткою операцією. Пропонується вирішувати проблему застосуванням стохастичної моделі, що реалізує метод Монте-Карло.

**Результати і обговорення.** Одним з домінуючих критеріїв якості послуг при постачанні електроенергії є безперебійність. Мірою цього є кількість і тривалість перерв споживання електроенергії, забезпечення яких на заданому рівні є одним із основних завдань при проектуванні відповідальних об'єктів харчової промисловості. Аналіз структурної надійності СЕП зазвичай здійснюється за допомогою оцінки показників: інтенсивності відмов та середнього часу відновлення. Взагалі кожен елемент СЕП може перебувати протягом періоду спостереження в двох станах:

- в справному – характеризується часом напрацювання між відмовами, в якому елемент працює безвідмовно протягом певного часу;
- в несправному – характеризується часом відновлення, в якому елемент відмовивабо був відключений на період технічного обслуговування чи ремонту.

Ці параметри є випадковими величинами, які мають різну щільність ймовірності розподілу і ін. Для обчислення інтенсивності відмов і середнього часу відновлення елемента системи була розроблена програма, що реалізує алгоритм методу статичного моделювання Монте-Карло [1,2]. В таблиці наведено результати оцінювання надійності СЕП, які отримані аналітичним та стохастичним методами.

Показник надійності	Аналітичний метод	Метод Монте-Карло	Похибка
Інтенсивність відмов, рік <sup>-1</sup>	0,315	0,2966	-5,8%
Середній час відновлення, год.	4,0952	4,3195	+5,5%
Середній час безвідмовної роботи, год.	3,175	3,372	+6,2%
Ймовірність відмов	0,27	0,26	-3,7%

**Висновки.** Запропонована стохастична модель на відміну від традиційних аналітичних дозволяє ефективно оцінювати надійність багатоеlementних СЕП практично без втрат в точності аналізу.

## **Аналіз безпеки постачання електроенергії в умовах лібералізації ринку електричної енергії**

Вячеслав Юпатов

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Енергетична галузь України має низку проблем, наявність яких негативно позначається на безпеці постачання електричної енергії, а саме спроможності електроенергетичної галузі забезпечувати потреби споживачів в електричній енергії відповідно до вимог Закону «Про ринок електричної енергії» зараз може суттєво ускладнити подальший розвиток вітчизняної енергетики. Перш за все мова йде про дуже великий відсоток фізично зношених генеруючих потужностей в енергосистемі, несприятливу їх структуру, нерівномірне електричне навантаження, недостатня пропускна здатність електричних мереж тощо.

**Завдання і задачі аналізу.** Завданням даного аналізу є удосконалення і подальший розвиток методів оцінки безпеки постачання електроенергії в умовах лібералізації ринку електричної енергії, спрямоване на підвищення ефективності функціонування енергетичної галузі.

**Постановка і вирішення наукових задач.** Оцінка безпеки постачання електроенергії базується на проведенні відповідного моніторингу, на базі якого реалізуються: аналіз балансу попиту та пропозиції на ринку електричної енергії; визначення (прогнозування) рівня очікуваного попиту на електричну енергію та передбачення додаткових генеруючих потужностей, запланованих або, які будуються; проведення оцінки якості та рівня технічного обслуговування електричних мереж; розробка заходів (у тому числі превентивних) щодо покриття максимального навантаження та недопущення дефіциту генеруючих потужностей.

Важливою науковою задачею є оцінка ризику порушення безпеки постачання електроенергії, як можливості втрати здатності підтримувати операційну безпеку мережі за рахунок наявних ресурсів і використання існуючих ринкових механізмів, що може привести до обмежень постачання електроенергії споживачам або порушення характеристик якості електропостачання.

**Об'єкт дослідження.** Процеси (у тому числі превентивні заходи) забезпечення безпеки постачання електроенергії.

**Предмет дослідження.** Методи оцінювання рівня ризику для створення ефективної системи моніторингу безпеки постачання електроенергії в Україні.

**Методи дослідження.** Методологічну основу наукового дослідження складають такі методи: системних досліджень в енергетиці; теорії оцінки ризиків і управління ними, а також методи і моделі нечіткої логіки для модулювання процесів з забезпечення безпеки постачання електричної енергії.

**Висновки.** Аналіз безпеки постачання електричної енергії є одним з найважливіших етапів оцінки ефективності функціонування ринку електричної енергії, впливу на довкілля та споживачів, а також забезпечення належно співпраці ОЕС України з Енергетичним Співтовариством.

## Підвищення енергоефективності об'єкта з побудовою системи енергоменеджменту

Юськевич Тарас, Куєвда Валерій

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Енергоефективність означає раціональне використання енергетичних ресурсів, досягнення економічно доцільної ефективності використання існуючих паливно-енергетичних ресурсів при дійсному рівні розвитку техніки та технології та дотриманні вимог до навколишнього середовища. Для населення – це значне скорочення комунальних витрат, для країни – економія ресурсів, підвищення продуктивності промисловості і конкурентоспроможності, для екології – обмеження викидів парникових газів в атмосферу, для енергетичних компаній – зниження витрат на паливо і необґрунтованих витрат на будівництво.

**Мета роботи.** Висвітлення питань, що стосується інноваційних технологій енергоефективності, шляхи фінансування галузі.

Світова енергетика знаходиться в процесі масштабних змін – відбувається більш інтенсивне впровадження основних технологій поновлюваної енергетики в умовах відповідного зниження їх вартості; зростає випереджаюча роль електроенергії в енергоспоживанні порівняно з нафтопродуктами по всьому світу; простежуються зміни у світовій економічній та енергетичній політиці, обумовлені інтенсивним розвитком економіки Китаю та виходом на світовий ринок зростаючого обсягу видобутку сланцевого газу та нафти в США. Підвищення енергоефективності знизить потребу в зростанні видобутку та виробництві енергії – без підвищення енергоефективності обсяги кінцевого споживання мали би зрости більш ніж удвічі. У світовій енергетичній сфері одним із фундаментальних факторів формування попиту на енергоресурси є – зростання валового внутрішнього продукту (ВВП) та зниження його енергоємності за рахунок підвищення енергоефективності та зміни структури палива, а також скорочення розриву в енергоємності економік між країнами. За висновками WEO-2017 «поновлювані джерела та енергоефективність – ключові механізми для просування переходу до низьковуглецевого шляху розвитку і скорочення викидів забруднюючих речовин». Для отримання економічно ефективних результатів відмічена надзвичайна важливість гармонізації політики з ринковими підходами.

**Висновок.** На сьогодні ефективно використання енергоресурсів є найбільш важливим і економічно доцільним, але в той же час, найменш використовуваним і найменш зрозумілим способом підвищення як рівня життя кожного, так і життя в умовах збереження довкілля. Погано дослідженими і задіяними принципами енергоефективності є в напрямі підвищення прибутковості підприємств.

## **Переваги танедоліки використання ВІМ при проектуванні мереж електропостачання**

Яцевич Катерина

*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Проблема інноваційного підходу на всіх етапах життєвого циклу, в тому числі і в проектуванні, представляється вкрай важливою для всього будівельного комплексу. По всьому світу йде поступове впровадження ВІМ (Building Information Modeling) в хід розробки проєктів.

**Мета роботи:** аналіз переваг і недоліків ВІМ моделювання при проектуванні інженерних систем будівель, зокрема – електропостачання, електроосвітлення та слабкострумових систем.

**Матеріали та результати дослідження.** Інформаційне моделювання будівель (ВІМ)—це процес створення і роботи з їх інтелектуальними 3D-моделями, що передбачає спільну роботу усієї команди в спільному проєкті та обмін даними у реальному часі. За допомогою цієї технології фахівці з проектування інженерних систем, архітектурних елементів і будівельних конструкцій можуть ще ефективніше планувати, проектувати, будувати і експлуатувати будівлі та об'єкти інфраструктури.

Програмним продуктом, який дозволяє найбільш повно реалізувати засади ВІМ Revit, який об'єднує в рамках єдиного комплексного рішення інструменти для проектування інженерних систем будівель, зокрема електропостачання, електроосвітлення, електроосвітлення слабкострумових систем, будівельних конструкцій і архітектурного проектування.

Розглянемо основні переваги робіт Revit при проектуванні систем електропостачання:

1. *спільна робота*—дана технологія дозволяє усім учасникам колективу здійснювати одночасний доступ до моделі будівлі;

2. *3D-візуалізація* – виконання візуалізації дозволяє розглянути і вибрати оптимальні проєктні рішення і найкращим чином представити проєкт замовнику та різним підтверджуючим органам;

3. *управління змінами* – централізоване зберігання всіх даних в ВІМ-моделі призводить до миттєвого відображення будь-яких змін у всіх її формах, що дозволяє знизити проєктні затрати і запобігати помилкам;

4. *ВІМ-технології* дозволяють виконати точну побудову інженерних систем будівлі;

5. *здійснюється* швидший і простий процес підбору необхідного обладнання;

6. *специфікації*–Revit дозволяє формувати специфікації автоматично;

7. *відомість матеріалів*. Відомість матеріалів дозволяє детально розраховувати кількісні показники;

8. проектування виконується в тривимірному просторі з урахуванням часу (4D) та коштів (5D).

На ряду з перевагами ВІМ моделювання має ряд недоліків, основними з яких є висока вартість ПО і навчання.

**Висновки.** Проаналізувавши переваги і недоліки, можна з упевненістю казати про раціональність переходу на ВІМ-моделювання. Саме ця технологія дозволяє врахувати всі особливості проєкту та побажання Замовника, реалізувати комплексний підхід до проектування, досягти оптимального співвідношення між вкладеними ресурсами і результатом.

**Формування системи показників діяльності підприємств харчової  
промисловості України для оцінки ефективності роботи їх енергетичного  
обладнання**

Я.Д. Онищенко

*Національний університет харчових технологій*

А.І. Замулко

*Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського*

В умовах економічної та енергетичної кризи найважливішим напрямком виходу харчової промисловості України з кризового стану є впровадження в практику виробництва продуктів харчування економічного механізму енергозбереження.

Харчова промисловість України характеризується складною структурою, яка об'єднує понад 20 підгалузей, які виробляють продукти харчування, напої та тютюнові вироби. Кожна з даних підгалузей характеризується своїми унікальними, відмінними від інших, процесами, технологіями виробництва. У зв'язку з цим, для формування системи показників діяльності харчових підприємств України, слід розглядати на два базових рівня: для галузі в цілому та для окремих підгалузей які мають відмінні технології виробництва. Для формування системи показників на базовому рівні оцінювання досліджуваного процесу виробництва слід використовувати наступні класифікаційні ознаки: рівень значущості, ступінь впливу на результати діяльності, ступінь диференціації; форма інформаційного забезпечення, можливість вимірювання, форма виразу показників.

За для визначення оцінки потенціалу енергозбереження та ефективності його використання на підприємствах харчової промисловості України можливо використати метод порівняльної комплексної рейтингової оцінки для наступної групи показників:

- техніко-технічні показники (завантаженість, режими роботи та технічний стан електроприводу);
- показники ефективного управління енергозбереженням на підприємстві (зменшення втрат паливно-енергетичних ресурсів);
- зацікавленість персоналу в енергозбереженні (фінансова стимуляція персоналу);
- фінансова забезпеченість підприємства;
- ступінь впливу на оточуюче середовище.

Даний комплекс показників сформований на загальному рівні функціонування підприємства харчової промисловості України.

Однак, існує гостра потреба у переході від загального рівня оцінки функціонування підприємств харчової промисловості до параметрів що характеризують конкретні виробничі процеси. При цьому мають бути використані відповідні параметрів технологічних ліній.

Вирішення задачі, щодо формування системи показників у розрізі технологічних процесів вимагає залучення великої кількості фахівців (експертів) з особливостей динних технологічних процесів. Опрацювання результатів роботи експертів може бути здійснене за допомогою різноманітних математичних апаратів. Кожен з показників (критеріїв оцінки) має бути розглянутий, з точки зору значущості для процесу, а також з формована певна шкала оцінки (лінгвістична або числова). Крім того може бути запропоновано порівняння математичних шкал для подальшого використання метода експертної оцінки.

Зарезультатами роботи досліджень п'ять груп показників можуть стати базою для формування задач оцінювання на базовому рівні галузі.

## Огляд та аналіз можливостей напівпровідникових панелей СЕС

Олександр Дерево, Ігор Изволенський, Дмитро Семко  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Все частіше загострюється питання пошуку та використання відновлювальних джерел енергії: геотермальної, вітрової, сонячної. Перевагою використання цих джерел є те, що вони майже не завдають шкоди довкіллю. Основним недоліком застосування відновлювальних технологій є їх низький к.к.д. Для всіх видів перетворювачів означених джерел к.к.д. складає від 10 до 24 відсотків. Але з врахуванням того, що вихідний матеріал для функціонування їх роботи є вельми дешевим (безкоштовним) навіть такі цифри мають чималий інтерес.

**Матеріали і методи.** Проведено дослідження характеристик матеріалів, що застосовуються для виготовлення світлосприймальних панелей сонячних електростанцій (СЕС). Розглянуто можливості та перспективи використання різновидів фоточутливих панелей, недоліки та переваги їх впровадження.

**Результати.** Визначено основні матеріали в яких виникає фотоелектричний ефект, розглянуто можливості їх використання в якості чутливих елементів сонячних батарей. Зібрано дані, що до типорозмірів і вартості серійно виготовлених зразків. Наведено схеми з'єднання елементів батарей. Приведено графіки зміни вартості сонячних батарей за останні роки.

Надано рекомендації, що до технічної експлуатації панелей, залежності їх характеристик від кліматичних умов та терміну використання. З аналізу літературних джерел зроблено висновок що на якість енергетичних характеристик світлових панелей найбільший вплив мають освітленість панелей і кут розташування відносно осі падіння сонячних променів. Одним з основних параметрів, що впливає на к.к.д. усіх типів сонячних панелей є інтервал робочих температур. При підвищенні температури на 1°C від паспортного номіналу загальна потужність панелей падає на 0,2 – 0,35 %.

Виділено переваги використання відновлювальних джерел, які є практично невичерпними, не забруднюють навколишнього середовища, значно скорочують витрати традиційних видів енергоносіїв, а за їх відсутності стають чи не основним засобом тепло- чи електропостачання.

### Висновки.

1. Серед кремнієвих панелей найбільший ККД мають монокристалічні - 18-22%. Дешевші полікристалічні батареї перетворюють енергію з ефективністю 15-18%. Якщо небо повністю затягнуто перед дощем, генерація знижується на 95% та більше.

2. На виробіток впливає температура навколишнього середовища. Найкомфорнішою для модулів є температура до 25°C. Особливої різниці у показниках виробітку у похмуру погоду між кристалічними модулями нема.

3. Монокристалічні батареї завдяки більшому ККД видають трохи більше електроенергії. Але і це тільки у тих випадках, коли хмарність незначна.

**Приклад.** Сонячна електростанція 30 кВт при найсприятливіших умовах в рік виробляє 36-38 тис. кВт-год. Таким чином, дохід від її експлуатації без урахування власного споживання становить \$ 5380. Вартість установки такої потужності - від \$ 18000 - 20000. Тобто вона окупиться за три з половиною чотири роки.

### Література.

- <https://naukatehnika.com/zapusk-solnechnoj-elektrostanicii.html> naukatehnika.com
- <http://www.ecology.md/section.php?section=tech>
- <https://eco-tech.com.ua/a406334-yaki-sonyachni-paneli.html>

## Аналіз модельного ряду акумуляторів для СЕС

Федір Абрамов, Ігор Изволенський, Дмитро Семко  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Впровадження у побут сонячних електростанцій викликало додаткові проблеми, пов'язані з обслуговуванням виробленої електроенергії з метою отримання максимальної користі у приватному господарстві, а також отримання фінансового зиску від продажу надлишків електроенергії державі. Виробник має забезпечити стабільність параметрів електрики що виробляється і продається. Задача ускладнюється тим, що сонячне випромінювання (інсоляція) нерівномірне як протягом доби так і пори року. Поліпшити становище можна використовуючи проміжні накопичувачі електроенергії – акумулятори.

**Результати і обговорення.** Із появленням потреби накопичувати і видавати електричну енергію в різних режимах, а також враховуючи можливості 90 – 95 % розряду накопичувачів виникла необхідність створення приладів і умов для реалізації цих вимог. Ми розглядаємо існуючий ряд акумуляторів з метою вивчення можливості їх застосування в сонячних електростанціях (СЕС).

До серійно випускаємих акумуляторів електричної енергії відносяться : кислотні, лужні, гелеві, літєві, літій-іонні. Вимоги, що визначають придатність акумуляторів для роботи в СЕС :

1. Кислотно-свинцеві автомобільні акумулятори – витримують 50 циклів повного заряд-розряду під час роботи у складі СЕС. Тому їх використання не доцільно.

Акумулятори OPzS. Конструктивна особливість – трубчатий анод. Це дозволяє у декілька разів підвищити кількість циклів заряд/розряд. Недолік – надто висока вартість.

Акумулятори AGM. У цих моделях електроліт заливається в адсорбуючі склопакети. Переваги – не виділяють токсичних газів, можуть працювати у будь-якому положенні. Кількість циклів розряду від 500 до 700, Невисока вартість. Недоліки – невеликий термін роботи (5 – 7 років), вузький темпера-турний діапазон роботи (від 15 до 25°C).

2. Лужні акумуляторні батареї – добре переносять глибокі розряди у широкому діапазоні значень, мають строк роботи до 20 років. Недоліки – великі габарити та часткова втрата загальної ємності.

3. Гелеві акумулятори (GEL). Електроліт являє собою желеподібну масу, що захищає батарею від протікання та випаровування отруйних речовин. Дорожчі за кислотно-свинцеві, але мають більшу кількість циклів заряд-розряду (800 – 1200). Термін роботи до 20 років.

4. Літєві акумулятори. Значно дорожчі за інші розглянуті варіанти, та мають суттєві переваги : маса – в 3-4 раза менше; питома енергетика – вище у 4 рази; діапазон температур від 0 до 55°C. Термін роботи до 20 років.

### Висновки.

Акумулятори, що працюють у складі у складі СЕС, повинні відповідати наступним вимогам :

- мати загальну ємність на 25 – 30% вище розрахункової;
- мати паспортну кількість циклів заряд-розряду 800 – 1200 та вище;
- мати удароміцний корпус ;
- робочий діапазон температур від 0 до 40°C ;
- прогнозуємий термін роботи 15 – 20 років.

Означеним умовам відповідають гелеві та літєві акумулятори.



## Вибір параметрів мережевих інверторів СЕС

Дмитро Канюка, Ігор Изволенький, Дмитро Семко  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** З розвитком впровадження нетрадиційних джерел енергії виникає потреба економічного використання обслуговуючого обладнання. Не секрет, що наразі комплектуюче обладнання сонячних електростанцій (СЕС) є доволі недешевим. Тому проблема окупності СЕС виходить на перший план. Рішення придбання устаткування і його використання мають дві передумови: економічну – отримання електроенергії для власного користування і (чи) продажу та технічну – локалізація “провалів” чи перерви живлення. Маючі на увазі викладене, розглянемо впровадження для СЕС мережевих інверторів (**Grid-tie**), що дозволяють продавати надлишки електроенергії державі.

**Матеріали і методи.** Розглянуто теоретичні принципи роботи інверторів, види та призначення певних моделей, недоліки та переваги.

**Результати і обговорення.** У теперішній час впровадження СЕС є економічно доцільно тільки в разі вироблення частки електроенергії, яку можна продати державі по “зеленому тарифу”. Розрахунки показують, що окупність СЕС потужністю 3 кВт складає 8 – 9 років. У той же час, СЕС потужністю 30 кВт окупається за 3,5 – 4 роки.

Досягнення таких результатів можливо за наявності у складі СЕС **мережевого інвертора**. Інвертор перетворює електрику постійного струму в змінний струм (АС для подачі енергії в електричну мережу). **Grid-tie** інвертори встановлюються між місцевими джерелами енергії: сонячними батареями, вітрогенераторами електричної мережею. Мережевий інвертор повинен стежити за фазою мережі і, з високою точністю, безперервно підтримувати вихідну напругу трохи вище напруги мережі. Сучасний мережевий інвертор має фіксований коефіцієнт потужності - він видає прецизійну вихідну напругу і струм, а випередження фази знаходиться в межах 1° від мережі змінного струму. Інвертор управляється мікропроцесором, який стежить за поточною формою напруги змінного струму щоб вихідна напруга точно відповідала напрузі мережі. Моделі інверторів поділяються на дві групи – однофазні та трифазні.

Існує класифікація, що залежить від форми сигналу вихідної напруги, яка буває: прямокутною, модифікованою (псевдосинусоїдальною) та синусоїдальною. Від якості вихідної напруги та потужності інвертора, а також додаткових можливостей залежить його вартість.

### Висновки.

1. Мережевий інвертор є невід’ємною частиною СЕС.
2. Найпростіші (дешевші) інвертори можуть використовуватись для живлення господарського обладнання невеликої потужності (вихідний сигнал – прямокутний).
3. Для живлення комп’ютерів, моніторів, іншої мікроелектронної техніки, а також для формування напруги у загальну електромережу, бажано використовувати інверториз синусоїдальним вихідним сигналом.
4. Оскільки вартість мережевого інвертора залежить від його потужності та якості вихідної напруги треба чітко усвідомлювати які параметри нам важливі для роботи.

### Література.

1. <https://q-energy.com.ua/a22701-dlya-chego-nuzhen.html>
2. Inverter for the Solar Panel using an MC56F8023. Designer Reference Manual. // Freescale Semiconductor, Technical Information Center, EL516.  
[http://cache.freescale.com/files/dsp/doc/ref\\_manual/DRM126.pdf?fasp=1](http://cache.freescale.com/files/dsp/doc/ref_manual/DRM126.pdf?fasp=1)

## **Оптимізація параметрів та режимів роботи одно трансформаторних підстанцій промислового підприємства**

Олійник І.В., к.т.н., доц.. Омельчук А.О.

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

З метою забезпечення економічної роботи електричної мережі запропоновано метод оптимізації однострансформаторних і двохтрансформаторних підстанцій однакової та різної потужності, з'єднаних резервними перемичками на стороні 0,4 кВ з однаковими чи різними характеристиками перемичок. Даний метод дозволяє забезпечувати економічний режим роботи на період низького завантаження однострансформаторних підстанцій, ревізії, ремонту чи заміни одного з трансформаторів.

Визначено вплив ЕЕРМ і опору перемички на величини оптимальних навантажень розглянутих підстанцій: при зміні ЕЕРМ в інтервалі 0...0,20 кВт / кВАр граничне поєднання вторинних навантажень зростає на 100%, при зміні опору перемички в інтервалі 5,5...20%, граничне поєднання вторинних навантажень зменшиться на 30...40%. Це вказує на необхідність врахування фактичних значень цих величин.

**Алгоритм визначення доцільності струмової відсічки в розподільчій  
електричній мережі напругою 6 ... 10 кВ.**

Медведюк В.П. , к.т.н., доц., Омельчук А.О.

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

Максимальний струмовий захист без витримки часу або струмова відсічка (СВ) широко застосовується як засіб захисту від коротких замикань (к.з.) радіальних електричних мереж різних конфігурацій.

Струм спрацьовування відсічки  $I_{СВ}$  відлагоджують на величину  $\Delta I$  від значення струму к.з.  $I_{к.з}$  у місці установки наступного (по віддаленню від джерела) комплексу релейного захисту з метою забезпечення селективності роботи, то СВ вдається захистити 25-70% довжин лінії. Для захисту лінії, що живить тупикову підстанцію СВ може бути відбудована для захисту всієї довжини лінії.

Як показали дослідження, довжина ділянки лінії електропередачі  $l_{відс}$ , котра захищається СВ, визначається як параметрами самої лінії електропередачі  $U_n, \gamma_0, x_0$ , так і параметрами електричної системи  $I_{к.з}$  (або  $S_{к.з}$ ). На величину  $l_{відс}$  істотно впливають і параметри струмової відсічки  $k_{сх}, k_{ТС}, I_{у.відс}$ .

Отриманий алгоритм можна використовувати при налаштуванні роботи пристроїв релейного захисту, зокрема, при узгодженні суміжних захистів електричної мережі, виконаних на будь-якій елементній базі.

Розрахунок довжини лінії, що захищається струмовою відсічкою, дозволить скоротити зону пошуку і усунення причини к.з., що особливо важливе в розгалужених мережах.

## Оптимізація рівнів напруги в електричній мережі району

Підгорний Л.І., к.т.н., доц., **Омельчук А.О.**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

Приведено дослідження впливу роботи автоматичного регулятора типу РПН на забезпечення нормованих рівнів напруги у споживачів з урахуванням втрат напруги в розподільчій мережі підстанції та режимів навантаження електричної мережі, отримано алгоритм роботи регулятора напруги підстанції 110/10 кВ та вибору регульованих надбавок напруги у трансформаторів споживчих ТП-10/0,4 кВ району електропостачання від підстанції.

Найбільш прийнятний режим роботи РПН в електричних мережах з розосередженими споживачами - режим зустрічного регулювання, коли з ростом навантаження для компенсації зростаючих втрат напруги в мережі РПН підвищує напругу на шинах 10 кВ РПН, а при зменшенні навантаження, коли прямо пропорційно зменшуються і втрати напруги регулятор РПН знижує напругу на шинах 10 кВ РПН.

Для забезпечення оптимальних рівнів напруги в розподільчій мережі підстанції 110/10 кВ застосовуються мікропроцесорні регулятори напруги типу РНМ-1, призначені для керування електроприводами РПН при автоматичному регулюванні коефіцієнта трансформації силових трансформаторів.

**Вплив компенсації реактивної потужності на економічність роботи трансформаторної підстанції 35 ... 110 кВ**

Каплун А.О., к.т.н., доц., Омельчук А.О.

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

Проведені дослідження підтверджують те, що компенсація реактивного навантаження пов'язана із зміною втрати напруги та потужності в елементах мережі, зокрема, в трьохобмоткових трансформаторах.

В результаті компенсації реактивного навантаження втрати напруги зменшуються, а вторинні напруги підвищуються (можуть перевищити свої номінальні значення). Одночасно знижуються втрати потужності в трансформаторі - величина зниження втрат потужності залежить і від ступеня завантаження трансформатора, і від коефіцієнтів потужності навантаження. Отримані результати доцільно використовувати для вибору оптимального режиму роботи засобів компенсації реактивної потужності, встановлених на вторинній стороні триобмоткового трансформатора по двох оптимізованих параметрах - відхиленню напруги від номінальної на шинах вторинної напруги і сумарних втратах потужності.

Необхідно враховувати і те, що за зменшення переданої по мережі реактивної потужності на величину, генеровану КУ, зменшуються втрати активної потужності в мережі і підвищується напруга мережі (оскільки втрати напруги зменшуються). Підвищення напруги мережі в свою чергу також знижує втрати активної потужності в живильній мережі. Ці явища підвищують ефективність використання КУ і їх необхідно враховувати.

## **21.3.**

### **Electrical engineering**

**Chairperson – professor Oleksandr Mazurenko**

**Secretary – Dmytro Kolomiets**

## **21.3.**

### **Електротехніка**

**Голова – професор Олександр Мазуренко**

**Секретар – ст. викл. Дмитро Коломієць**

## 1. Вплив природного опромінення на ріст і розвиток рослин

**Тетяна Загороднюк, Марія Парфенюк, Дмитро Коломієць**  
*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Сонячне освітлення поверхні Землі змінюється протягом доби і року. При суцільній хмарності до поверхні ґрунту надходить не більше 20% світлової енергії. Вранці, увечері та взимку, коли сонце низько над горизонтом, переважають червоні та інфрачервоні промені, в літній період у середині дня - ультрафіолетові та сині. Неоднакове воно і в різних географічних широтах.

**Матеріали та методи.** Проведено аналіз впливу природного та штучного опромінення на екосистему теплиці при вирощуванні овочевих культур. Використані дані з відкритих джерел інформації та мережі Internet.

**Результати.** Сонячна радіація на території України найменша з другої половини листопада і до половини січня, а найбільша влітку, особливо в південних областях. Тривалість сонячного освітлення протягом доби змінюється також залежно від зони - у південних районах день влітку триває до 14, а в північних - до 16-17 год.

Світлова енергія сонця надходить до рослин у вигляді прямої і розсіяної радіації. Пряма радіація в більшій мірі потрапляє на верхні яруси листків. Розсіяна радіація є більш активною, бо сонячні промені, відбиваючись від часточок атмосфери і різних предметів, потрапляють не лише на верхні, а й на нижні яруси листя. В ясні сонячні дні на поверхню ґрунту надходить понад 20, а взимку - до 75% розсіяної радіації. У сонячні дні в розсіяній радіації переважають короткохвильові фіолетові й ультрафіолетові промені, а в хмарні - червоні та інфрачервоні [1]. У процесі еволюції у рослин виробилася реакція на зміну тривалості дня і ночі, і цю реакцію називають фотоперіодизмом.

Значний вплив на ріст і розвиток рослин та їх фізіологічні процеси має спектральний склад світла. Електромагнітне випромінювання, яке досягає поверхні Землі, має різний спектральний склад: інфрачервоне випромінювання – 46,5 %; видиме світло – 46,8 %; ультрафіолетове випромінювання – 6,7 %. Саме частина видимого спектру забезпечує протікання фотосинтезу. Лише 0,1 – 0,2 % променевої енергії, що надходить до Землі від Сонця, використовується зеленими рослинами.

Найбільшу участь у фотосинтезі та фізіологічних процесах рослин бере фотосинтетично активна радіація (ФАР) з довжиною хвиль 380-720 нм. На її долю припадає близько 45-50 % усієї радіації. Червоні (довжина хвилі 620-720 нм) й оранжеві (620-595 нм) промені є основним видом енергії для фотосинтезу (у рослинах нагромаджується більше вуглеводів). Сині та фіолетові промені (довжина хвиль 490-380 нм) беруть участь у нагромадженні білка, впливають на морфогенез і регулюють процеси переходу до утворення репродуктивних органів. Довгі ультрафіолетові промені (315-380 нм) запобігають витягуванню рослин і сприяють нагромадженню в них вітамінів, а середні ультрафіолетові (280-315 нм) - посилюють холодостійкість і сприяють гартуванню. Жовті і зелені промені (600—490 нм) найменш активні.

**Висновок.** Ріст і плодоношення культур значно залежить від інтенсивності ФАР. При інтенсивності, меншій за 0,055 Дж/(м<sup>2</sup> хв), наприклад, огірок не росте, оскільки на дихання витрачається енергії більше, ніж на асиміляцію. Для активного росту і плодоношення огірка інтенсивність ФАР має становити не менше 0,276 Дж/(м<sup>2</sup> хв).

### Література

1. [https://agromage.com/stat\\_id.php](https://agromage.com/stat_id.php)

## Вибір типу джерел світла для забезпечення світлового режиму при вирощуванні рослин в теплицях

Валентин Подолянчук, Лілія Харченко, Дмитро Коломієць  
Національний університет харчових технологій

**Вступ.** Однією з найважливіших оптимальних умов цілорічного вирощування рослинних культур в теплицях є утворення світлового режиму опромінення, параметрами якого є спектральний склад, інтенсивність, тривалість опромінення та просторова структура світлового поля. Для правильного розвитку у кожної рослини особливі вимоги до освітлення.

**Матеріали та методи.** Аналізували вимоги та можливості застосування для штучного опромінення рослин джерел світла з різними спектрами кольорів.

**Результати.** Використання сонячної енергії овочевими культурами незначне: у відкритому ґрунті – (1-1,5)%, а в теплицях – (3,5-5)%. Штучне освітлення повинне забезпечувати той спектр електромагнітного випромінювання, що рослини в природі отримують від Сонця, або, у разі неможливості його отримання — спектр тих кольорів, які потребує рослина на даному щаблі розвитку.

Освітленість є важливою характеристикою для вирощування рослин у приміщеннях. Разом з тим освітленість є світловою величиною, і не зовсім підходить для визначення ефективності систем освітлення у рослинництві. Краще використовувати інші величини, такі як опромінення (енергетична освітленість), що вимірюється у Вт/м<sup>2</sup>, або за величиною фотосинтетично активної радіації (ФАР).

Для вирощування рослин під штучним освітленням здебільшого використовують електричні джерела світла, розроблені спеціально для стимуляції росту рослин за рахунок випромінювання хвиль електромагнітного спектру, сприятливих для [фотосинтезу](#). Зовнішні умови імітуються не лише шляхом підбору колірної температури світла і його спектральних характеристик, але й за допомогою зміни інтенсивності світіння ламп.

Основне субстратно-регуляторне значення для рослин мають діапазони випромінювання 400-500 та 600-750 нм. На період вегетативного росту радять надавати перевагу світлодіодам синього кольору (з довжиною хвилі поблизу середини спектру 400–500 нм), для росту плодів і квітів - збільшують частку світлодіодів глибоко червоного відтінку (з довжиною хвилі близько 660 нм). Дослідження показали корисність додаткового підсвічування рослин світлодіодами інфрачервоного й ультрафіолетового спектрів. При змішуванні червоного і синього світла виходить світло пурпурового (рожевого) чи бузкового відтінку. Зелене світло при штучному освітленні рослин може застосовуватися з метою прикрасити теплицю чи для зведення нанівець незручностей для очей від пурпурового світіння фітосвітлодіодів, або ж для полегшення окомірного контролю зелених пагонів і стану ґрунту, оскільки очі людини найкраще розрізняють дрібниці саме в зеленій частині спектру. Фотосинтетична виробничість зеленого світла у край низька через високий ступень відбиття променів даного спектру хлорофілом.

Слід відзначити, що точність під час вибору довжини хвилі червоних світлодіодів важливіша, ніж під час вибору світлодіодів синього спектру. Звичайні червоні світлодіоди з довжиною хвилі 630 нм низькопродуктивні.

**Висновок.** Що більша рослина, то більше світла їй необхідно. За нестачі світла рослина припиняє ріст, попри усі старання та створення інших достатніх і необхідних умов. Найбільш ефективними є світлодіодні випромінювачі.



### 3. Оптимальні параметри електронного контролю клімату в мінітеплиці при вирощуванні огірків

Лілія Харченко

Національний університет харчових технологій

**Вступ.** Деякі рослини люблять підвищену вологість та високу температуру повітря, інші віддають перевагу сухішому та прохолоднішому мікроклімату, тому кліматичні умови та системи регулювання цих умов повинні підбиратись в залежності від типу та сорту рослин.

**Матеріали та методи.** За результатами аналітичного огляду літературних джерел як об'єкти керування були розглянуті оптимальні параметри мікроклімату в блочних теплицях при вирощуванні огірків партенокарпічних гібридів на різних етапах їх росту.

**Результати.** На ріст і розвиток рослин овочевих культур особливий вплив мають фактори навколишнього середовища, зокрема тепловий, світловий, повітряно-газовий та водний режими, вміст в ґрунті поживних речовин, внесення мінеральних добрив, а також наявність екстремальних умов вирощування. Однією з головних умов успіху вирощування огірків в захищеному ґрунті є вибір партенокарпічних гібридів, які не вимагають запилення комахами. Це дуже важливо, оскільки комахи-запилювачі досить рідко залітають в теплицю, в результаті чого врожай може бути набагато нижчим за очікуваний. Рекомендовані оптимальні параметри мікроклімату в блочних теплицях на різних етапах розвитку рослини та залежно від пори доби та року наведені в таблиці 1.

Таблиця. 1.

Оптимальні параметри мікроклімату в блочних теплицях	Огірки	
	в період вегетативного росту	в період продуктивного росту
Температура повітря в сонячний день, °С	(22-24)/(24-26)**	(24-26)/(20-26)
Температура повітря в похмурий день, °С	(19-20)/(18-20)	(20-22)/(17-19)
Температура повітря вночі, °С	(16-17)/(16-18)	(18-19)/(15-16)
Температура ґрунту, °С	(16-18)/(18-19)	(18-20)/(17-18)
Вологість повітря, %	(60-65)/(60-70)	(60-65)/(60-70)
Концентрація CO <sub>2</sub> в повітрі, %	(0,1-0,13)/ (0,1-0,14)	(0,13-0,15)/ (0,14-0,16)
Швидкість руху повітря. м/с	0,25-0,35	0,35-0,50
* - у чисельнику – зимово-весняний оборот; ** - у знаменнику – літньо-осінній оборот		

**Висновок.** Як бачимо, оптимальні умови вирощування овочів в теплицях змінюються у вузьких межах. Разом з тим, вони істотно впливають на врожайність вирощуваних культур. Отже, для отримання високих урожаїв овочів в теплицях необхідно використовувати високоточні швидкодіючі автоматизовані електронні системи забезпечення мікроклімату.

#### 4. Вимоги до електронної системи контролю та підтримання параметрів екосистеми мінітеплиць

Марта Шульга, Андрій Забара, Сергій Чумаченко, Олександр Мазуренко  
*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Сучасні системи контролю параметрів середовища мінітеплиць та управління ними розвиваються в напрямку зменшення розмірів, маси та енергозатрат складових систем, підвищення їх надійності, нарощення функціональності та інтелектуалізації. В таких умовах з'являються сучасні системи управління, які ґрунтуються на нових інтелектуальних інформаційних технологіях і сучасній елементній базі.

**Матеріали та методи.** На основі аналізу літературних даних визначали дієві параметри середовища мінітеплиць, вимоги та завдання до їх підтримання в автоматичному режимі.

**Результати.** Відомо, що мікроклімат у теплицях залежить від температури, вологості повітря та вмісту вуглекислого газу в теплиці; освітленості, зовнішньої температури та погодних умов. Розроблено електронну систему контролю та керування, яка відповідає ряду функціональних вимог і виконує наступні завдання:

- Збір певних типів інформації з навколишнього середовища з певною періодичністю, а саме – температури, відносної вологості повітря та освітленості.
- Попередня обробка даних у пристрої: приведення показань до загальноприйнятих шкал (градуси Цельсія, Фаренгейта, вологість у відсотках).
- Інструменти керування станом пристроїв для користувача, зручне відображення даних від пристрою.
- Керування інтенсивністю освітлювальних елементів на основі даних про поточну освітленість в середовищі.
- Автоматичний розрахунок необхідної кількості освітлення на основі даних про широту регіону походження культури, що вирощується в замкнутому середовищі.
- Керування нагрівальними елементами на основі даних про поточну температуру в середовищі.
- Налаштування оптимальних значень регульованих параметрів.

Функціонування системи базується на загальноприйнятій схемі управління технологічними процесами, в якій інформація, отримана за допомогою первинних перетворювачів (ПП), опрацьовується в контролерах, які формують сигнали керування для виконавчих механізмів. Одними із основних компонентів такої систем є промислові мережі рівня ПП і рівня контролерів. Особливістю апаратно-програмних мереж контролерного рівня є забезпечення режиму реального часу, який накладає жорсткі вимоги до часу реакції на зміни даних, які надходять від ПП, і часу формування сигналів керування. Для цього рівня зв'язку характерні такі особливості: циклічне читання даних із ПП і видача сигналів керування; прив'язка циклу мережі до циклу контролера; можливість гарячого підключення засобів.

**Висновок.** Підвищити ефективність управління мікрокліматом у мінітеплиці можна за комплексним підходом, який охоплює сучасну елементну базу, методи інтелектуального та попереднього опрацювання даних. Розроблена система володіє відмовостійкістю, масштабованістю та високою швидкодією.

#### 5. Методи та пристрої підтримання температурного режиму в мінітеплицях

**Ірина Кабак, Лілія Харченко, Андрій Мошенський, Олександр Мазуренко**  
*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Здатність кореневої системи засвоювати поживні речовини, інтенсивність фотосинтезу і дихання рослин, транспірація та інші фізіологічні процеси залежать від температури ґрунту і повітря. Температура, при якій рослини ростуть і розвиваються найбільш інтенсивно, вважається оптимальною. Відхилення від неї сповільнює ріст і розвиток рослин або й згубно діє на них. Температура, нижче за яку ріст і розвиток припиняються, називається мінімальною, а та, вище за яку припиняються ті самі процеси, — максимальною.

**Матеріали та методи.** За даними відкритих джерел інформації проведено аналіз та вибір сучасних пристроїв електричних методів вимірювання температури за стандартними методиками.

**Результати.** Для контролю температурного стану замкнутої екосистеми теплиці в якості первинних перетворювачів температури пропонуються сучасні цифрові термометри, технічна характеристика яких наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Марка датчика	DS18B20	STLM75	TMP107
Параметр	Maxim Integrated	STMicro electronics	Texas Instruments
Діапазон температур, °C	-55...125	-55...125	-55...125
Розширення, біт	9/10/11/12	9	14
Точність, °C	±0,5...±2	±0,5...±2	±0,4...±0,7
Час виміру, мс	93,75...750	150	18
Напруга	3...5,5 В	2,7...5,5 В	1,7...5,5 В
Струм споживання, мкА	1500	150	400

Цифровий датчик температури **STLM75** є варіантом популярної мікросхеми LM75 від STMicroelectronics. Наявність інтерфейсу I2C дозволяє легко інтегрувати даний датчик в мікроконтролерні проекти. Гранична простота організації обміну з мікросхемою і низька вартість роблять її вельми привабливою для використання.

Температурний датчик **TMP107** підтримує підключення до 32 пристроїв послідовно. Ланцюжок з датчиків TMP107 підключається до мікроконтролера через один однопровідною UART-інтерфейс. Кожен датчик має унікальну 5-бітову адресу, що зберігається програмованій пам'яті (EEPROM) з електричною очисткою інформації. Адреса присвоюється в процесі операції автоматичного призначення. Відстань передачі даних по шині UART може досягати 300 метрів. Між датчиками дані передаються за допомогою фірмового протоколу SMAARTWire™.

**Висновок.** Прийнято рішення використати цифровий температурний датчик **DS18B20**, який, по суті, являє собою мікроконтролер, що може зберігати результати вимірювань, сигналізувати про вихід температури за встановлені межі (межі можна встановлювати і змінювати самостійно), міняти точність вимірювань, спосіб взаємодії з контролером тощо. Мікросхема має три виходи, з яких один для даних, два інших - це земля і живлення. Використовуючи схему з паразитних живленням і з'єднавши Vdd з землею, можна підключити відразу декілька датчиків DS18B20. При цьому похибка вимірювань є допустимою для системи контролю мікроклімату.

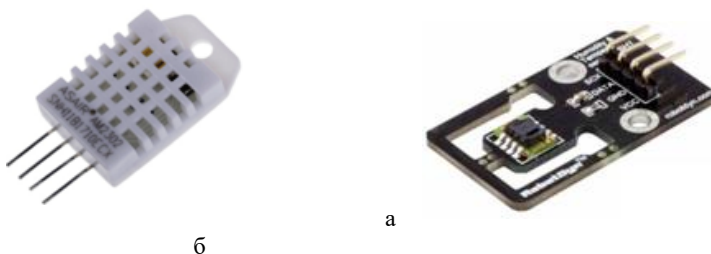
**6. Пристрої підтримання температурно-вологісного режиму в замкнутій екосистемі**

**Валерія Луценко, Юліана Забродська, Дмитро Коломісць, Андрій Мошенський**  
*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Оптимальні температура та вологість, за яких рослини ростуть і розвиваються найбільш інтенсивно, сприяють активному процесу фотосинтезу. Відхилення від оптимального температурно-вологісного режиму сповільнює ріст і розвиток рослин, згубно діє на них, часто призводить до ураження їх хворобами. Велика вологість може стати причиною поширення гнилі, цвіль, грибкових і вірусних захворювань. Особливо небезпечний для рослин конденсат, що утворюється на стінках теплиці. Тому здійснювати полив в теплиці краще в першій половині дня, щоб зайва волога встигла за день випаруватися, і протягом дня провітрювати теплицю, щоб знизити цю вологість до настання ночі.

**Матеріали та методи.** Проаналізовані будова, технічні характеристики, переваги та недоліки сучасних первинних перетворювачів температури та вологості повітряного середовища в замкненій екосистемі, що наявні на ринку України.

**Результати.** Температурно-вологісний режим в теплиці - один з вирішальних чинників, що істотно впливає на такі важливі процеси як ріст культур, всмоктування води і корисних елементів, якість і кількість врожаю, час його збирання, можливість виникнення захворювань всередині теплиці, тощо. Контроль цього режиму покладено на автоматизовані системи, що базуються на використанні сучасних датчиків температури та вологості повітря, зокрема типу **DHT-22** (рис.1, а) та типу **SHT1x** (рис.1, б).



**Рис.1. Зовнішній вигляд температурно-вологісних датчиків**

Датчик DHT-22 або AM2302 являє собою датчик вологості і температури з цифровим виходом. Він складається з чутливого емісійного датчика і NTC-термістора, на 8-ми бітному чипі, який перетворює аналоговий сигнал з датчиків в цифровий на виході. При виробництві компоненти, що входять в модуль DHT22 мають різні параметри і щоб показання були реальними, виробник калібрує кожен датчик DHT22 в калібрувальній камері, а поправочний коефіцієнт зберігається в пам'яті і викликається при зчитуванні даних. Перевага даних датчиків, це невеликі розміри, низька енергоспоживання, висока дальність передачі до 20м, з недоліків можна віднести, затримка в передачі показань в 2 секунди.

**Висновок.** Кращим є цифровий датчик температури і вологості SHT1x, який простий у використанні, точний і підключається стандартним інтерфейсом I<sup>2</sup>C. Якісна калібрування забезпечує високу точність, відмінну стабільність і тривале застосування. Цифрова технологія CMOSens® об'єднує два датчика (температура і вологість) і схему виведення даних на одному чипі.

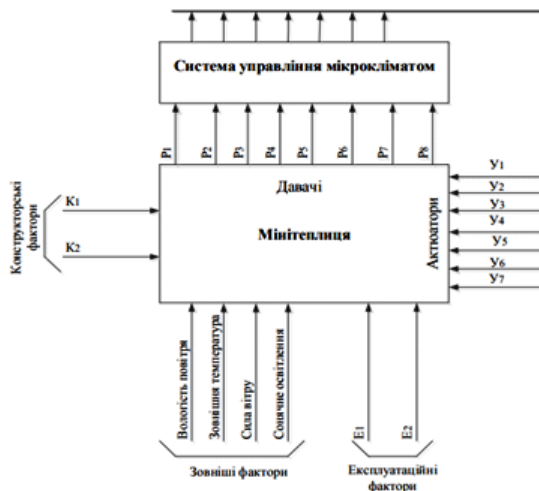
## 7.Об'єкти електронного клімат-контролю мінітеплиці

**Любов Драбик, Лілія Харченко, Олександр Мазуренко**  
*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Всі розроблені на даний час схеми автоматичного керування мікрокліматом у теплицях функціонують за принципом компенсації відхилення режимних параметрів від заданих і відрізняються схемними рішеннями, функціональною базою і якістю регулювання.

**Матеріали та методи.** За результатами аналітичного огляду літературних джерел вибрані контрольовані параметрами мікроклімату теплиці (температура повітря та ґрунту, вологість повітря, освітленість тощо) та контрольовані параметри довкілля (час доби, температура, тиск і відносна вологість зовнішнього повітря, потік випромінювання, швидкість вітру тощо), для визначення яких за стандартними методиками передбачено використання сучасних електронних первинних перетворювачів та пристроїв обліку та керування.

**Результати.** Мікроклімат у мінітеплиці, як дисипативна структура, залежить від зовнішніх (вологість повітря, зовнішня температура, сила вітру, сонячне освітлення), експлуатаційних (маса повітря, маса ґрунту) і конструкторських (теплопровідність ґрунту та огорожі) факторів впливу, які необхідно враховувати для забезпечення оптимальних умов вирощування рослин. Запропоновано наступну схему взаємодії факторів впливу, мінітеплиці та системи управління мікрокліматом (рис.1):



Тут: P1, P2, P3 – відповідно температура ґрунту, повітря, рослинного покриву; P4, P5 – відповідно вологість повітря, ґрунту; P6, P7 та P8 – відповідно вміст двоокису вуглецю, кисню; P8 – освітленість; U1, U2, U3, U4, U5, U6 та U7 – відповідно сигнали управління освітленням, провітрюванням, температурним режимом повітряного середовища, обігрівом ґрунту, приготуванням розчинів, поливом розчином та водяним режимом; K1 та K2 – відповідно теплоємність ґрунту та

**Рис. 1. Схема інформаційної взаємодії мінітеплиці**

**Висновок.** Формування мікроклімату в теплиці є складною багатofункціональною задачею і залежить від комплексу параметрів забезпечення як оптимальних умов для росту рослини, так і функціонування систем керування об'єктами взагалі. Тут найбільш відповідальним завданням є поєднання у часі необхідних дій пристроїв забезпечення таких умов в максимально економічних та ефективних режимах. Це може бути досягнуто виключно на використанні сучасної бази швидкодіючих схем керування на основі високочутливих електронних перетворювачів.

## 8. Моніторинг мікроклімату теплиці за допомогою електронної системи *ClimaPredict*

Анастасія Водяницька, Лілія Харченко, Сергій Чумаченко, Петро Кандибка  
*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Будь-яка система моніторингу мікроклімату теплиць повинна відповідати, в першу чергу, набору функціональних вимог та мати необхідні відмовостійкість, масштабованість, продуктивність та бути малоенергоємною.

**Матеріали та методи.** Розглянуто електронну систему *ClimaPredict* та можливість її використання для моніторингу мікроклімату. Проведено аналіз

**Результати.** Система контролю *ClimaPredict* (рис. 1) - це професійне рішення для контролю мікроклімату в теплиці. Вона допомагає відстежувати такі параметри, як освітленість, температура і вологість повітря / ґрунту в режимі онлайн, за допомогою веб та мобільного застосування. За рахунок штучного інтелекту система прогнозує зміни мікроклімату біля рослин на 3 години вперед. Веб і мобільний додаток дають можливість переглядати історію даних за весь період використання.



Рис. 1. Система контролю *ClimaPredict*

Принцип дії системи полягає у зборі, обробці та роботі з даними. Дані надходять на контролер від бездротових датчиків та відправляються на віддалений сервер. На сервері йде обробка і збереження даних, а також прогнозування розвитку процесу. Після цього дані відправляються на Ваш веб-сайт і мобільну прикладну програму, які відображають поточні показники в теплиці, дозволяють продивитися історію даних і отримувати повідомлення про зміну показників.

В результаті розгляду різних варіантів оптимальним рішенням з точки зору простоти побудови, гнучкості, масштабування і ціни виявилася система з централізованим управлінням теплицями з одного інтеграційного контролера WebHMI і розподіленої периферії з відкритим протоколом Modbus RTU RS-485 (виробництва АКОН, Україна) для введення-виведення сигналів від кожної з теплиць. Модулі АКОН серій WAD-TC і WAD-AIK можуть мати відразу декілька функцій - введення аналогових і дискретних сигналів, а також підрахунок імпульсів.

**Висновок.** Завдяки системі можна підтримувати оптимальний мікроклімат в теплиці, що підвищить урожайність та якість рослинної продукції.

## 9. Моніторинг плодів помело з використанням електронної системи на базі мікроконтролера Arduino Nano ATmega328P

Юлія Коробка, Анастасія Возна, Лілія Харченко, Дмитро Коломієць  
Національний університет харчових технологій

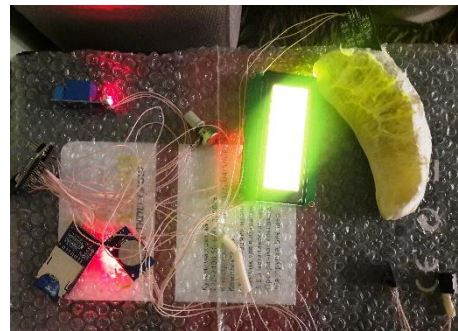
**Вступ.** Цитрусові плоди визнані важливим компонентом людської дієти. Їх цінують за те, що вони не містять натрію та холестерину, багаті вітаміном С, фолієвою кислотою, калієм, флавоноїдами, кумарином, пектином та харчовими волокнами.

**Матеріали та методи.** Плоди *Citrus grandis*, широко відомі як pomelo, shaddock або lımau bali, належать до родини Rutaceae. Основними виробниками pummelo є Південний Китай, Південна Японія, Таїланд, В'єтнам, Малайзія, Корея та Індонезія. Досліджували плоди помело (*Citrus grandis* L.), поставлені з Китаю та куплені в мережі магазинів м. Києва.

**Результати.** Плоди помело зовні розрізняють за розмірами (масою) та кольором зовнішньої поверхні (флаведо), світлість CIE L\* якої залежить від співвідношення червоно-зеленого (CIE a\*) та синьо-жовтого (CIE b\*), яке в процесі дозрівання та зберігання постійно змінюється: a\* - зменшується, b\* - зростає, тому зростає L\*. Отже, чим більш жовтіший плід, тим довше часу пройшло від часу його комерційного збирання. Їстівна частина плоду – сокові мішечки, оточені неїстівними мембранами, мають форму сегментів (рис.1, а). Вони щільно примикають один до одного і зовні оточені альbedo білого кольору та пухкої структури. В центрі плоду знаходиться серцевина з пазухами для насіння.



а



б

Рис.1. Їстівна частина плоду помело (а) та моніторинг властивостей сегменту (б)

Кількість сегментів залежить від маси (розмірів) плоду і становить від 6-8 (у плодах до 0,6 кг) до 22 (плоди понад 2 кг). Соковиті мішечки мають чистий свіжий аромат, приємний смак, що формується за рахунок та співвідношення компонентів хімічного складу: містить 7,6—11,1 % сухих речовин, 0,5—0,7 % білка, 0,1—0,3 % жиру, 0,4—0,8 % клітковини і 0,4—0,7 % золи. На 100 г ваги плід містить до 235 мг калію, 26-27 мг кальцію, 22-26 мг фосфору, 1-2 мг натрію і 0,3—0,5 мг заліза, 30-53 мг вітаміну С, до 30 мг бета-каротину, 0,04—0,07 мг вітаміну В1, 0,02 мг - В2, 0,2—0,3 мг - В5. Калорійність помело становить 26-39 калорій на 100 г м'якоти.

**Висновок.** Використання електронної системи на базі мікроконтролера Arduino Nano ATmega328P для моніторингу властивостей помело (рис.1, б) дає можливість визначати фізико-хімічні характеристики помело та динаміку їх змін.

# Section 22

## **Automation and computer-integrated technologies**

# Секція 22

## **Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**



## **22.1.**

### **Automation and computer-integrated technologies**

## **22.1.**

### **Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**

## Інтелектуальна система управління випарною станцією

Михайло Грама, Віктор Сідлецький

*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Випарні станції призначені для випаровування дифузійного соку до заданого значення вмісту сухих речовин при визначеній продуктивності цукрового заводу. Також випарна станція забезпечує вторинними соковими парами теплообмінну апаратуру цукрового заводу та котельну установку конденсатом для живлення котлів, а завод – аміачною водою для технологічних потреб. Для випарювання соку використовується 5-ти корпусна випарна установка, яка дозволяє послідовно багаторазово використовувати пару, яка поступає на перший корпус [1].

**Матеріали і методи.** Робота ВС має ряд переваг: зниження чутливості до змін витрати та конденсації соку, який поступає на випарювання; зменшення часу перебування соку у зонах високих температур внаслідок переносу відборів пари з перших корпусів у останні; зменшення тривалості варки утфелю у вакуум-апаратах шляхом підвищення температури гріючої пари. Забезпечення оптимального режиму роботи випарника можливе лише при автоматичному регулюванні процесу випарювання [2]. Це пов'язано з тим, що кількість соку, що надходить до випарника, змінюється з часом, а сам процес є безперервним. Оптимальний режим роботи забезпечує продуктивність випарної установки в тому випадку, коли рівні соків стабілізуються в корпусах випарного апарату, що призводить до безперервної подачі парів споживачам сокової пари необхідного потенціалу та гарантує найкращі умови для випарювання. У разі недотримання оптимального режиму в процесі випарювання виникає зниження лужності за рахунок розкладання і карамелізації сахарози, що призводить до розкладання амідів, таких як аспаргін. Соки конденсатів (аміачні води) і парів з випарника містять діоксид вуглецю, оксид вуглецю та аміак [3].

**Результат.** З метою підвищення якості процесу необхідно розробити інтелектуальну систему керування випарною установкою з використанням нечіткої логіки. Використання нечіткого регулятора порівняно з іншими призведе до зменшення перерегулювання до 5%, зменшення часу перехідного процесу до 20 секунд, число коливань до закінчення часу перехідного процесу становитиме не більше двох [4].

**Висновки.** Отже, є дуже важливим використання інтелектуальної системи управління випарною станцією з використанням нечітких регуляторів, оскільки це призведе до підвищення параметрів якості процесу порівняно з системами з іншими типами регуляторів та зменшаться витрати на виробництво цукрового сиропу.

### Література

1. Hrama M., Sidletskyi V., Elperin I. (2019), Comparison between PID and fuzzy regulator for control evaporator plants, 2019 IEEE 39th International Conference on electronics and nanotechnology (ELNANO), Conference proceedings, pp. 54–59.
2. Polupan V., Sidletskyi V. (2018), Genetic algorithm usage for optimization of saturator operation, Ukrainian food journal, Vol. 7, Issue 4, pp. 754 – 762.
3. Hrama M., Sidletskyi V., Elperin I. (2019), Justification of the neuro-fuzzy regulation in evaporator plant control system, Ukrainian Food Journal. 2019. Volume 8. Issue 4, pp. 873–890.
4. Sidletskyi V.M., Elperin I.V., Polupan V.V. (2016), Analiz ne vymiriuvalnykh parametrov na rivni rozpodilenoho keruvannia dlia avtomatyzovanoi systemy, ob'ektiv i kompleksiv kharchovoi promyslovosti. Naukovi pratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii, vol. 22(3), pp. 7–15.

**Автоматизація пакування сипких продуктів схильних до пиління у  
ламіновані паперові мішки**

**В'ячеслав Тодавчич, Віталій Мамчур**

*Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

**Вступ.** Розвиток пакувальної галузі є одним із пріоритетних напрямків розвитку промисловості України, зокрема тих її складових, що торкаються продуктів, харчування і торгівлі, тобто мають безпосередній дотик до здоров'я людини.

**Матеріали і методи.** Матеріалом для досліджень слугували сипкі продукти харчування, чи їх суміші, що мають схильність до пиління - такі, наприклад, як цукор-пудра, крохмал, порошкове морозиво, різного роду ароматизатори та інші. Перелічені продукти мають свою специфіку, як в реалізації процесів дозування, міжопераційного транспортування та закупорювання в тару. При проведенні досліджень використовувався метод багатофакторного експерименту.

**Результати.** Лабораторною базою для проведення досліджень була напівавтоматична лінія комбінованого об'ємно-вагового дозування продукту у паперові ламіновані мішки місткістю 2,5...10 кг з подальшими операціями зварювання ламінованого покриття в середині мішка поверх насипаного продукту та зашивання горловини (торця) мішка через складену вдвоє стрічку, котра герметизує як торець мішка, так і отвори від голки при прошиванні мішка ниткою.

За своєю структурою лінія дозування продукту в паперові мішки була побудована так, що на один вагопроцесорний термінал конструкції ТзОВ «Завод «Техноаги»» (м. Львів) можуть почергово або одночасно працювати три об'ємні шнекові дозатори з частотним регулюванням швидкості і котрі системою керування зв'язані з вагопроцесором. При одночасній роботі всіх шнеків з одним і тим самим продуктом діставали вигравш в продуктивності, при послідовній роботі шнеків, що транспортують різні продукти – можливість отримувати в одному мішку суміш трьох продуктів. Предметом експерименту стало дослідження точності дозування в залежності від режимів транспортування [2], характеристик самого продукту та геометрії відносного розташування пристроїв [1] та їх елементів, котрі приймають участь у дозуванні. Результати експерименту заносились в таблицю, оброблялись і за їх результатами визначались найбільш впливові чинники, котрі потребували корекції чи видозміни.

З метою збільшення міцності мішка, упередження поширення витоку пилу продукту через складки, гофри та голкові отвори отримані при зашиванні мішка нитками, існуюча модель лінії була доукомплектована пристроями зварювання внутрішніх шарів ламінованої плівки та пристроєм подачі і формування герметизуючої стрічки безпосередньо під лапку швейної машини.

**Висновок.** Вироблено рекомендації щодо проектування пристроїв дозування сипких продуктів схильних до пиління. Розроблено модернізовану конструкцію зварної та мішко-зашивальної лінії для ламінованих паперових мішків.

**Література**

1. О.М. Гавва, А.В. Деренівська, М.А. Масло Рациональне розташування зважувальної місткості у вагових дозаторах для сипкої продукції Упаковка. – 2013р. – № 2. –С. 54-57.
2. О.М. Гавва, А.В. Деренівська, Л.О. Кривопляс-Володіна Шляхи зменшення динамічної складової похибки дозування сипкої продукції - Науковий журнал «Харчова промисловість». – 2013 р. – № 14. – С. 176-179.

## Аналіз системи автоматизованого управління комбінованим вакуум-апаратом I-го продукту та маточного утфелю

Іван Бокоч, Віктор Трегуб

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Процес кристалізації цукру є одним з найбільш складних технологічних процесів, які проводять в харчовій промисловості в апаратах періодичної дії. Також цей процес являється кінцевим в виробництві цукру і від нього значною мірою залежить якість готового продукту.

**Матеріали і методи.** В якості об'єкта для аналізу було взято діючу систему автоматизованого управління (АСУ) комбінованим вакуум-апаратом періодичної дії (ВАПД) I-го продукту та маточного утфелю (МУ), що використовується на ряді цукрових заводів України та близького зарубіжжя.

**Результати.** Враховуючи періодичний режим роботи вакуум-апарата, головною задачею системи управління є ритмічна робота обладнання. Для цього виділений один центральний контролер, який виконує координуючі функції. В ньому аналізуються ряд вимірюваних параметрів необхідних для коректного управління роботою ВАПД. Для керування та регулювання процесом варіння використовуються заслінки з аналоговим виконавчим механізмом. Дискретні виконавчі механізми застосовують при поданні продуктів в колектор, пропарюванні і т.п. Основним параметром за яким ведеться програмне управління процесом являється концентрація сухих речовин в утфелі в залежності от рівня утфелю у ВАПД. Відповідно один з недоліків проаналізованої системи – це відсутність інформації про стан міжкристалльного розчину [1]. Також система має ще ряд недоліків, позбувшись яких, можна в залежності від обраного критерію управління суттєво покращити продукти-вність апарату або ж якість готової продукції. А саме:

- не враховується виробнича ситуація, пов'язана з продуктивністю технологічних комплексів, що передують продуктовому відділенню;
- не визначено оптимальний масовий вміст кристалів у кінцевому маточному утфелі, з якого починається другий етап процесу;
- не оптимізовано тривалість процесу або вихід кристалічного цукру.

Вирішення даної задачі полягає в визначенні такого масового вмісту кристалів у кінцевому маточному утфелі, а також інших параметрів початку процесу при кристалізації першого продукту, які в залежності від виробничої ситуації мінімізують тривалість процесу або максимізують вихід кристалічного цукру. І побудова на базі цих даних дворівневої АСУ, на верхньому рівні якої знаходиться блок оптимального управління [2].

**Висновок.** Проведений аналіз існуючих АСУ комбінованим вакуум-апаратом I-го продукту та маточного утфелю показав, що вони не відповідають сучасним критеріям продуктово-економічної ефективності процесу варки утфелю.

### Література

1. L. Rozsa, On-line monitoring and control of supersaturation and other masseccite parameters in vacuum pans: A control engineering approach // International Sugar Journal. — 2011. — № 1316. — Vol. 113
2. Глущенко, М. С. Моделювання і оптимальне керування періодичними процесами в утфельних вакуум-апаратах: дис. ... канд. тех. наук : 05.13.07 / Глущенко Маргарита Сергіївна; НУХТ. — К., 2008. — 196 с.

**Основні види поломок технічних засобів автоматизації випарного відділення цукрового заводу**

Денис Ширай, Дмитро Дадаков, Лідія Власенко  
*Національний університет харчових технологій*

**Вступ.** Цукрове виробництво відноситься до сезонного типу виробництва, що накладає певні особливості на його функціонування. Зокрема, висока інтенсивність використання обладнання протягом сезону, зношуваність обладнання тощо.

**Матеріали і методи.** Однією з основних вимог до роботи цукрового заводу - є його безперебійна робота. Особлива увага приділяється ритмічності і налагодженості процесу функціонування випарного відділення. Будь-які поломки на випарній станції можуть призвести до простоїв кожного з відділень виробництва, оскільки окрім уварювання сиропу вона забезпечує вторинною парою користувачів інших відділень.

**Результати.** Проаналізувавши 4 сезони роботи цукрового заводу було виділено найпоширеніші види поломок і причини їх появи на випарній станції через:

- *Забруднене середовище:* забиті вентилі у буйковій камері рівнеміра; рівнемір забруднено глиною та водою; поява шару кальцію на чутливих елементах рН-метрії; приймальна мішалка відображала завищені покази рівня через забруднення чутливого елемента;

- *Роботу низько-кваліфікованих працівників:* пошкодження датчика технологіями, через неправильно заданий технологічний режим; пошкодження імпульсної трубки під час зварювальних робіт; неправильне підключення живлення до витратоміра працівниками служби КВП і А;

- *Вологу навколишнього середовища:* рівнемір випарної станції залито водою, під час ручної промивки; рівнемір звуку перед випарної станції залито водою під час проходження лінії теплового опалення; витратомір вапнякового молока перестав працювати через окислення контактів;

- *Недостатньо очищене повітря в пневмосистемі:* забиваються заслінки рівня; редуктор фільтр на лінії живлення забитий іржею; заслінка повернення вапнякового молока на вапно-гасіння;

- *Скачки електроенергії:* згоріли блоки живлення на комп'ютерах; згоріла шина ПЛК на випарній станції;

- *Вібрацію:* втрачено зв'язок з модулем дискретного входу на програмованому логічному контролері (ПЛК); стрічкові ваги не правильно відображали покази через розбитий підшипник на валах; кінцеві вимикачі розбиті вібрацією та механічними ударами;

- *Контакт із сірчаною кислотою:* окислена планка ОЗУ; перестав працювати модуль на ПЛК через отримані пошкодження від сірчаної кислоти;

- *Браковані електричні елементи в приладах:* у витратомірі дифузійного соку вийшов з ладу внутрішній блок живлення, частотний перетворювач відкачки холодного дефекатора через брак мікросхеми аналогово-цифрового перетворювача;

Одним з головних завдань є розроблення інтелектуальної підсистеми моніторингу стану технічних засобів автоматизації, яка забезпечить: передчасне виявлення проблеми в роботі приладу і відповідну оперативну реакцію; недопущення поломки, а отже простоїв в роботі виробництва; вчасне забезпечення на складі підприємства відповідних засобів автоматизації.

**Висновки.** На основі проведеного аналізу можна зробити висновок про те, що існує велика кількість різних причин, які викликають різноманітні види поломок, які необхідно вчасно локалізувати для забезпечення ефективного функціонування ВС.

## Кластеризація патернів поведінки БРУ за картами Кохонена з використанням коефіцієнтів вейвлет-розкладання та показників фрактальності часових рядів

Дмитро Крищенко, Василь Кишенько

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Одним з важливих аспектів інтелектуального аналізу даних є класифікація та кластеризація поведінки об'єкта. Карти Кохонена дають змогу провести оцінку даних, візуалізувати та проаналізувати отримані кластери [1].

**Матеріали і методи.** Задля оптимізації точності кластеризації патернів поведінки БРУ, в якості вхідних даних було використано вейвлет-коефіцієнти, отримані при вейвлет-аналізі параметру температури низу ректифікаційної колони, а також показники трендостійкості та хаотичності, отримані за допомогою фрактального аналізу. Для проведення кластеризації даних використовувався алгоритм самоорганізації Кохонена.

**Результати.** В проведеному процесі кластеризації було вибрано період навчання в 500 епох. Стабілізація помилки квантування відбулась приблизно в момент 190-ї епохи. В результаті було отримано навчену нейронну мережу з 5-ма кластерами, з яких 3 основних та 2 несуттєвих. Для наглядності та порівняння було вибрано три матриці відстаней, отриманих в результаті класифікації вейвлет-коефіцієнтів на різних проміжках часу, а саме – початок, середина та кінець протікання процесу. Візуалізація отриманих даних представлена на рисунку 1.

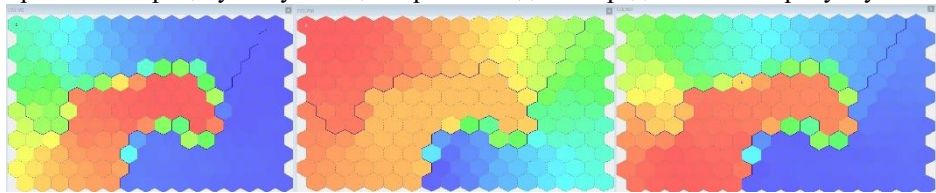


Рисунок 1. Карти Кохонена для вейвлет-коефіцієнтів початку, середини та кінця (зліва-направо) експериментального процесу.

Як видно з рисунку 1, на початку процесу переважно присутні низькі частоти зі сплесками на певних проміжках. Середина процесу протікає більш плавно, а в його кінці також спостерігаємо середньо-частотні хаотичні збурення. Кожному з отриманих екземплярів, візуально представлених, як комплексна кольорова сітка, належить певний набір досліджуваних параметрів температури. Порівнюючи отримані дані з вейвлет-спектрограмою, можна переконатися, що вони достовірні.

**Висновки.** В результаті проведеного дослідження, використавши результати фрактального та вейвлет-аналізу, було отримано набір кластерів, що показують стан об'єкта в той чи інший час протікання процесу.

### Література

Mohammed J.Z. Data Mining And Analysis / J.Z. Mohammed, M. JR. Wagner.  
– New York: USA, 2014. – 607 p.

### **Використання віртуальних аналізаторів в інтегрованих автоматизованих системах управління виробництвом**

**Олександр Омельченко, Наталія Луцька**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Використання лабораторних інформаційно-керуючих систем (Laboratory Information Management System – LIMS) в складі автоматизованих систем керування дозволяє підвищити ефективність за рахунок скорочення часу обробки лабораторних даних та зменшення кількості помилок, спричинених людським фактором [1]. Однак результати аналізів LIMS, як правило, не мають необхідний рівень повноти та оперативності для використання в контурах оптимального керування технологічними процесами та виробництвом у цілому. Тому для підвищення повноти, достовірності та оперативності інформаційного забезпечення виробництвом все більшої популярності набувають віртуальні аналізатори.

**Матеріали і методи.** Віртуальні аналізатори – це програмно-алгоритмічні комплекси, що реалізують функцію поглибленої оцінки поточного стану технологічного процесу та його еволюції. Сьогодні використовуються як класичні методи математичного моделювання, так і новітні інтелектуальні алгоритми обробки даних [2].

**Результати.** Впровадження LIMS в складі інтегрованої автоматизованої системи управління виробництвом відбувається шляхом реорганізації та доповнення типової лабораторної інформаційної системи віртуальними аналізаторами, з подальшим об'єднанням лабораторних пристроїв в єдину систему. Таким чином LIMS отримує інформацію щодо якості сировини та готової продукції, що дозволяє їй на основі вхідних даних корегувати параметри технологічного процесу для досягнення необхідних показників якості продукції. Результатом впровадження є моніторинг та оптимізація виробничого процесу за рахунок автоматизації процесу обробки оперативних і ретроспективних даних, отриманих з існуючих контрольно-вимірвальних засобів.

До основних задач віртуальних аналізаторів відносяться: прогнозування якості вихідної продукції за результатами аналізу сировинних потоків і заданого управління (технологічного режиму); визначення необхідного технологічного режиму за результатами аналізу сировинних потоків і заданій (бажаній) якості вихідної продукції; визначення вимог до якості сировини виходячи з заданої (бажаного) якості вихідної продукції і типових параметрів технологічної установки.

**Висновок.** Використання даної системи призводить до підвищення оперативності управління виробничим процесом і, як наслідок, рівнем якості продукції. LIMS виключає можливість виникнення помилки при вводі результатів та даних аналізу за рахунок автоматизації цього процесу. Інтелектуальна обробка даних в віртуальних аналізаторах також призводить до пришвидшеного та коректного обчислення результатів, порівняно із звичайною лабораторною обробкою, що в кінцевому підсумку призводить до зменшення витрат при виробництві продукції.

#### **Література**

1. Ицкович Э.Л. Методы комплексной автоматизации производства предприятий технологических отраслей / Э.Л. Ицкович. – М.: КРАСАНД, 2013. – 232 с.
2. Пупков К.А. Современные методы, модели и алгоритмы интеллектуальных систем: [Учеб. пособие] / К.А. Пупков. – М.: РУДН, 2008. – 154 с.

## **Функціонування експертної системи для зберігання овочів та фруктів за технологією «ULO» з використання онтології**

**Євген Проскурка**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

### **Вступ**

Одним з оптимальних способів зберігання овочів та фруктів в складських приміщеннях є технологія «ULO» (Ultra Low Oxygen). За технологією «ULO» відбувається регулювання температури, відносної вологості, відсоткового вмісту кисню та вуглекислого газу в повітрі складських приміщеннях.

### **Матеріали і методи**

Створена онтологія предметної області зберігання овочів та фруктів за технологією «ULO» [1] описує умови зберігання певних видів овочів та фруктів в складських приміщеннях, а саме температуру та відносну вологість повітря в складських приміщеннях, також відсотковий вміст кисню та вуглекислого газу в повітрі і допустимий термін зберігання овочів та фруктів при дотриманні заданих умов зберігання.

### **Результати**

Онтологія предметної області зберігання овочів та фруктів за технологією «ULO» створена за допомогою програмного забезпечення Protégé. Використання програмного забезпечення Protégé дозволяє експортувати розроблену онтологію у вигляді бази знань в експертну систему, яка розробляється за допомогою мови програмування експертних систем – CLIPS.

Функціонування експертної системи відбувається на основі розроблених правил. Розроблені правила використовують знання з бази знань, в якій знаходяться знання з предметної області зберігання овочів та фруктів за технологією «ULO», що були імпортовані з розробленої онтології. Це дозволяє експертній системі визначати по запиту з якими видами овочів та фруктів може зберігатися певний вид, а також визначити оптимальні умови зберігання разом вибраних видів овочів та фруктів за технологією «ULO».

### **Висновки**

Використання експертної системи дозволить оптимізувати використання складських приміщень для оптимального зберігання певних видів овочів та фруктів разом за технологією «ULO» та збільшення строку зберігання та реалізації даної продукції.

### **Література**

1. Proskurka Yevhen, Chelyshev Ivan. 2019. Creating the ontology of the subject area of the storing of vegetables and fruits by the technology «ULO». Сборник публикаций мультидисциплинарного научного журнала «Архивариус» по материалам XXXXII междунардной научно-практической конференции: «Наука в современном мире» г. Киева: сборник со статьями (уровень стандарта, академический уровень). Киев: мультидисциплинарный научный журнал «Архивариус». С. 98-101. DOI: 10.31618/2524-0935-2019-38-5-7.



## **Інформаційні аспекти управління процесами підвищення ефективності та якості технологічного процесу виробництва пива.**

**Романов Микола**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Технологічні процеси в пивоварінні характеризуються, великою складністю і різноманітністю. Загальною характерною рисою всіх існуючих технологічних процесів є те, що для перетворень вихідної сировини, матеріалу чи напівфабрикату, які здійснюються в результаті їх перебігу, в певний кінцевий продукт необхідна велика кількість функціонально відмінних ступенів переробки.

**Матеріали і методи.** Якість пива може бути оцінено кваліметричними методами за допомогою комплексного показника. Виробництво пива є масовим і тому величина комплексного показника якості виробів змінюється. Так, зміна фізико-хімічних властивостей суслу та параметрів затирання та бродіння є основними показниками, які впливають на результат. Крім цього, на якість готового пива дуже впливають вологість товарного солоду, дотримання пауз затирання, вміст ферментів та інші фактори. Через це величина комплексного показника якості готового пива змінюється випадково та має ймовірнісний характер. Показники якості готового пива – вміст білкових речовин, колоїдна стійкість, вміст діацетилу, гіркота, аромат – залежать як від властивостей сировини, що використовується та технології затирання, бродіння, дозрівання, так і від дотримання рецептури виробництва даного сорта пива. Враховуючи вищевказане, робимо висновок, що якість сировини, напівфабрикатів та готової продукції доцільно розглядати як складну систему за допомогою структурно-алгебраїчних методів, основаних на категорійно-функторному підході. Це пояснюється тим, що в самих визначеннях «категорія» - «якість» природно поєднуються властивості системності та інтегрованості. В теорії категорій та функторів визначення властивостей системи здійснюється не на основі розгляду її елементів, а через зовнішні зв'язки, тобто елементи повністю визначаються тільки своїми зв'язками з іншими елементами. Така постановка зумовлена тим, що за допомогою графових конструкцій можна пояснити складні зв'язки окремих показників якості пива.

**Результат.** Основними критеріями при управлінні процесом приготування пива є продуктивність, технологічні втрати та якість продукції. Якщо з першими двома критеріями існує чіткість, то для визначення якості продукції існує багато методів та моделей. Тому, проведений аналіз об'єкта управління з позиції категорійно-функторного підходу дозволив виділити категорії якості, продуктивності та втрат, що характеризуються об'єктами та операціями. Встановлення зв'язку між різними категоріями здійснюється завдяки функторам, які дозволяють, наприклад, для категорії якості - виявити властивості, в тому числі і інформативність, різних показників якості завдяки функторним перетворенням шляхом визначення структури та параметрів функторів (взаємозв'язків між окремими показниками якості).

**Висновки:** Категорійно-функторний аналіз дав можливість розглянути структурні особливості об'єкта в динаміці, які ситуаційно проявляються в взаємозв'язку, що є необхідним для побудови сценаріїв управління, дозволив структурувати показники та зв'язки між ними.

**Література.** Томашевський В. М. Моделювання систем / В. М. Томашевський. – К. : Видавнича група BNV, 2007. – 352 с.: іл.

## Розробка концептуальної моделі електротехнологічного комплексу цукрового заводу

Роговик Андрій, Заєць Наталія

Національний університет харчових технологій

**Вступ.** Автоматизація з використанням найсучасніших підходів потребує постійного вдосконалення. Мета створення концептуальної моделі електротехнологічного комплексу цукрового заводу полягає у вивченні його поведінки в різних ситуаціях, а також знаходження ефективних та оптимальних режимів роботи.

**Матеріали і методи.** Традиційні методи процедурного програмування та моделювання не можуть справитись зі складністю опису процесів, що проходять на цукровому заводі. Тому використання об'єктно-орієнтованого моделювання технологічного комплексу цукрового заводу уніфікованою мовою моделювання UML (Unified Modeling Language) є актуальною задачею. Рішення завдання концептуального моделювання - визначення змістовної складової внутрішньо системних зв'язків, дозволить провести параметричний синтез відповідної системи керування.

**Результати.** З більш ніж десяти типів модельних конструкцій UML – діаграм, що дозволяють розглядати систему під різними кутами зору, в роботі для відображення статичної і динаміки системи використані основні типи діаграм: класів - показує статичну структуру системи; взаємодії - показує часову послідовність використання об'єктів; стану - визначає послідовність станів об'єкта в залежності від зовнішніх дій.

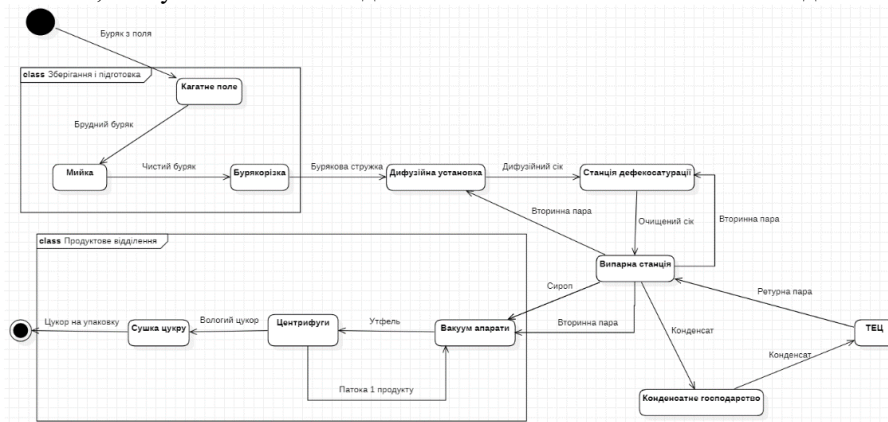


Рис.1. Діаграма стану технологічних процесів цукрового виробництва.

Опис станів дозволяє описати модель поведінки об'єкта при отриманні різних енергетичних потоків і взаємодії його з іншими.

**Висновки.** UML – діаграми дають змогу представити такий складний процес функціонування технологічного комплексу цукрового заводу, причому таким чином, щоб були видні всі зв'язки між цехами, теплові та енергетичні потоки між ними.

### Література.

1. Obstawski P., Kozyrskiy V., Momotyuk V., Zaiets N. Energy efficient intellectual control system of the electro-technological complex of a bread-baking plant. Annals of Warsaw University of Life Sciences. 2017. № 70. P. 95–103.

## **Ідентифікація як стадія життєвого циклу системи тривожної сигналізації**

Альона Шишак

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Ефективність роботи автоматизованої системи керування технологічним процесом в значній мірі залежить від правильного функціонування системи тривожної сигналізації, яка в свою чергу повинна забезпечувати безпеку процесу.

**Матеріали і методи.** В роботі було досліджено технічний звіт №2 по стандарту з розроблення тривожної сигналізації в АСКТП, а саме «Ідентифікація та раціоналізація тривоги».

**Результати.** Однією з найважливіших початкових стадій розроблення системи тривожної сигналізації є ідентифікація тривоги, яка займається збором інформації для визначення і складання переліку потенційних тривоги. Завданням цієї стадії є виявлення таких умов проходження процесу та стану обладнання, які повинні сигналізуватися оператору. Слід виділити діяльності, які виступають джерелами для ідентифікації тривоги:

- **Забезпечення безпеки технологічного процесу** (Process safety management, PSM): до типових видів діяльності регламенту PSM належать: аналіз небезпек технологічного процесу (Process Hazards Analysis, PHA), встановлення безпечних експлуатаційних лімітів процесу передбачених регламентом, ідентифікація механічної надійності устаткування з метою його захисту.

- **Екологічні дозволи** можуть використовуватися для ідентифікації тривоги, які сповіщають оператора про наближення або перевищення допустимих меж екологічно важливих параметрів.

- **Звіти про розслідування інцидентів** можуть рекомендувати додавати або змінювати тривоги, щоб запобігти повторному виникненню інциденту.

- **Якість:** існує кілька національних та міжнародних стандартів та правил (наприклад, CGMPs, ISO), які регулюють процеси дотримання якості продукції.

- **Цілі системи керування:** для вибраних вимірювань технологічних показників можуть бути встановлені тривоги з метою надання конкретних вказівок оператору. Однак не всі вимірювані чи контрольовані змінні потребують тривоги.

- **Проектна документація:** під час періодичних переглядів P&ID схем може бути визначено, що для досягнення цілей керування технологічним процесом та якості продукції можуть знадобитися певні тривоги.

Результатом стадії ідентифікації життєвого циклу системи тривожної сигналізації є список потенційних тривоги, який в подальшому буде аналізуватися на стадії раціоналізації тривоги. Для кожної потенційної тривоги повинен існувати унікальний ідентифікатор (наприклад, alarm tag), а також наводитись короткий опис умов технологічного процесу, які вимагають оповіщення та поле для коментаря.

**Висновки.** Представлення системи через призму її життєвого циклу дозволяє систематизувати уявлення розробників/користувачів про процеси, які відбуваються навколо системи. Етап ідентифікації життєвого циклу системи тривожної сигналізації вимагає значної уваги і є вхідною точкою як вже для існуючих систем, так і нових.

### **Література**

ISA-TR18.2.2-2016, Alarm Identification and Rationalization [Електронний ресурс] // International Society of Automation. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.isa.org/store/isa-tr1802-2016,-alarm-identification-and-rationalization/49849417>

## Аналіз поведінки технологічного комплексу цукрового заводу методами нелінійної динаміки

Олександр Ромащук, Василь Кишенько

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Важливою особливістю технологічних процесів цукрового виробництва є перемінність їх поведінки, яка полягає в послідовній зміні різнохарактерних режимів: детермінованих, стохастичних та хаотичних [1].

**Матеріали і методи.** Найбільш перспективним додатком теорії нелінійних систем з хаотичною поведінкою є прогнозування динаміки породжуваних цими системами часових рядів. Виходячи з теореми Такенса, за часовим рядом єдиної змінної складної нелінійної системи, можна встановити багато властивостей поведінки системи, визначити топологію атратора, оцінити розмірність (ємність) об'єкта, ідентифікувати структуру та параметри прогнозуючих предиктор-функцій [2].

**Результати.** Були проаналізовані часові ряди основних змінних технологічних процесів цукрового виробництва: витрати стружки, соку, сиропу, температури, рН за допомогою графічного тесту хаосу, запропонованого Гілмором. Цей тест виявляє нестійкі квазіперіодичні періоди, укладені в дивному атраторі. Цей метод забезпечує хорошу візуалізацію структурних особливостей часових рядів. Установлено, що спостерігаються різні прояви в поведінці об'єкта управління: наявність інтервальних джокерів і русел, існування квазіперіодичних орбіт, стохастична поведінка. Одним з ефективних методів аналізу часових рядів за оцінкою характеру поведінки об'єкта управління є R / S-аналіз. Характеристикою типу поведінки в цьому випадку є показник Херста H [3].

Властивості часового ряду залежать від того, в який проміжок потрапляє оцінене значення показника Херста або фрактальної розмірності. Було встановлено, що більшість часових рядів є трендостійкими (персистентними), а також спостерігаються сегменти із стохастичною поведінкою. Розмірність вкладення змінювалась в межах від 3 до 12, що дозволяє визначити порядок предиктор-функцій.

**Висновки.** В результаті проведеного дослідження та аналізу часових рядів технологічних змінних можливо визначити характер поведінки складного нелінійного об'єкта і вибрати відповідно з ситуацією необхідний апарат ідентифікації моделей для цілей прогнозування та управління.

### Література

1. Заїка В. І. Керування складним технологічним комплексом сокоочистки цукрового заводу на основі відновлення атратора / В.І. Заїка, В.Д. Кишенько. – XI міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2012)», 9 – 11 жовтня 2012 р.: тези доп. – Вінниця: ВНТУ. – 2012. – С. 124 – 125.
2. F. Takens Detecting Strange Attractors in Turbulence / F. Takens. – Lecture Notes in Math. Vol. 898, Springer, New York 1981.
3. Захаров В.С. Поиск детерминизма в наблюдаемых геолого-геофизических данных: анализ корреляционной размерности временных рядов / В.С. Захаров // Современные процессы геологии. – Сборник научных трудов.– М.: Научный мир. – 2002. – С. 184 – 187

Дослідження системи синергетичного регулювання процесу попередньої дефекації

**Роман Петров, Василь Кишенько**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Технологічний процес попередньої дефекації як об'єкт регулювання характеризується нестаціонарністю та суттєвою нелінійністю, що вимагає для підвищення якості регулювання застосування сучасних методів синергетики.

**Матеріали і методи.** Для розв'язання задачі оптимального керування технологічним процесом попередньої дефекації, застосуємо методологію синергетичного керування, а саме метод аналітичного конструювання агрегованих регуляторів (АКАР) [Ошибка! **Источник ссылки не найден.**]. Згідно із методом АКАР необхідно синтезувати закони керування  $u_1(C_{CaO\_БМ}, C_{c.p.}, T_{д.с.})$ , та  $u_2(C_{CaO\_БМ}, T_{д.с.}, T_p)$ , які забезпечують, при стабілізації температури дефекованого соку,  $T_{д.с.}$ , оптимальне значення величини рН,  $pH_{БМ}$ , дефекованого соку. В якості  $u_1$  вибираємо витрату вапняного молока  $F_{CaO\_БМ}$ ,  $u_2$  - витрата пари  $F_{пари}$ .

**Результати.** На основі моделі апарата попередньої дефекації [1]

$$\frac{dC_{CaO\_БМ}}{d\tau} = \frac{F_{CaO\_БМ} \cdot C_{CaO}^{ex.}}{V} - k_1 \cdot C_{CaO} \cdot C_{c.p.} - \frac{F_{д.с.} + F_{зв.}}{V} \cdot C_{CaO},$$

$$\frac{dC_{c.p.}}{d\tau} = \frac{F_{д.с.} \cdot C_{c.p.}^{ex.} + F_{зв.} \cdot C_{c.p.}^{зв.}}{V} - k_2 \cdot C_{c.p.} \cdot C_{CaO} - \frac{F_{д.с.} + F_{зв.} + F_{CaO\_БМ}}{V} \cdot C_{c.p.}, \quad (1)$$

де:  $F_{CaO\_БМ}$  - витрата вапнякового молока, м<sup>3</sup>/год.;  $F_{д.с.}$  - витрата дифузійного соку, м<sup>3</sup>/год.;  $F_{зв.}$  - витрата соку повернення, м<sup>3</sup>/год.;  $T_{д.с.}$  - температура дифузійного соку, °С;  $T_p$  - температура в паровій сорочці, °С;  $C_{CaO}$  - концентрація вапняного молока, %;  $C_{c.p.}^{ex.}$  - концентрація сухих речовин в дифузійному соку на вході, %;  $C_{c.p.}$  - концентрація сухих речовин в дифузійному соку, %;  $C_{c.p.}^{зв.}$  - концентрація сухих речовин соку повернення, %; згідно із методом АКАР досліджений вплив керувальних дій на якість регулювання.

**Висновки.** Застосування методу АКАР дозволило визначити оптимальні керуючі дії резонансного характеру у відповідності з природною поведінкою об'єкта - апарата попередньої дефекації, що значно підвищило ефективність системи автоматизації.

#### **Література**

1. Заїка В. І. Синергетичний синтез ієрархічної системи керування технологічним комплексом цукрового заводу / В.І. Заїка, В.Д. Кишенько. – Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 4/ (64). – С. 46 – 51.

## Вейвлетний та фрактальний аналіз поведінки технологічних процесів ректифікації спирту

Іван Черпак, Василь Кишенько

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Підвищення ефективності аналізу і управління складними промисловими об'єктами можливо на основі розширення аналітичних інформаційних систем моніторингу, що перетворює загальний технологічний інформаційний потік до оптимального вигляду для ситуаційного аналізу.

**Матеріали і методи.** Основу аналізу є прогнозування динаміки систем за часовими рядами. У даній роботі пропонуються два методи розв'язання задачі виявлення зміни властивостей істотно нестационарного часового ряду. В основі першого методу лежить зв'язок локальної регулярності функції зі значеннями вейвлет-коефіцієнтів [1].

Другий підхід використовує поняття сингулярності в сенсі стаціонарних засад. При цьому наявна реалізація розглядається як випадкова функція, вибирається модель процесу, що залежить від деякого параметра.

**Результати.** Були проаналізовані часові ряди основних змінних технологічних процесів ректифікації спирту: витрати бражки, бражного дистиляту, спирту, температури, концентрації спирту, тиски та рівні в апаратах

Впровадження в механізми обробки даних методів вейвлет-аналізу наочно показує їхню здатність комплексно підходити до розв'язання завдань. Найбільш відомі застосування вейвлет-аналізу для подавлення шуму. Реальні дані часто містять випадваючі ділянки; для обробки таких сигналів розроблені адаптивні вейвлет-методи. Висока потреба в якісних алгоритмах частково задоволена розробленими методами швидких перетворень.

Був використаний вейвлет Морле, перетворення якого задається наступними виразами

$$\psi(t) = e^{-t^2/a^2} \left[ e^{ik_0 t} - e^{-k_0^2 a^2 / 4} \right] \quad (1)$$
$$\hat{\psi}(\omega) = a\sqrt{\pi} \left[ e^{a^2(k_0 - \omega)^2 / 4} - e^{-a^2(k_0 + \omega)^2 / 4} \right]$$

Вейвлет Морле – це плоска хвиля, модульована гаусіаною. Параметр  $a$  задає ширину вейвлет гаусіани, параметр  $k_0$  – частоту плоскої хвилі. Ми вибирали  $a^2=2$  і  $k_0=2\pi$ .

**Висновки.** Використання методів вейвлетного та фрактального аналізу технологічних процесів дозволяє встановити нові фактори впливу на поведінку складних технологічних комплексів, що приведе до підвищення ефективності їх функціонування.

### Література

1. Заїка В. І. Використання вейвлет-аналізу для дослідження часових рядів якісних параметрів роботи станції дефекосатурації цукрового заводу/ В.І.Заїка, В.Д. Кишенько//18 Міжнародна конференція з автоматичного управління "АВТОМАТИКА / AUTOMATICS – 2011", 28 – 30 вересня 2011 р.: тези доп. – Львів. – 2011. – С. 122 – 123.

## **Інтелектуальний вибір методів прогнозування поведінки технологічних об'єктів керування**

**Анна Шкуратько, Василь Кишенько**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Одним з атрибутів інтелектуального керування складними технологічними об'єктами є прогнозування перспективних значень параметрів об'єктів управління, що є прерогативою підсистеми технологічного моніторингу [1]. При цьому властивості складних технічних систем, такі як динамічність, унікальність структури і алгоритму функціонування, неповнота опису, накладають підвищені вимоги до точності і часової оперативності застосовуваних методів прогнозування.

**Матеріали і методи.** Запропоновано метод визначення оптимальних алгоритмів прогнозування, заснований на аналізі прецедентів [2], реалізований із застосуванням штучної нейронної мережі. Забезпечений контроль вибору оптимальних алгоритмів прогнозування, заснований на нечіткій логіці, в якому оновлення (адаптація) нечітких продукційних правил виконується шляхом вилучення знань з прецедентів, що містяться в базі знань

**Результати.** Були проаналізовані часові ряди основних змінних технологічних процесів спиртової та цукрової промисловості: витрати, температури, концентрації, на основі яких був проведений аналіз та вибір методів прогнозування.

Рішенням проблеми неповноти інформації в даному випадку може бути розв'язання задачі «вилучення знань з даних», зокрема, шляхом аналізу прецедентів, що мали місце в минулому. Подібний підхід отримав назву «навчання на прикладах» або «аналіз прецедентів» [2]. Використовувались два варіанти вирішення завдання визначення оптимальних методів прогнозування з використанням аналізу прецедентів: - реалізація виведення на основі прецедентів та реалізація системи нечіткого логічного висновку, в якій множина правил фіксації змін у множині аксіом виконано на основі алгоритмів вилучення знань з множини даних.

Проведена експериментальна оцінка ефективності нечіткого контролю вибору оптимальних методів прогнозування, заснованого на системі нечіткого виведення, за результатами якої зроблені наступні висновки:

- помилка визначення значень для часових рядів технологічних параметрів належить інтервалу 1,85 -21,07%;

Проведена експериментальна оцінка ефективності блоку вибору оптимальних методів прогнозування, заснованого на аналізі прецедентів, виконаного із застосуванням штучних нейронних мереж, за результатами якої зроблені наступні висновки: - помилка визначення значень для часових рядів параметрів належить інтервалу 2,18 -11,7%.

**Висновки.** Застосування розробленого методу визначення оптимальних алгоритмів прогнозування, заснованого на аналізі прецедентів та нечіткій логіці, дозволить визначити оптимальний метод незалежно від сімейства, до якого вони належить, а також знизити часові витрати, пов'язані з розв'язанням даного завдання.

### **Література**

1. Кишенько В.Д. Анализ сложных технологических объектов управления с хаотическим поведением/ В.Д. Кишенько, В.И. Заика// Информационные технологии моделирования и управления. – Воронеж – 2013. – №4(82). – С. 358 – 364.

2. Варшавский П.Р. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений / П.Р. Варшавский, А.П. Еремеев // Искусственный интеллект и принятие решений, №2, 2009. - С. 45-57.

**Дослідження алгоритмів управління структурою складних об'єктів  
 на основі технологій Smart Grid**

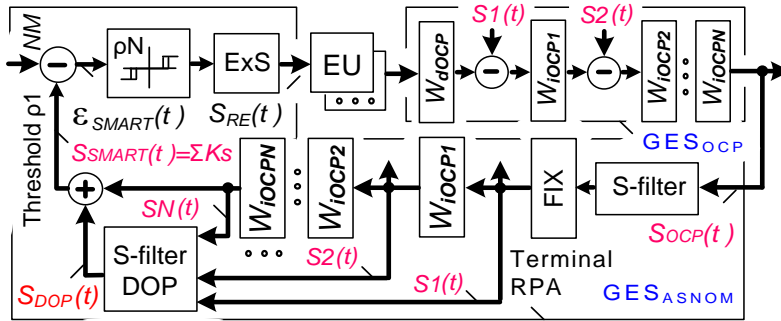
**Ольга Савчук**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Актуальність виходить із концепцій розвитку технологій Smart Grid. Розглядаються алгоритми управління для класу об'єктів із змінною внутрішньою структурою з мінімальною прив'язкою до параметрів енергомереж.

**Матеріали і методи.** Проблемою стійкості роботи системи стабілізації є недостатність обсягу інформації про стан об'єкта, схожість за структурою і змістом задових, нерозпізнаних ситуацій з основними смисловими ситуаціями, в яких може перебувати об'єкт. Синтезовані алгоритми розробляються структурно-інформаційним (SI) методом, що відноситься до динамічного розпізнавання образів.

**Результати.** Управління виконується в рамках сформованої автоматичної системи стабілізації нормального режиму (АСНОМ) роботи. Вхідною координатою є вектор зміни структури ОСР, вихідною - потужність попередньо сформованого сигналу  $S(t)$  про стан об'єкта. Об'єкт описується на часовій осі відповідними смисловими ситуаціями  $SN(t)$ . Стабілізація досягається за критерієм мінімуму відхилення потужності смислового сигналу  $S(t)$  від уставки системи «Нормальний режим» (NM) роботи (Рис.).



**Рис. Формування правил  $P_{Доп}$  розпізнавання  $SN(t)$  в схемі  $GES_{ASНОМ}$**

**Висновки.** Метою є розробка та дослідження на основі середовища Matlab динамічних алгоритмів управління в аварійних режимах роботи і алгоритмів стабілізації в нормальному режимі роботи об'єкта.



## **22.2.**

### **Information technology**

**Chairperson – professor S.M. Chumachenko**  
**Secretary – associate professor M.P. Kostikov**

## **22.2.**

### **Інформаційні технології**

**Голова – проф. С. М. Чумаченко**  
**Секретар – доц. М. П. Костіков**

## 1. Automated Waste Processing at the Enterprises by the Flow Method

Olena Andriiuk, Ihor Andriiuk

*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Waste recycling is a rather complex process, which is not used by all enterprises due to its complex and high cost, and it has a rather strong environmental impact.

**Materials and methods.** The following research methods were used in writing the abstracts: comparative, synthesis, and analysis. The flow method was considered in the researching as a method of waste recycling.

**Results.** The flow method is a progressive, most efficient form of production process organization, based on rhythmic repetition and consistency over time of basic and auxiliary operations performed at specialized workplaces located in the process, where the transfer of work items from operation to operation minimal time spent on special vehicles. The streaming production method is the most sophisticated in terms of clarity and completeness, in which the workpiece in the process of processing moves along a fixed shortest route at a predetermined rate. At the same time, the basic principles of rational organization of the production process are maximally implemented: specialization, direct flow, parallelism, continuity, proportionality and rhythm. As a result, high productivity is achieved and the quality of manufacturing is ensured, with significant savings in labor, material and energy resources compared to non-flow production.

Automatic production lines are characterized by the unification into a single complex of technological and auxiliary equipment of vehicles, as well as automatic centralized control of processes of processing and moving of objects of work. On these lines, all technological, auxiliary and transport processes are fully synchronized and operate in a single beat (rhythm).

The most important condition for the flow organization of production is a stable concentration in a single production unit of large scale production of homogeneous or structurally and technologically similar products. In mass production, characterized by steady production of homogeneous products, flow is the main method of its organization. It is also used during many — and medium-scale production, especially at sites where assemblies and components are manufactured. In single production, the elements of flow production are used to produce unified parts and components.

When researching the current method of waste treatment at enterprises, it was found that this method is one of the most convenient and best methods of recycling compared to other known methods of recycling. Also, this method is quite advantageous from an economic point of view as well as from the point of view of time spent on processing waste.

**Conclusions.** Thus, it can be considered that the current method of waste treatment at the enterprise is one of the most convenient and fast methods of waste treatment at the enterprise. This method has a significant impact on the total amount of recycled waste in many countries around the world.

### References

1. Stolberg, F. V. (2000). *City Ecology*. Kyiv: Libre, 298 p.
2. Meinander, M. et al. (2013). *VTT Technology 60: Directions of Future Developments in Waste Recycling*. [ebook] Espoo: VTT, 143 p. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/259475762>

## 2. Data Security in Computer Networks

**Olena Andriiuk, Ihor Andriiuk**

*National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*

**Introduction.** Data protection is one of the main problems of a computer network, since the advantage of the network is the access to shared data and devices, which causes the possibility of unauthorized access to the data.

**Materials and methods.** The presented research studies specialized techniques and types of network security.

**Results.** The most popular network security methods are access control, anti-malware, application security, behavioral analytics, data loss prevention, e-mail security, firewalls, intrusion detection and prevention, mobile device and wireless security, network segmentation, security information and event management (SIEM), Web security, VPN as a tool, typically based on IPsec or SSL, that authenticates the communication between a device and a secure network, creating a secure, encrypted “tunnel” across the open internet.

There is also some specific method which is called Ethical Hacking, also known as penetration testing or pen testing, is legally breaking into computers and devices to test an organization’s defenses.

At present, the mechanism of personal data protection is not sufficiently advanced and needs to be substantially refined. One of the most common practices of intruders on the networks is to intercept packets and replace them or forward them to another recipient. Therefore, all modern network protocols are usually equipped with recognition tools. Separate servers that issue electronic certificates are used for recognition. Certification servers are used on all sufficiently powerful operating systems.

One of the mechanisms of packet recognition is the placement of the same pseudorandom number generators from the sender and receiver. Each package is denoted by a pseudorandom number, which is compared with the same number of the recipient.

Two metrics are used to measure recognition accuracy: the False Acceptance Rate (FAR) and the False Rejection Rate (FRR). Data security is the protection of network resources from destruction and data protection from accidental or intentional disclosure, as well as from unauthorized changes. Therefore, information security is a complex system of measures to provide the necessary level of protection of personal information on computer networks.

It can be argued that the packet recognition system is quite effective in setting up this particular data protection system on computer networks fairly easily.

**Conclusions.** Thus, we can see that the application of the packet recognition method is one of the best and affordable methods for protecting personal information on the network.

### References

1. *On the Protection of Personal Data* (Law of Ukraine of June 2, 2010 No. 2297-V). Available at: <http://www.president.gov.ua/documents/11965.html>.
2. Gundar, K. et al. (2008). *Information Protection in Computer Systems*. Kyiv: Korniychuk, 152 p.
3. Gerasimenko, V. A. (1997). *Fundamentals of Information Protection*. Moscow: Inkombuk, 537 p.
4. Brown, S. (2001). *Virtual Private Networks*. Moscow: Radio and Communication, 376 p.

### 3. Reducing the Risks of Completing Tasks in IT Projects Through Personalized Distribution Among Participants

Myroslava Gladka<sup>1</sup>, Yaroslav Hladkyi<sup>2</sup>

1 – Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine

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

**Introduction.** The implementation of IT projects is accompanied by risks in their implementation: deviations from the budget, implementation deadlines, changes in tasks and functionality. High-quality and timely implementation of project work depends on the distribution of tasks between project participants.

**Materials and methods.** The main executors of the project are participants who implement the entire body of work from the initialization process to the delivery and maintenance of the project. Therefore, it is the project participants that are the key factor in the implementation of the project in accordance with the plan.

**Results.** Risk management is carried out at all stages of the project life cycle using monitoring and adjustments to the implementation plan. The responsibility for the implementation of the project lies with the project manager, and it is precisely on his qualifications and the correct distribution of tasks between the participants that the overall project performance depends. For the correct appointment of executors for the project, the project manager must constantly monitor the qualifications and competencies of all participants in the project team.

When designing a project plan and allocating resources, it is necessary to take into account unforeseen risks and to plan manpower reserves, which will help offset the disruption of IT project. Each reserve must be planned taking into account the maintenance costs and the losses incurred in the event of deviation from the plan. For companies running multiple automation projects, it is necessary to create a reserve structure, determine the priorities and importance of the roles of participants in each of the projects.

Precautions should be taken to reduce the risks:

- Identify the most important risks (time, resources, financing) and qualify the plan accordingly with the chosen strategy.
- Determine the amount of expenses for risk prevention and loss from the occurrence of risk.
- Prioritize tasks and functions that are included in the project implementation process.
- Make a decision to prevent project disruption by leaving the project participant.
- When the implementation depends on the complexity of the implemented function and/or the number of participants implementing a specific task, each of the risks is determined, both qualitative and quantitative.

**Conclusions.** A clear distribution of tasks among the participants of the project team will reduce the risks of implementation and ensure compliance with the regulations of the project of implementation of the information system.

#### References

1. Гладка, М. В., Бойко, Р. О., Гладкий, Я. В. (2019). Оцінювання бізнес-процесів підприємств з використанням методу функціонально-вартісного аналізу АВС. *Наукові праці НУХТ*, Т. 25, № 1, с. 7–15.
2. Гладка, М. В., Майстренко, А. С. (2015). Вибір систем управління проектами для виробничих підприємств. *Наукові праці НУХТ*, Т. 21, № 3, с. 115–121.

#### 4. Typical Platform of a Decision Support System Software Complex in an Enterprise Management System

Serhii Hrybkov<sup>1</sup>, Valery Litvinov<sup>2</sup>, Hanna Oliinyk<sup>1</sup>, Valeriia Chobanu<sup>1</sup>

1 – National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

2 – Institute of Mathematical Machines & Systems Problems of the NASU, Kyiv, Ukraine

**Introduction.** Decision support systems for planning the production activities of enterprises is an integral part of automated enterprise management systems, so that the development and testing of standard design solutions in this area is currently relevant.

**Materials and methods.** Modern decisions concerning properties and criteria for selection of platforms for software implementation of web-oriented client-server systems in application to design of decision support systems were studied.

**Results.** In the presented paper, a typical platform of a software complex of decision support systems in the enterprise management system is offered. The decision on set of typical program components of systems of support of decision-making and decisions on their joint application are based on classical multilayered architecture with distribution on following components:

- is a layer of controllers, through which the interaction with the client part is provided;
- adapters at the level of which data is converted from customer requests to the main business objects on which further processing is performed;
- classes checking the input data for compliance with established rules;
- business services that are directly responsible for executing business logic;
- auxiliary tool classes to which business services delegate the execution of individual transactions;
- repositories designed for direct handling of data.

The program system is designed to “thin client” and includes: software platform Spring Framework, which in general provides the construction of software infrastructure of the subsystem; means of Junit library and Mockito software platform for modular and integration testing of the code of the developed system; Hibernate object-relational mapping tools for working with data; HTTP Request-Response protocol as the basis for interaction between the server and the client side; Open API describing the interfaces between the server and client parts; means of forming web-pages for displaying them in the user’s browser; an approach and tools for continuous integration to the development of situation center code based on the Jenkins software product.

**Conclusions.** The given model of interoperable aggregate of program platforms provides performance of all basic stages on creation of a decision-making support subsystem — from construction of a program infrastructure of a subsystem to modular and integration testing of a program code. The basic advantage of the offered model is an easy application of protection systems — from standard alloying to introduction of electronic-digital signatures. The proposed software and technology solutions presented in the model have been successfully tested in the decision support system for the formation and operational reconfiguration of production plans for the implementation of enterprise contracts [1].

#### References

1. Hrybkov, S. V., Lytvynov, V. A., Oliinyk, H. V. (2018). Web-Oriented Decision Support System for Planning Agreements Execution. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/2 (99), pp. 13–24. DOI: 10.15587/1729–4061.2018.132604.

## 5. Процес автоматизації очищення стічних вод від важких металів

Олена Андріюк, Ігор Андріюк

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Процес очищення стічних вод від важких металів є важливою складовою збереження навколишнього середовища від забруднення та запобігання знищенню екосистеми. Пошук шляхів автоматизації цього процесу на сьогоднішній день лишається актуальним та нагальним завданням.

**Матеріали і методи.** Одним із методів очищення стічних вод є регулювання величин активної реакції (рН) та окисно-відновного потенціалу (Eh). Мета дослідження — визначення переваг автоматизованої системи очищення стічних вод за допомогою регулювання рН та Eh.

**Результати.** Для забезпечення необхідної точності у регулюванні величини рН стоків використовуються системи автоматичного регулювання (САР) різних типів. Основною ланкою такої САР є змішувач-реактор, який виступає в ролі об'єкта регулювання.

Величини рН та Eh змінюються внаслідок дозування хімічних реагентів або в результаті змішування різних категорій стоків. Зокрема, якщо при змішуванні сильних кислот та основ зміна рН середовища має логарифмічну залежність від концентрації іонів водню, то при очищенні стічних вод зміна цього параметру має більш складний характер. Регулювання цих параметрів здійснюється додаванням відповідних реагентів у змішувачі-реактори.

Було встановлено, що для забезпечення необхідної точності у регулюванні рекомендується система автоматичного дозування реагенту із застосуванням засобів, які підтримують пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) закон регулювання із використанням принципу динамічних коефіцієнтів.

На відміну від звичайного ПІД-регулятора, коефіцієнти пропорційної, інтегральної та диференціальної складової змінюються автоматично в процесі регулювання залежно від поточного за заданого значень рН. Це дозволяє більш плавно та швидко регулювати рН, і за рахунок цього оптимізувати витрату реагенту в залежності від вихідних показників стічної води.

У системі проводиться оперативний збір інформації про поточні значення рН, відповідність роботи механізмів системи, обробка підсумкової інформації і обліку витрат компонентів. Вся інформація в автоматичній системі дозування надходить на ПК оператору і створюються бази даних для ведення обліку.

**Висновки.** У результаті проведеного дослідження було встановлено, що метод очищення стічних вод за допомогою регулювання величин активної реакції (рН) та окисно-відновного потенціалу (Eh) є одним із найбільш дієвих методів для очищення стічних вод від важких металів, а також від ряду інших типів забруднюючих матеріалів.

### Література

1. Висоцький, С. П., Филипчук, В. Л., Филипчук, Л. В. (2009). Глибока очистка багатокомпонентних металомістких стічних вод із корегуванням мінерального складу. *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту*, № 2 (9), с. 241–245.
2. Филипчук, Л. В. (2010). Автоматизація процесу регулювання рН та Eh при очистці стічних вод від важких металів. *Коммунальное хозяйство городов*. К.: Техніка, 2010, № 93, с. 151–156.

## 6. Системи управління захистом персональних даних клієнтів банку

Олена Андріюк, Ігор Андріюк

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** У сучасному інформаційному суспільстві захист персональних даних клієнтів банку є важливою складовою успішного функціонування банку в конкурентному середовищі. Банківська інформація вимагає належного захисту на законодавчому, технологічному та управлінському рівнях.

**Матеріали і методи.** У дослідженні було розглянуто сучасні методи забезпечення захисту інформації, зокрема для персональних даних.

**Результати.** На сьогодні механізм захисту персональних даних клієнтів банку недостатньо досконалий і потребує суттєвого доопрацювання. Самий процес роботи банків з персональними даними регулюється не тільки шляхом прийняття відповідних процедурних документів в самому банку, але і на державному рівні. Це реалізується шляхом прийняття відповідного спільного документу Національним банком України та Державною службою України з питань захисту персональних даних. На даний момент використовуються такі методи протидії несанкціонованому збору інформації в банку:

- розроблення відповідної нормативної бази, яка регулює режим і порядок доступу, зберігання і використання інформації банку;
- контроль дотримання заходів інформаційної безпеки працівниками банку;
- захист інформації в засобах і мережах її передавання та обробки;
- розмежування доступу до інформаційних ресурсів;
- контроль і реєстрація дій з інформацією і програмами.

Забезпечення інформаційної безпеки банку — це складна система заходів із забезпечення необхідного рівня інформованості керівництва і персоналу банку, а також зовнішнього середовища, ефективний захист усіх видів інформації від зовнішніх і внутрішніх загроз, що досягається організацією збору інформації про внутрішнє і зовнішнє середовище банку, проведенням інформаційно-аналітичного дослідження клієнтів, партнерів та конкурентів, інформаційного аудиту та інформаційного моніторингу в банку, аналітичною обробкою інформації, організацією системи інформаційного забезпечення прийняття рішень керівництвом банку; визначенням категорій банківської інформації та виробленням відповідних заходів її захисту. Ми пропонуємо застосовувати тести IT-інфраструктури на проникнення, які сприяють ефективному інформаційному захисту компанії.

**Висновки.** Застосування спеціалізованих систем моніторингу подій інформаційної безпеки і використання нетрадиційного аудиту інформаційної безпеки, тестів на проникнення є найбільш ефективним на сьогоднішній час.

### Література

1. Швець, В. А., Домарев, В. В., Шестаков, В. В. (2006). *Організаційне забезпечення захисту інформації з обмеженим доступом*. К.: НАУ, с. 108.
2. *Про захист персональних даних* (Закон України від 2 червня 2010 року № 2297-V). [Електрон. ресурс]. URL: <http://www.president.gov.ua/documents/11965.html>.
3. Домарев, В. В., Домарев, Д. В. (2012). *Управління інформаційною безпекою в банківських установах (теорія і практика впровадження стандартів серії ISO 27k)*. Донецьк: Велстар, 146 с.

## **7. Захист інформації при кібератаках**

**Олена Андріюк, Микола Поляков**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Із появою електронних носіїв інформації виникла задача захисту інформації. Із розвитком інформаційних технологій і технологій захисту виникають усе більш серйозні віруси та алгоритми зламу.

**Матеріали і методи.** У дослідженні було розглянуто сучасні алгоритми зламу, принципи кодування вірусів, а також базові технології захисту інформації.

**Результати.** Кіберзлочин (комп'ютерний злочин) — суспільно небезпечне винне діяння у кіберпросторі та/або з його використанням, відповідальність за яке передбачена законом України про кримінальну відповідальність та/або яке визнано злочином міжнародними договорами України. З виникненням прикладних програм, таких як онлайн банк (Приват24, Ощад та ін.) у потенційних злочинців є мета дізнатись інформацію про особистий електронний осередок користувача.

Якщо розібрати усі кібератаки та злами, можна виділити основні три типи:

- 1) звичайні віруси (трояні, комп'ютерні хробаки, фішингові листи);
- 2) цільові атаки, які націлені на конкретних людей та організацій;
- 3) кіберзброя — найнебезпечніші атаки нашого століття.

Звичайні віруси це найпоширеніші типи вірусів, вони складають 90% всіх кібератак. Цільові атаки займають 9,9% всіх кібератак. Розробити вірус для цільової атаки занадто складно, тому цей вірус може нашкодити окремим особам або організаціям, він не поширюється через Інтернет. Кіберзброєю майже не можна відслідковувати, і вона є найбезпечнішою, може спричинити дуже велику шкоду та мільйонні збитки для компаній. Ці атаки складають 0,1%.

У дослідженні зроблено акцент на звичайні віруси та альтернативні методи боротьби з ними. В наш час віруси роблять багатьма способами, наприклад, як форму для реєстрації або авторизації, але із невеликими змінами, а саме в URL посиленні замінюється одна буква так, щоб не було помітно користувачу. Метод розв'язання цієї проблеми, пропонувані авторами — зробити штучну нейронну мережу, яка буде зберігати велику кількість верифікованих сайтів і не буде давати змоги перейти на шкідливі.

Якщо це стосується форм для реєстрації або авторизації на сайті, які ще не ввійшли до хмарного сховища, штучна нейронна мережа перевіряє цей сайт віртуальними тестовими даними та тестує кількість спроб входу, оскільки шкідливі ресурси зазвичай не мають обмежень по кількості спроб для входу.

**Висновки.** Із розвитком технологій розвивається сфера кіберзлочинів, тому модель захисту систем є актуальною і дозволить значно зменшити ризик стати жертвою кібератаки як спроби реалізації загрози.

### **Література**

1. Шаховал, О., Лозова, І., Гнатюк, С. (2016). Рекомендації щодо розробки стратегії забезпечення кібербезпеки України. *Захист інформації*, Т. 18, № 1, с. 57–65. [Електрон. ресурс]. URL: <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/ZI/article/viewFile/10113/13301>.
2. *Про основні засади забезпечення кібербезпеки України* (Закон України від 05.10.2017 №2163-VIII). [Електрон. ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2163-19>.



## 8. Система обліку проходження людей в гуртожиток

Олена Андріюк, Микола Поляков

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** У нинішній час стрімкого розвитку різноманітних технологій звичайні системи контролю допуску потребують оновлень, що в результаті має забезпечити підвищення рівня безпеки людей.

**Матеріали і методи.** У наведеному дослідженні авторами розглядається система контролю доступу — особлива картка, яка видається на контролі пропуску і має унікальне значення-ключ.

**Результати.** Система контролю доступу — це сукупність програмно-технічних засобів та організаційно-методичних заходів, за допомогою яких розв'язується завдання контролю та управління відвідуванням окремих приміщень, а також оперативний контроль переміщень на території об'єкта.

Ідентифікаторами можуть слугувати магнітні картки, безконтактні проксиміті-карти, зображення райдужної оболонки ока, відбиток пальця та інші фізичні ознаки. Кожен ідентифікатор характеризується унікальним двійковим кодом. У системі контролю доступу кожному коду ставиться у відповідність інформація про права і привілеї власника ідентифікатора.

Перспективними на сьогоднішній день є безконтактні радіочастотні картки («proximity»). Вони спрацьовують на відстані і не вимагають чіткого позиціонування, що забезпечує стійку роботу і зручність використання, високу пропускну здатність системи.

Зчитувач генерує електромагнітне випромінювання певної частоти і, при внесенні карти до зони дії зчитувача, це випромінювання через вбудовану в карті антену живить чіп картки. Отримавши необхідну енергію для роботи, карта пересилає на зчитувач свій ідентифікаційний номер за допомогою електромагнітного імпульсу певної форми і частоти.

Одним із наявних шляхів підвищення безпеки людей та збереження їх речей під більшим контролем є формування обліку входу та виходу з будівлі по власному, унікальному ключу, прив'язка кімнати гуртожитку до перепустки. Завдяки цьому буде покращена ефективність безпеки людей в будівлі.

Проект реалізується на принципі роботи оптичних турнікетів, які використовуються там, де треба вести облік за відвідувачами, а також візуальний контроль на прохідний. Є можливість використання програми для будь якого типу турнікету, тому проект є унікальним.

Основні функції — це облік часу та ідентифікування системою особи, яка проходить по особливій картці, збереження в базі на віддаленому диску або просто на носії фізичної пам'яті, прив'язка людини до кімнати, можливість життєздатності програми/базу у разі знеструмлення, а саме швидке перезавантаження системи від акумуляторів або від універсальних мобільних пристроїв.

Витрати на запропонований авторами проект набагато менші за існуючі, які мають менший спектр функцій.

**Висновки.** Кожна людина хоче відчувати себе у безпеці, тому питання оновлення або розширення функцій, які мають бути вже зараз на пропускних пунктах, є актуальним. У наведеному проекті було розглянуто доступну альтернативу більш дорогим готовим об'єктам.

## 9. Розроблення електронного словника технічних термінів польської мови

Олена Арсеній, Микола Костіков

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Інформатизація освіти спонукає до розроблення та використання електронних засобів навчання. Це важливо і при опануванні іноземної технічної літератури, адже нині співпраця з іноземними партнерами — дуже поширене явище.

**Матеріали і методи.** У дослідженні було розглянуто можливості застосування сучасних методів об'єктно-орієнтованого програмування та зокрема мови програмування C# із метою розроблення електронного словника технічних термінів польської мови. В якості джерела даних для наповнення цього електронного засобу навчання було взято наявні матеріали з польсько-українського словника технічних термінів, призначеного для використання студентами-інженерами.

**Результати.** Інформаційні технології дозволяють зробити навчання різних предметів більш ефективним і цікавим за рахунок використання спеціально розроблених електронних засобів навчання. Не винятком є і процес вивчення лексики іноземних мов, де у пригоді стають різноманітні електронні словники.

Нині існує широкий вибір програмного забезпечення в галузі лексикографії для різних мов, однак поки що такими програмами покрито не всі наявні проблеми при навчанні. Серед іншого, бракує засобів для засвоєння фахової лексики студентами-інженерами, зокрема при вивченні польської мови фахівцями з інформаційних технологій та суміжних спеціальностей.

Із метою розв'язати цю проблему в ході дослідження було проаналізовано наявні можливості щодо виправлення ситуації. В результаті вирішено розробити електронний словник технічних термінів польської мови на основі матеріалів відповідного паперового словника, підготовленого до друку викладачами НУХТ, НУБіП та інших навчальних закладів у 2018–19 рр. Оригінальний словник містить значний обсяг спеціальної лексики для студентів-інженерів, зокрема з інформаційних технологій, автоматизації виробництва, радіозв'язку, електротехніки, фізики, хімії тощо. Для проєктованого електронного словника планується взяти підмножину слів, які стосуються безпосередньо інформаційних технологій.

Для проєктування графічного інтерфейсу користувача пропонується взяти мову програмування C#, а також скористатися середовищем розробки Microsoft Visual Studio. В сукупності ці технології дозволяють створювати програмне забезпечення, яке без проблем працює під ОС Microsoft Windows, що на сьогоднішній день лишається найбільш популярною серед користувачів ПК у світі, зокрема і студентів.

В якості СУБД пропонується використати SQLite. Ця система безкоштовна для використання та розповсюдження. Вона дає змогу створити локальну базу даних, яка не потребує налаштування і запуску сервера. Всі дані зберігаються в одному файлі, з яким можна працювати з-під будь-якої ОС. Крім того, що найбільш важливо для нашої розробки, СУБД SQLite дозволяє використовувати широкий набір кодувань символів, у тому числі Unicode і зокрема UTF-8. Це кодування, на думку авторів, найбільш зручне для зберігання польських слів через наявність літер, нестандартних для традиційної латинської абетки, та викликані цим особливі правила сортування.

**Висновки.** У перспективі використання розробленого словника технічних термінів польської мови дасть змогу не лише підвищити ефективність вивчення іноземної мови, а й також зробити цей процес більш простим і цікавим для студентів.

## 10. Розроблення інформаційної системи перекладу для польської мови

**Антон Вакуленчик, Микола Костіков**

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** У зв'язку зі зростаючою співпрацею кафедри інформаційних систем із іноземними партнерами постає потреба у швидкому та зручному обміні інформацією, а також у описі та презентації спільних проєктів на веб-сторінках.

**Матеріали і методи.** У ході проєктування та реалізації інформаційної системи перекладу для польської мови було застосовано сучасні методи веб-програмування, зокрема мови PHP і JavaScript. Крім того, в розробці було використано таблиці стилів CSS, фреймворк Laravel, бібліотеку jQuery, операційну систему Xinux OpenServer та API для перекладу від Google.

**Результати.** Проведений аналіз існуючої ситуації на кафедрі щодо перекладів інформації для закордонних партнерів виявив одну з нагальних проблем. Досі при написанні матеріалів викладачам необхідно було залучати перекладача, а також фахівця, який буде створювати окремі веб-сторінки різними мовами та викладати їх у мережу.

При цьому вже розроблено цілий ряд онлайн-перекладачів, однак вони існують окремо від систем керування вмістом (CMS), таких як WordPress та інших. Із огляду на це, було вирішено розробити інформаційну систему у вигляді веб-сайту із вбудованим перекладачем, який би дав змогу пришвидшити та полегшити роботу по створенню багатомовних веб-публікацій.

Для проєктування інтерфейсу користувача та клієнтської частини сайту було використано мову розмітки HTML, каскадні таблиці стилів (CSS), мову програмування JavaScript і бібліотеку jQuery. Натомість для створення серверної частини сайту було застосовано мову програмування PHP і веб-фреймворк Laravel із відкритим кодом, призначений для розробки з використанням архітектурної моделі MVC. Для керування веб-сервером було взято відкриту операційну систему Xinux OpenServer, а для бази даних — СУБД MySQL.

Власне для перекладу тексту в системі було використано відкрите API від компанії Google. По натисненню кнопки «Перекласти текст» за допомогою мови JavaScript і технології AJAX формується запит до API на переклад тексту. Після цього сервер надсилає у відповідь переклад, який заноситься в текстове поле. У цьому полі за потреби можна відредагувати отриманий текст.

Крім основного завдання перекладу матеріалів, у створеній системі реалізовано функцію пошуку публікацій за ключовими словами та текстом, а також можливість залишати коментарі під публікаціями. Сайт має не лише звичайну, а й мобільну версію, розроблену з використанням CSS, завдяки чому веб-сторінки є адаптивними та коректно відображаються на пристроях із різною роздільною здатністю екранів.

Без реєстрації на розробленому сайті можна лише переглядати створені публікації. Це режим, у якому з матеріалами можуть ознайомитися зовнішні користувачі, тобто передусім іноземні партнери. Натомість після реєстрації в системі користувач отримує доступ до розширеного функціоналу, в якому можна створювати, редагувати та видаляти публікації, а також подібним чином керувати категоріями, тегами та коментарями.

**Висновки.** Завдяки створеній системі пришвидшується та полегшується робота по створенню багатомовних веб-публікацій, що дає змогу обмінюватись інформацією із закордонними партнерами без зайвих зусиль і залучення зовнішніх фахівців.

## 11. Створення інформаційної системи відділу збуту ПрАТ «Овруцький хлібозавод»

Андрій Гавриловський, Наталія Ліманська

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Для оптимізації одного із відділів хлібозаводу, а саме відділу збуту, та прискорення його роботи доцільно було створити систему оптимізації обробки даних.

**Матеріали і методи.** Для реалізації функцій системи було досліджено діяльність відділу збуту та здійснено вибір програмного забезпечення, алгоритми реалізації функцій системи. Функціональна модель роботи відділу розроблена за допомогою CASE-засобу AllFusion Process Modeler. Логічна та фізична модель розроблена за допомогою CASE-засобу. Інтерфейс програми розроблений за допомогою Microsoft Visual Studio 2012.

**Результати.** На основі отриманих даних було проведено аналіз діяльності відділу збуту. Також досліджено характеристику наявних заходів безпеки, інформацію про технологічне оснащення, роль і взаємодію підрозділу підприємства з іншими структурними підрозділами. В результаті було сформовано схему організаційної структури підприємства, наведену на рис. 1:

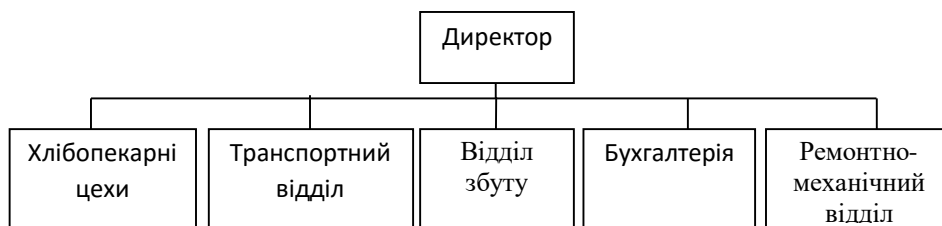


Рис. 1. Організаційна структура ПрАТ «Овруцький хлібозавод»

Робота відділу збуту на хлібокомбінаті повинна бути спрямована на виконання виробничого завдання і приводити до відповідальності за результати збутової політики підприємства. Для того, щоби діяльність підприємства була найбільш ефективною необхідне швидке прийняття рішень та володіння достатнім обсягом актуальної, достовірної та вичерпної інформації.

Сучасні інформаційні системи можуть одночасно виконувати децентралізовану обробку інформації на робочих місцях виконавців в складі розподіленої бази даних, при цьому забезпечуючи спільне функціонування комп'ютера в процесі колективної обробки.

На базі отриманих даних можна одержати інформацію про продукцію, яка найчастіше замовляється, сформуванати розпорядок на виготовлення продукції для виробничого цеху, контролювати виплати та заборгованості клієнтів та інші необхідні для прийняття рішень дані. Результати для зручності можна імпортувати у Word та відобразити у вигляді діаграм в Microsoft Excel.

**Висновки.** Запропонована авторами інформаційна система в майбутньому дасть змогу оптимізувати роботу відділу збуту. Результати дослідження доцільно використовувати для полегшення обробки замовлень та прискорення заповнення супровідних документів.

## 12. Залежність яскравості освітлення від інтенсивності трафіку за допомогою інтернету речей (IoT)

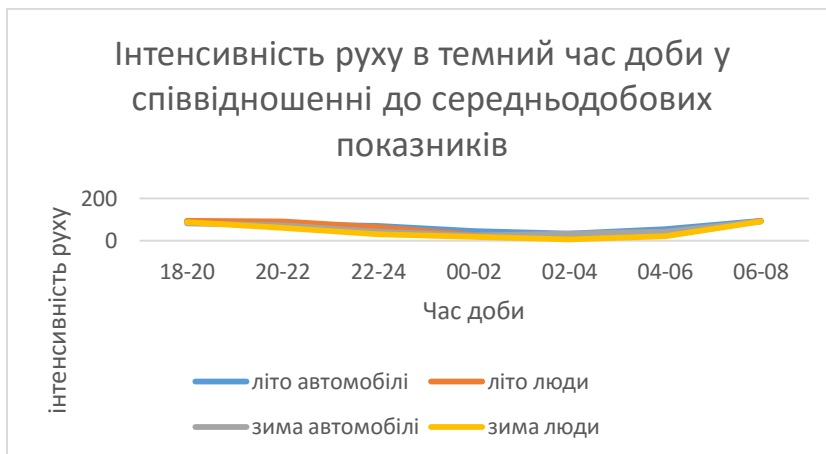
Ярослав Гозак<sup>1</sup>, Мирослава Гладка<sup>1</sup>

*1 – Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна*

**Вступ.** Яскравість освітлення вуличними лампами може регулюватися датчиками освітлення та датчиками руху, що націлені на рух людей або транспорту.

**Матеріали і методи.** Експериментальні дослідження були проведені на наборі світлодіодів (світлодіоди SMART PIXEL D-12MM WS-2811), чия яскравість змінювалася відповідно до показників датчиків світла (фотодіоду GL5528) та руху (інфрачервоний датчик руху HC-SR501). Споживання електроенергії вимірювалось та розраховувалось стандартними методами в місті Київ на Дарницькій площі.

**Результати.** У процесі дослідження та моніторингу інтенсивності руху на основі даних з датчиків, що виконувалось протягом 2019 року встановлено залежність інтенсивності руху від часу доби та періоду року (рис.1):



**Рис. 1. Інтенсивність руху в темний час доби  
у співвідношенні до середньодобових показників**

Визначено можливу економію електроенергії за рахунок зменшення інтенсивності освітлення вночі та за відсутності людей чи транспорту. Вважаючи, що в період з 12 години ночі до 6 години ранку інтенсивність трафіку та наявність людей на вулицях міста значно нижча, ніж ввечері та зранку цей проміжок часу (у 6 годин) може бути використаний для зменшення інтенсивності освітлення міста.

Споживання енергії світлодіодними лампами на 85–90% нижче, ніж у ламп розжарювання. Час неактивності людей у темну пору доби складає 66% влітку та 50% взимку. Якщо зменшувати інтенсивність освітлення вночі до 30% від стандартної яскравості, то, враховуючи, що трафік зменшиться до 20% від вечірнього, можна досягти економії електроспоживання до 73,22%

**Висновки.** Зменшення інтенсивності освітлення вночі та варіювання освітлення залежно від інтенсивності трафіку вночі має позитивний вплив. Це суттєво зекономить електроенергію, покращить екологію та біологічні ритми людей і тварин у місті за рахунок суттєвого зменшення яскравості міста в цілому.

### 13. Функціональне моделювання бізнес-процесів закупівлі відділу матеріально-технічного постачання

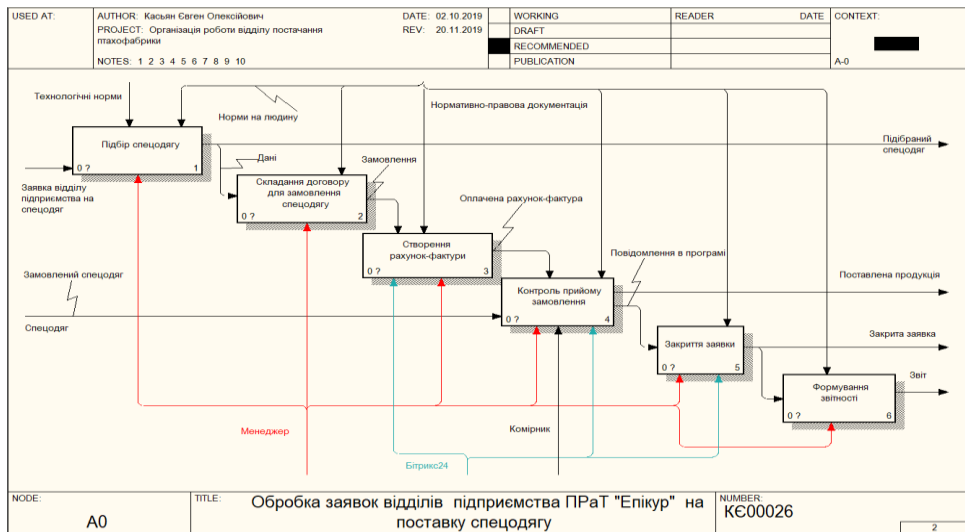
Лариса Загорівська, Євгеній Касьян

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Для розроблення або вдосконалення інформаційних систем, що автоматизують бізнес-процеси підприємств, необхідно мати засоби для їх ретельного вивчення та аналізу. Такі потреби забезпечує функціональне моделювання.

**Матеріали і методи.** Для побудови функціональної моделі бізнес-процесів закупівлі використана методологія структурного аналізу та проектування SADT зі стандартом IDEF0 та інструментальний засіб — система AllFusion Process Modeler. Також узята інформація про існуючий порядок реалізації бізнес-процесів закупівлі.

**Результати.** Побудовано функціональну модель процесу закупівлі відділу постачання типового підприємства. Модель розроблено на основі існуючого порядку робіт для організації закупівлі. Це ієрархія діаграм, яка дозволяє нам розкрити бізнес-процеси згори донизу. Приклад діаграми обробки заявок наведено на рис. 1:



Аналіз функціональної моделі дав можливість виявити недоліки в існуючій організації закупівель. Встановлено, що менеджери нехтують плануванням закупок на довготривалий період часу, усі форс-мажорні та непередбачувані ситуації вирішуються в момент їх настання. Для уникнення подібних ситуацій запропоновано розробити модуль прогнозування потреб забезпечення виробництва та інтегрувати його до існуючої інформаційної системи підприємства.

**Висновки.** Функціональне моделювання виявило слабкі та недосконалі сторони організації бізнес-процесів і дозволило побудову моделі їх удосконалення.

#### Література

1. Маклаков, С. В. (2007). *Моделирование бизнес-процессов с AllFusion Process Modeler*. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 224 с.

#### 14. Функціональне моделювання бізнес-процесів збору та оброблення інформації щодо працевлаштування випускників НУХТ

Лариса Загоровська, Олена Малиновська  
Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Для аналізу показників працевлаштування випускників НУХТ центром моніторингу якості освіти постала потреба формування і оброблення цієї інформації.

**Матеріали і методи.** Для функціонального моделювання бізнес-процесів використано методологію структурного аналізу та проектування SADT зі стандартом IDEF3 та інструментальний засіб — систему AllFusion Process Modeler.

**Результати.** Моніторинг працевлаштування випускників є кропітким процесом, що передбачає цілий ряд процедур збору та оброблення значної кількості інформації. Для вивчення і візуалізації відповідних бізнес-процесів розроблено функціональну модель у вигляді ієрархії діаграм. На рис. 1 наведено діаграму формування та обліку інформації щодо працевлаштування випускників, яка відображає такі етапи: збір первинних даних, обробка отриманої інформації та формування узагальненого звіту

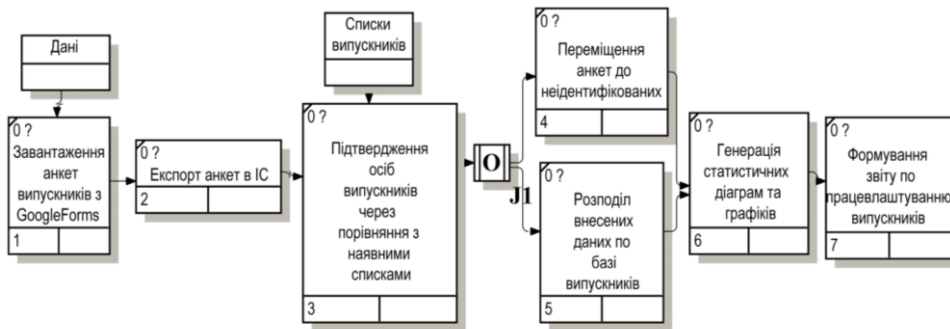


Рис. 1. Діаграма обліку інформації по працевлаштуванню випускників

Для накопичення інформації розроблено анкету засобами Google Forms, що вміщує 17 запитань, які умовно поділяються на ідентифікаційні, основні та додаткові. Після заповнення анкети студентом дані зберігаються на Google-диску, де і відбувається обробка інформації, тобто перевірка належності респондента до числа випускників та введених ним ідентифікаційних даних (освітнього ступеня, форми навчання, освітньої програми, тощо).

Після цього інформація імпортується до бази даних та систематизується за такими параметрами, як «факультет», «освітня програма», «освітній ступінь», «форма навчання» та «місце роботи». Як результуючий документ формується таблиця-звіт, що містить узагальнені дані щодо працевлаштування по кожному з вищезазначених критеріїв.

**Висновки.** Виявлені інформаційні потоки будуть покладені в основу формування бази даних інформаційно-облікової системи працевлаштування випускників НУХТ.

#### Література

1. Маклаков, С. В. (2007). *Моделирование бизнес-процессов с AllFusion Process Modeler*. М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 224 с.

## 15. Розроблення структури модуля електронного засобу вивчення методу аналізу ієрархій

Лариса Загоровська, Діана Шпаченко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Одним зі способів підвищення якості навчання є використання в освітній діяльності інформаційних технологій. Із їх використанням розробляються різноманітні засоби електронного навчання, такі як підручники, посібники, лабораторні практикуми, тренажери та засоби тестування набутих знань.

**Матеріали і методи.** У наведеному дослідженні авторами було використано системний підхід до структуризації навчального матеріалу, ієрархічну структуру його подання, а також методи і засоби розв'язання слабоструктурованих, багатокритерійних задач прийняття рішень.

**Результати.** Комп'ютеризація навчання та розвиток мережі Інтернет спонукають викладачів та студентів НУХТ до розроблення електронних засобів навчання. Зокрема, для опанування тем дисципліни «Теорія прийняття рішень» запропоновано використовувати електронні тренажери. Передбачається, що вони не лише забезпечать вивчення теоретичного та практичного матеріалу за змістовими модулями робочої програми, але й дадуть змогу перевіряти рівень знань опрацьованих тем.

Розроблено структуру електронного тренажера для вивчення методу аналізу ієрархій (МАІ). Він має деревоподібну структуру та містить три складові:

- теоретична частина, де міститься основні теоретичні відомості стосовно методу аналізу ієрархій;
- практична частина, що містить методи, прийоми та приклади за допомогою яких інформація перетворюється на знання;
- моніторингова частина, де представлено тести для закріплення пройденого матеріалу.

В теоретичній частині пояснюється призначення МАІ, сутність та алгоритм його використання для розв'язування слабоструктурованих, багатокритерійних задач прийняття рішень. Зазначено, що доцільність застосування МАІ при прийнятті рішень в умовах багатокритерійності зумовлена його дієвістю та надійністю. МАІ дозволяє комплексно оцінити альтернативні рішення за якісними та кількісними критеріями, проранжувати критерії вибору альтернатив, порівняти їх та обрати найкращу.

У практичній частині подано приклад розв'язання задачі вибору кращої електронної книги з трьох варіантів за трьома критеріями. У моніторинговій частині подано тести для перевірки знань студентів за заданою темою.

У подальшому цей модуль буде впроваджено як структурну одиницю до електронного засобу вивчення дисципліни «Теорія прийняття рішень».

**Висновки.** Використання студентами такого тренажера дозволить індивідуалізувати і систематизувати навчальну діяльність, ефективно здійснювати перевірку контролю знань студентів, сформулювати та підвищити рівень їх інформаційно-комунікаційної культури.

### Література

1. Саати, Т. (1993). *Принятие решений. Метод анализа иерархий*. М.: Радио и связь, 278 с.



## 16. Аналіз комутації елементів системи збору психофізичних даних

Микола Карпенко, Андрій Мошенський, Сергій Чумаченко

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Система збору психофізичних даних матиме у своєму складі датчики температури, дихання та пульсу. Завдяки ним система матиме можливість провести аналізи. Показники з датчиків на тілі солдата будуть висвітлюватися на дисплеї носія та передаватися в режимі реального часу іншим бійцям та командирі.

**Матеріали і методи.** Для поєднання пристроїв між собою було обрано безпроводовий канал зв'язку, а саме радіомодуль NRF24L01.

**Результати.** NRF24L01 із підсилювачем та антеною має змогу передавати пакети на 1 км, при прямій видимості — до 2 км. У місті, зважаючи на перепони бетонних конструкцій, дальність зв'язку приблизно 450 м. Порівняно з аналогами (наприклад, Lora), NRF24L01 найбільш дешевий.

Радіомодуль NRF24L01, як і кожен інший модуль, має ряд переваг та недоліків.

Серед переваг можна виділити найбільш вагомі: дешевизна та мала енергозатратність. Система "розумного дому" зазвичай базується саме на NRF24L01. Тобто обмін пакетами використовується у так званому «інтернеті речей» (IoT), де абонентами виступають прилади, а не люди. Таким чином, контролер може без участі оператора дистанційно керувати датчиками та зчитувати їхні показники.

З цієї особливості випливає і головний недолік радіомодуля, який у нашому випадку недоліком не є, а саме мала швидкість. При звичайній мережі Wi-Fi можна надіслати файли різного формату (PDF, docx, png, avi тощо) і прийняти їх на свій мобільний пристрій. NRF24L01 може лише передавати та приймати бінарні коди. Саме мала швидкість і невелике енергоживлення роблять цей радіомодуль кращим варіантом, адже система має кріпитися на тіло солдата та живитися від змінних джерел живлення (наприклад, акумулятори\батареї).

Однак іще на початку аналізу були виявлені інші особливості NRF24L01, які потрібно освоїти:

- одночасно радіомодуль може «слухати» лише 6 радіомодулів подібного типу (однак нічого не заважає «слухати» і більше радіомодулів, користуючись почерговим слуханням кожного з них);
- мережа на радіомодулі NRF24L01 має топологію дерева, тобто один вузол є базою, а всі інші вузли є дітьми або цього вузла, або іншого. Кожен вузол може мати до 5 дітей, і це може заглиблюватися на 5 рівнів, а це означає, що ми можемо створити мережу із загальної кількості 3125 вузлів.

Однак у такому разі, якщо вузол 011 хоче поговорити з вузлом 02, зв'язок повинен буде проходити через вузол 01 та базовий вузол 00, тому ці два вузли повинні бути активними весь час, аби спілкування пройшло успішно.

Для зручності підключається бібліотека RF24. Мережа пристроїв будується за допомогою бібліотек RF24Network та RF24Mesh. Дані з пристроїв можна буде в подальшому передавати в базу даних.

**Висновки.** Подібні системи зв'язку наразі використовуються для керування апаратами на радіокеруванні, створення систем типу «розумний дім». Це підтверджує той факт, що розробки в даному напрямі є перспективними. Вартість розробки окупиється. Впровадження такої мережі в систему дозволить пришвидшити оперативність дій військових і дозволить їм бачити стан своїх товаришів, що у свою чергу може зменшити можливі втрати на полі бою через невчасну медичну допомогу.

## 17. Створення електронного засобу навчання іменників польської мови

Олександр Марченко, Микола Костіков

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Інформаційні технології дозволяють зробити навчання різних предметів більш ефективним і цікавим за рахунок використання спеціально розроблених електронних засобів навчання. Не винятком є і процес вивчення граматики іноземних мов, де у пригоді також може стати відповідне програмне забезпечення.

**Матеріали і методи.** У дослідженні було розглянуто можливості застосування сучасних методів об'єктно-орієнтованого програмування та зокрема мови програмування C# із метою розроблення електронного засобу навчання іменників польської мови. В якості джерела даних для наповнення цього електронного засобу навчання було взято наявні матеріали з електронного граматичного словника іменників польської мови.

**Результати.** Нині існує широкий вибір програмного забезпечення для вивчення різних предметів, однак поки що такими програмами покрито не всі наявні проблеми при навчанні іноземних мов. Серед іншого, бракує засобів для засвоєння граматики слов'янських мов, зокрема словозміни польської мови. Відмінювання слів у цій мові є досить складним, адже в ньому існує багато особливостей і винятків із правил, що ускладнює процес опанування мови студентами.

Із метою розв'язати цю проблему в ході дослідження було проаналізовано наявні можливості щодо виправлення ситуації. В результаті вирішено розробити електронний засіб навчання іменників польської мови на основі вже існуючого електронного граматичного словника, який містить понад 350 найбільш частотних іменників.

Серед основних функцій, які планується розробити, є наступні:

- засвоєння теоретичного матеріалу — базових правил словозміни;
- вправи для набуття та закріплення навичок словозміни;
- тести для контролю засвоєння матеріалу;
- облік успішності студента і відображення статистики в особистому кабінеті.

Для проектування графічного інтерфейсу користувача пропонується взяти мову програмування C#, а також скористатися середовищем розробки Microsoft Visual Studio. В сукупності ці технології дозволяють створювати програмне забезпечення, яке без проблем працює під ОС Microsoft Windows, що на сьогоднішній день лишається найбільш популярною серед користувачів ПК у світі, зокрема і студентів.

В якості СУБД пропонується використати SQLite. Ця система безкоштовна для використання та розповсюдження. Вона дає змогу створити локальну базу даних, яка не потребує налаштування і запуску сервера. Всі дані зберігаються в одному файлі, з яким можна працювати з-під будь-якої ОС.

**Висновки.** У перспективі використання розробленого електронного засобу навчання іменників польської мови дасть змогу не лише підвищити ефективність вивчення іноземної мови, а й також зробити цей процес більш простим і цікавим для студентів.

### Література

1. Schildt, H. (2010). *C# 4.0: The Complete Reference*. New York: McGraw-Hill, 976 p.
2. Troelsen, A. (2010). *Pro C# 2010 and the .NET 4 Platform*. New York: Apress, 5<sup>th</sup> ed., 1753 p.

## 18. Розроблення інтерактивного додатку для вивчення мови програмування C#

Андрій Маяка, Микола Костіков

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Завдяки розповсюдженню інформаційних технологій у багатьох сферах людської діяльності попит на кваліфікованих фахівців із програмування продовжує зростати. Тож завдання ефективного навчання цього фаху лишається актуальним.

**Матеріали і методи.** У дослідженні було розглянуто можливості навчання мови програмування C# шляхом створення та використання інтерактивного додатку. Для його реалізації було проаналізовано сучасні середовища розробки та обрано Unity.

**Результати.** Розглянуте в дослідженні середовище Unity забезпечує розробників додатків наступними можливостями:

- написання коду мовою програмування C#;
- наявність власного компілятора та редактора;
- створення графічних об'єктів та інтеграція їх до програми;
- використання компонентно-орієнтованого підходу;
- створення локацій, додання на них об'єктів і тестування результатів роботи в реальному часі.

У ході проведеного дослідження було створено електронний засіб навчання для вивчення мови програмування C# у вигляді інтерактивного додатку. Розроблений засіб призначений передусім для студентів ВНЗ, а також інших охочих початківців, які цікавляться програмуванням.

Функціонал додатку є наступним: спершу користувач отримує задачу, пов'язану з ігровим полем (наприклад, перемістити героя на декілька клітинок уперед). Для розв'язання цієї задачі він має поле текстового редактора, в якому необхідно записати код. Після виконання цього коду задача має бути розв'язана. Наочне відображення виконання написаного коду дозволяє зрозуміти, як саме працює написаний код, що, своєю чергою, допомагає краще запам'ятати роботу з бібліотеками, класами, методами.

Під час традиційного вивчення мови C# для ознайомлення з матеріалом, який міститься в інтерактивному додатку, необхідно від 4 до 12 годин. За допомогою додатку цей час можна скоротити до однієї години, не втрачаючи при цьому якості розуміння матеріалу студентом.

Використання середовища розробки Unity дозволило створити оптимізований додаток, який функціонує без збоїв на всіх протестованих у дослідженні ПК, які працюють під управлінням різних версій ОС Microsoft Windows.

Представлений інтерактивний додаток призначений як для студентів, що починають вивчати програмування, так і для звичайних користувачів, які вирішили самостійно розпочати вивчення програмування. Завдяки своїй інтерактивності додаток може бути застосований до різних вікових груп. Основною його перевагою є наочність виконання написаного коду та гнучкість до вікової категорії користувачів.

**Висновки.** Перспективи використання створеного інтерактивного додатку полягають у більш ефективному навчанні студентів мови програмування C#.

### Література

1. Schildt, H. (2010). *C# 4.0: The Complete Reference*. New York: McGraw-Hill, 976 p.
2. Troelsen, A. (2010). *Pro C# 2010 and the .NET 4 Platform*. New York: Apress, 5<sup>th</sup> ed., 1753 p.

## 19. Дослідження та розроблення СППР управління виробництвом ТОВ «Продоко»

Марія Ольшевська, Сергій Грибков, Ольга Сєдих

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Робота присвячена вдосконаленню системи управління макаронним виробництвом за рахунок розроблення та впровадження СППР на основі використання сучасних алгоритмів та інформаційних технологій.

**Матеріали і методи.** Використовувалися такі методи, як наукова абстракція, синтез, аналіз, порівняння та дедуктивний метод.

**Результати.** Створено модель структури даних для СППР, після чого на її основі згенеровано структури бази даних в СУБДMS SQL Server 2008 R2. Створено елементи СППР, що забезпечують реалізацію основних функцій планування, виконання замовлень та інформаційну підтримку основних задач керівника виробництва та змінних майстрів.

Для розв'язання задачі планування виконання замовлень запропоновано використання методів, що базуються на мета-евристиці, а саме: метод рою часток, метод рою світлячків, алгоритм пошуку зозулі, алгоритм пошуку косяком риб, а також їх модифікації. Проведено обґрунтування вибору мета-евристичних алгоритмів та їх адаптацію до вирішення основної задачі планування виконання замовлень.

Для завдань безперервної нединамічної оптимізації, де потрібно знайти рішення якнайкраще і достатній запас часу, підійдуть алгоритми, в яких використовують градієнт: рою частинок, рою світлячків, косяка риб, оскільки їх частки сходяться в околицю екстремуму і потім крок їх переміщень знижується, алгоритм починає виконувати локальний пошук, і як результат — зменшуються околиці екстремуму.

Алгоритми ройового інтелекту можуть бути адаптовані до вирішення багатокритеріальної задачі. Але за своєю природою найбільш підходить для таких завдань алгоритм рою світлячків, оскільки кожна частка виконує черговий крок, орієнтуючись на всі частинки, що займають кращі позиції. Це дозволяє алгоритму краще дослідити компромісні області простору пошуку рішень в багатокритеріальних задачах. Алгоритм пошуку косяком риб є універсальним методом для знаходження оптимуму функцій будь-якої складності.

Розроблена система дає змогу сформуванню плану виконання замовлень з урахуванням особливостей виробничого процесу підприємства. Забезпечує підтримку прийняття рішень при виникненні позаштатних ситуацій. Створена СППР використовувалась протягом трьох місяців на підприємстві ТОВ «Продоко». За результатами перевірки ефективності апробації СППР, керівництво ТОВ «Продоко» навело ряд рекомендацій по її удосконаленню, а саме: Необхідністю формування завдань на виконання замовлень у різних поширених форматах (PDF), а також формування усієї звітної документації та розташування її на серверах компанії.

**Висновки.** Розроблено елементи СППР, що забезпечують реалізацію основних функцій планування, виконання замовлень та інформаційну підтримку основних задач керівника виробництва та змінних майстрів.

### Література

1. Hrybkov, S. V., Lytvynov, V. A., Oliinyk, H. V. (2018). Web-Oriented Decision Support System for Planning Agreements Execution. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/2 (99), pp. 13–24. DOI: 10.15587/1729–4061.2018.132604.

## 20. Проектування інформаційної системи хімлабораторії для defeкоcатураційного відділення ПрАТ «Гнідавський цукровий завод»

Олександра Сверблик, Олена М'якило

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Метою дослідження є визначення вимог щодо структури інформаційної системи відділення defeкоcатурації цукрового заводу.

**Матеріали і методи.** Взято результати дослідження процесу фільтрування дифузійного соку на автоматизованій фільтрувальній станції, сатурації та defeкації, отримані аналізи з хімлабораторії, які дозволяють встановити фактори, що впливають на технологічний процес. Для моделювання інформаційної системи використовувався пакет CASE-засобів ERWin Process Modeler та ERWin Data Modeler.

**Результати.** У ході дослідження було встановлено, що інформаційна система повинна бути змодельована та виконана як підсистема, що забезпечує збирання, пошук, оброблення і пересилання інформації в межах підприємства.

У ході моделювання бази даних інформаційної системи було визначено, що необхідна наявність 11 таблиць (сутностей): (Працівник, Сульфітаційний сік, Defeкований сік, Сатураційний сік, Фільтрований сік, Сироп, Аналіз, Посада, Продукт, Журнал змінного технолога, Нормативи), кожна з яких має ряд атрибутів. Сутність «Продукт» утворює категоріальний зв'язок з сутностями Сульфітаційний сік, Defeкований сік, Сатураційний сік, Фільтрований сік, Сироп. Визначено, що наявність журналу змінного технолога в інформаційній системі дозволяє заносити результати аналізів продуктів, порівнювати їх із нормативами та аналізувати хід технологічного процесу.

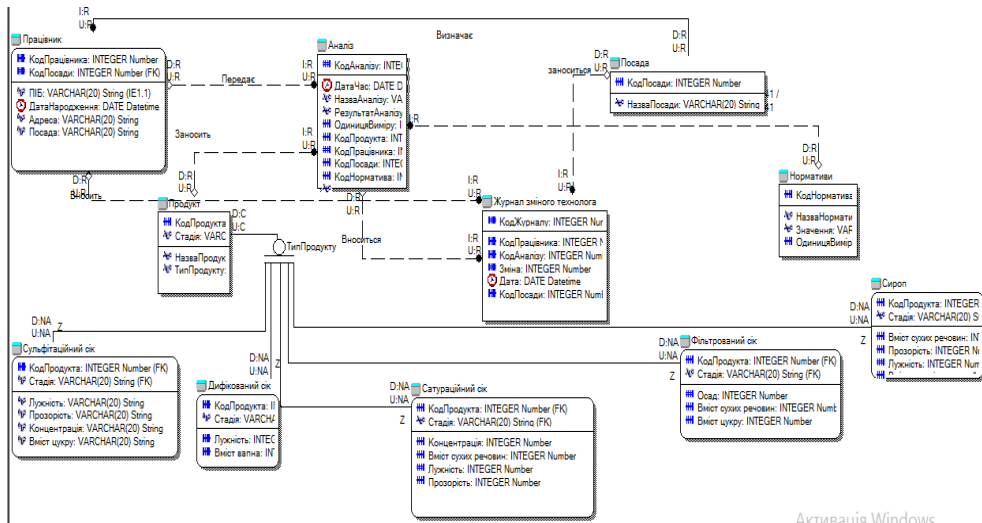


Рис. 1. Схема бази даних defeкоcатураційного відділення

**Висновки.** Результати дослідження показали, яку структуру сутностей та атрибутів повинна містити база даних інформаційної системи для розв'язання поставлених завдань.

## 21. Проектування інформаційної системи підприємства з встановлення засобів контролю та охорони «СіБеКо»

Христина Фень, Олена М'якшило

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Метою дослідження є визначення вимог щодо організації структури даних інформаційної системи підприємства для подальшого проектування.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводились на основі отриманої інформаційної бази підприємства «СіБеКо», що містила у собі відомості про структуру роботи підприємства, Для моделювання майбутньої системи використовувалися CASE-засоби ERWin Process Modeler та ERWin Data Modeler.

**Результати.** У ході дослідження було встановлено, що інформаційна система має бути змодельована та виконана у вигляді клієнт-серверної системи, що забезпечує збирання, пошук, оброблення та доступ до інформації у межах роботи підприємства.

У ході моделювання бази даних інформаційної системи визначено, що необхідна наявність 9 таблиць (сутностей): (Клієнт (фізична/юридична особа), Працівник, Замовлення, Постачальник, Графік поставок, Пристрій, Вид послуг), кожна з яких міститиме певний ряд атрибутів. Сутність «Клієнт» має містити можливість вибору серед сутностей юридична/фізична особа. Визначено, що наявність графіку поставок у системі дозволяє складати більш точний та детальний бланк замовлення. Також вирішено використовувати у структурі інформаційної системи наявність вартості послуг та пристроїв, щоб забезпечити можливість складання рахунку вартості послуг.

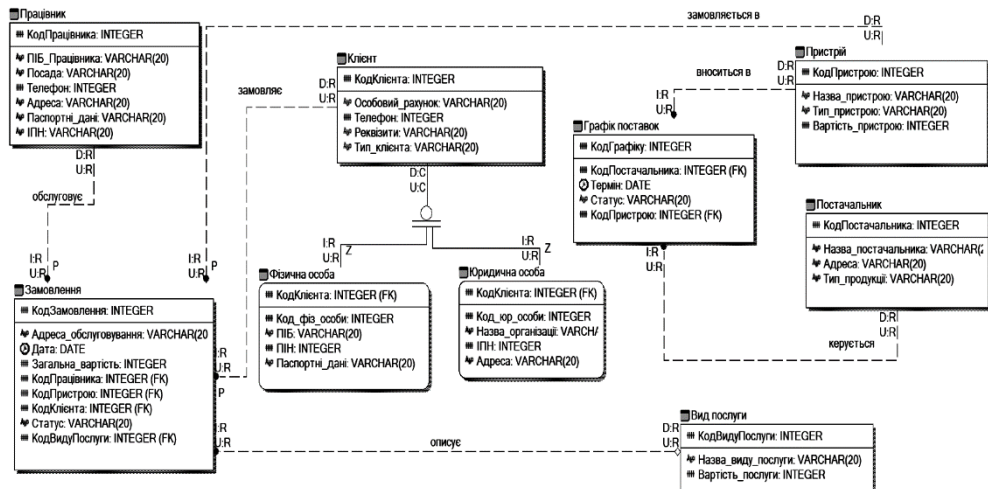


Рис. 1. Схема бази даних підприємства

Також встановлено, що такі атрибути, як «дата народження» і «дата виготовлення пристрою» не обов'язкові при розробленні інформаційної системи та можуть лише більше навантажити її.

**Висновки.** Дослідження показало, яку структуру сутностей і атрибутів повинна мати база даних інформаційної системи підприємства, які атрибути та сутності слід обов'язково включити у перелік необхідних, а які серед них можна вважати зайвими для розробки.

## 22. Дослідження та розроблення підсистеми підтримки прийняття рішень для технолога ТОВ «Слобожанський бекон»

Олена Фурта, Сергій Грибков, Ольга Сєдих

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Ефективність функціонування будь-якого харчового підприємства залежить від швидкого та коректного виконання замовлень в повному асортименті та обсязі, що дуже актуально на підприємствах м'ясо-ковбасної промисловості.

**Матеріали і методи.** У дослідженні було використано аналітичні методи, методи класифікації, а також проаналізовано вітчизняні та закордонні літературні джерела.

**Результати.** Було проведено дослідження та розроблення підсистеми підтримки прийняття рішень (ПППР) для її подальшого використання на підприємстві з виготовлення ковбасних та м'ясних виробів. Кінцевою метою розробки є підвищення ефективності управління підприємством.

Запропоновано структуру PPPP, що базується на використанні «хмарних» технологій. Розроблено модель бази даних та обґрунтовано доцільність використання як інформаційного джерела системи. Розроблено web-інтерфейс користувача, реалізовано модулі вирішення задач прийняття рішень. Проведено дослідження та обґрунтовано вибір метаевристичних популяційних алгоритмів для розв'язання задачі виконання замовлень. Запропоновано та обґрунтовано обрання й удосконалення алгоритмів мурашиної колонії, зграї вовків та генетичних алгоритмів, а також проведено їх апробацію для розв'язання поставлених задач.

Обґрунтовано структуру PPPP, з використанням хмарних технологій, а також, розроблено структури БД. Розроблено модулі, що використовують запропоновані модифікації алгоритмів мурашиної колонії, зграї вовків та генетичного, що використовується для розв'язання виявлених задач PPPP для технолога підприємства. Створена підсистема підтримки прийняття рішень діяльності технолога підприємства з виготовлення ковбасних та м'ясних виробів була передана на ТОВ «Слобожанський бекон». Під час апробації PPPP показала свою ефективність при формуванні оперативно-календарних планів. При використанні PPPP відмічено скорочення часу реконфігурації оперативно-календарних планів на короткі проміжки часу, при виникненні термінових замовлень та позаштатних ситуацій. Виникнення позаштатних ситуацій обумовлено в перебоях постачання сировини та матеріалів, а також, при термінових ремонтно-профілактичних роботах на технологічному обладнанні.

Здійснено впровадження та апробація створеної PPPP на ТОВ «Слобожанський бекон», що засвідчило: формування оптимальних оперативних планів виконання замовлень за короткі періоди, що в свою чергу забезпечило зменшення кількості некондиційної продукції при виготовленні та мінімізацію витрат на 15%.

**Висновки.** Розроблення підсистеми підтримки прийняття рішень для технолога PPPP сприятиме покращенню виробничої діяльності за рахунок вироблення та прийняття ефективних управлінських рішень, що в кінцевому результаті забезпечить збільшення прибутку підприємства.

### Література

1. Hrybkov, S. V., Lytvynov, V. A., Oliinyk, H. V. (2018). Web-Oriented Decision Support System for Planning Agreements Execution. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/2 (99), pp. 13–24. DOI: 10.15587/1729–4061.2018.132604.

### 23. Дослідження методів пошуку та залучення клієнтів малого підприємства з відкритих джерел мережі Інтернет

Олена Харкянен, Артем Макаренко

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Прогрес інформаційних технологій відбувається стрімкими темпами: відкриваються нові технології, пропонується нова реалізація традиційних задач, робота і відпочинок людей переходять у онлайн-режим, розвивається використання різноманітних мобільних пристроїв.

**Матеріали і методи.** Досліджено, порівняно і обрано найбільш ефективні методи маркетингу та технології Data mining для пошуку та залучення нових клієнтів малих підприємств. Виділено основні помилки при залученні клієнтів через Інтернет, здійснено аналіз існуючих програмних засобів для пошуку нових клієнтів.

**Результати.** Згідно даних світових статистичних звітів, кількість продажів у Інтернеті зростає з року в рік. Основний притік нових клієнтів — це користувачі мережі Інтернет. Тому дослідження методів пошуку нових клієнтів у мережі Інтернет на сьогоднішній день є актуальним завданням, оскільки суспільство все більше залежить від онлайн-ресурсів, а паперова реклама поступово втрачає свої позиції.

Малі підприємства, як правило, мають обмежений бюджет, не достатній для проведення великих, дорогих маркетингових кампаній для залучення нових клієнтів. Тому дослідження способів застосування маркетингових методів та інформаційних технологій які потребують мінімальних фінансових та витрат трудових ресурсів для формування рекламних кампаній є актуальним завданням.

Поєднання маркетингових методів, які показали найкращі результати за критеріями обсягу фінансових витрат на впровадження, витратами людино-годин, прогнозом приросту клієнтів, а саме «Чат-бот», «Контекстна реклама» «Рекламні розсилки», метод Data Mining A/B-тестування для класифікації клієнтів малого підприємства та розроблений алгоритм «Створення універсального портрету потенційного клієнта для малих підприємств» були покладені в основу розробки інформаційної технології пошуку та залучення нових клієнтів малого підприємства.

Інформаційна підтримка пошуку нових клієнтів на основі запропонованої технології є простою у застосуванні, відповідає критерію мінімальності витрат, використовує програмне забезпечення, що є у вільному безкоштовному доступі в мережі Інтернет.

**Висновки.** Запропонована інформаційна технологія «Налаштування контекстної реклами для потенційних клієнтів малого підприємства» ґрунтується на комбінуванні маркетингових та Data Mining методів у певній послідовності, що надає підприємству можливість продуктивно залучати нових потенційних клієнтів із відкритих джерел мережі Інтернет.

#### Література

1. Kharkianen, O., Makarenko, A. (2019). Development of a mobile application for a customer manager of furniture factory based on android operating system. *International round table "Intelligent methods of cyber security threat analysis"*, Kyiv, KNEU, Nov. 21–22, 2019.
2. Барсегян, А. А., Куприянов, М. С., Степаненко, И. И., Холод, И. И. (2007). *Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP*. СПб.: БХВ-Петербург, 2-е изд., 384 с.



#### 24. Використання технології Text Mining для аналізу успішності маркетингових кампаній харчового підприємства

Олена Харкянен, Рамазан Ханбабасєв

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Майже кожна дія в сучасному суспільстві лише за собою невеликі шматочки даних. Кожен продаж товарів генерує деяку кількість інформації, яка при правильному аналізі може забезпечити конкурентну перевагу на міжнародному ринку шляхом виявлення прихованих зв'язків між великими наборами даних.

**Матеріали і методи.** У дослідженні розглянуто можливості технології Data Mining і Text Mining.

**Результати.** Маркетингові відділи харчових підприємств здійснюють просування товарів за допомогою проведення різноманітних маркетингових кампаній у засобах масової інформації, на телебаченні, радіо, в Інтернеті, на рекламних щитах, застосовують рекламу на транспорті тощо. Після проведення маркетингової кампанії виникає необхідність оцінити її результати, знайти слабкі та сильні сторони проведених заходів, визначити реакцію споживачів.

Сучасна технологія Data Mining стає все більш популярною в галузі маркетингу, оскільки надає інструментарій для отримання, обробки та аналізу великих обсягів інформації. Традиційні методи оцінки доцільно поєднувати з сучасними способами на основі використання технології Text Mining. Вона розроблена на основі статистичного і лінгвістичного аналізів, методів штучного інтелекту і призначена для проведення аналізу, забезпечення навігації і пошуку знань у неструктурованих текстах з мережі Інтернет, соціальних мереж, месенджерів тощо.

Серед програмних засобів, що реалізують технологію Text Mining, можна виділити наступні: Clearforest, Copernic Summarizer dtSearch, Insightful Infact, Orange, GATE, RapidMiner.

Дослідження способів використання технології Text Mining для цілей маркетингу показало можливість її застосування для великого спектру задач. Однією з яких є аналіз реакції споживачів на проведену підприємством маркетингову кампанію. Аналіз здійснювався у компонентному програмному пакеті Orange3 Text. Даними були твіти користувачів з реакцією на проведену маркетингову кампанію підприємства, отримані за допомогою Twitter API — інтерфейсу створення додатків від соціальної мережі Twitter.

Процес аналізу текстових документів можна представити як послідовність з п'яти кроків: пошук інформації, попередня обробка документів, витягнення інформації, застосування методів Text Mining, інтерпретація результатів. Для аналізу проведеної маркетингової компанії методом Text Mining була налаштована модель робочого процесу в Orange з використанням різноманітних віджетів. Візуалізація результатів здійснена на основі отриманої хмари зі слів та діаграми, що відображує розподіл постів за емоційним забарвленням. Вони дозволили зробити висновок, що проведена маркетингова кампанія прийшла до душі користувачам соціальної мережі Twitter, оскільки на діаграмі домінує емоція «радість», а негативні емоції має невелика частина твітів.

**Висновки.** Використання Text Mining дає можливості аналізу великих обсягів неструктурованих текстів у пошуках тенденцій, шаблонів і взаємозв'язків, здатних надати додаткову об'єктивну, корисну інформацію для прийняття управлінських рішень.

## 25. Дослідження та проектування підсистеми управління молочним балансом компанії Danone

Катерина Чорнобай, Сергій Грибков, Ольга Сєдих

Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

**Вступ.** Метою роботи є покращення якості управління виробництвом, процесами закупівлі та ефективного розподілу сировини для забезпечення потреб виробництва, виконання планових завдань для задоволення потреб замовників із використанням сучасних інформаційних технологій для молокопереробної промисловості.

**Матеріали і методи.** Методи дослідження базуються на методах системного аналізу, моделюванні систем, математичному моделюванні, евристичних та еволюційних алгоритмах, теорії баз даних, методах інтелектуального аналізу даних. Проведено огляд літературних джерел вітчизняних та зарубіжних авторів.

**Результати.** Досліджено сучасні підходи по удосконаленню процесу управління підприємством. Модифікована математична модель планування виготовлення продукції з оптимальним розподілом сировини та готової продукції. Обґрунтовано використання модифікованих мета-евристичних алгоритмів для задач планування. Проведено порівняння наступних алгоритмів: класичний алгоритм бджолоїної колонії (ABC), алгоритм Virtual Bees (AVB), класичний алгоритм кажанів (BA), алгоритм летючої миші на основі стратегії пошуку польотів Levy Flight Search Strategy (LBA), алгоритм кажана на основі коефіцієнта скорочення shrink factor bat algorithm (SBA), алгоритм хаотичного кажана (CBA).

Найефективнішими алгоритмами виявилися алгоритм Virtual Bees та алгоритм летючої миші на основі стратегії пошуку польотів Levy Flight Search Strategy (LBA) при кількості замовлень більше 25. При кількості замовлень менше 25 усі алгоритми працюють майже однаково.

Спроектовано модель даних орієнтована на СУБД MS SQL Server 2017, що дала змогу згенерувати структуру бази даних у відповідній СУБД. Розроблено елементи інформаційної системи для підтримки молочного балансу на підприємстві з виготовлення молочної продукції, зокрема реалізовані наступні функції: планування виготовлення продукції, постачання сировини та відвантаження готової продукції.

**Висновки.** Практичне значення отриманих результатів полягає у підвищенні ефективності управління молочним балансом компанії Danone за рахунок розроблення та використання інформаційної системи, в основу якої покладено запропоновані методи та алгоритми. Створені елементи системи, в основі яких покладено запропоновані методи та алгоритми, можливо використовувати для розв'язання подібних завдань.

### Література

1. Фишер, А. (2007). Алгоритм управления запасами на основе длительности логистических циклов. *Логистика и управление*, № 3, с. 28–35.
2. Advanced Planning and Scheduling software for balancing demand and capacity. (2020). *Siemens Digital Industry Software* [Електрон. ресурс]. URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/products/manufacturing-operations/advanced-planning-scheduling.html>.
3. Hrybков, S. V., Lytvynov, V. A., Oliinyk, H. V. (2018). Web-Oriented Decision Support System for Planning Agreements Execution. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/2 (99), pp. 13–24. DOI: 10.15587/1729–4061.2018.132604.

## 26. Моделювання ущільнення порошкових фільтруючих елементів при радіально-ізостатичному пресуванні

Олександр Повстяной, Анатолій Михайлов  
*Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна*  
*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

**Вступ.** Перспективним методом отримання фільтруючих елементів є радіально-ізостатичне пресування порошків. Для вибору оптимальних параметрів процесу все більш широко застосовується метод комп'ютерного моделювання.

**Матеріали та методи.** У даній роботі об'єм тіла, що деформується, розглядається як суцільне, безперервне середовище. Для опису поведінки цього середовища використовуються співвідношення теорії пластичності пористого тіла та метод скінчених елементів.

**Результати.** Розглянуто закономірності ущільнення виробів двох типів: у формі пустотілих циліндрів та фільтрів складної форми у вигляді колби.

При ущільненні фільтра, що має форму пустотілого циліндра, розподіл пористості нерівномірний. Зі збільшенням радіуса пористість зростає. По мірі збільшення ступеня деформації різниця між величинами пористості матеріалу у внутрішньої і зовнішньої поверхонь фільтра зменшується.

Товщиною і пористістю виробів можна управляти за рахунок зміни початкової пористості засипаного порошку, внутрішнього діаметра еластичного елемента, а також тиску пресування.

При пресуванні фільтруючих елементів складної форми у вигляді колби розглядалися дві схеми: радіальне та осьове ущільнення.

При радіальному застосуванні навантаження відбувається більш інтенсивне ущільнення матеріалу в області стінки фільтра. Дно фільтра ущільнюється меншою мірою.

У разі застосування схеми осьового навантаження спостерігається більш інтенсивне ущільнення дна фільтра. Стінка фільтра при цьому також ущільнюється, але менш інтенсивно.

Була розглянута схема ущільнення, при якій порошок спочатку ущільнювали в радіальному, а потім в осьовому напрямку. Застосування такої схеми дозволяє отримати більш рівномірний розподіл пористості.

**Висновки.** Метод комп'ютерного моделювання дозволив спрогнозувати кінцеві властивості фільтруючих елементів і вибрати оптимальну схему пресування виробів складної форми.

### Література.

Штерн М. Б. Модифицированные модели деформирования порошковых материалов на основе пластичных и труднодеформируемых порошков / О. В. Михайлов, М. Б. Штерн // Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія: Машинобудування. – 2011. – № 62. – С. 13–19.

Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике : пер. с англ. / О. Зенкевич. – М. : Мир, 1975. – 541 с.

Технології, структура, властивості пористих проникних матеріалів: / Монографія. / Рудь В. Д., Повстяной О. Ю., Заболотний О. В., Богінський Л. С. / Луцьк: РВВ ЛНТУ. – 2016. – 200с.

## 27. Visualization method of the control generator unit on impatt diodes

**Introduction.** The modern capabilities of working in a virtual 3D space with photorealistic objects allows us to bring the computer model to the appearance of a future product at the highest level, excluding the stages of modeling and physical prototype of the model.

**Materials and methods.** The paper [1] proposed and considered a new efficient energy-information radio-pulse biotechnology for the elimination of potato pests, the main element of it is the generator of the millimeter wave range on IMPATT diodes. This generator is a source of powerful electromagnetic radiation with the necessary biotropic parameters. Controlling and adhering to these parameters is an important task as the quality of cultivation of potato crops and the effectiveness of pest control depends on it. Based on this, the development of an IMPATT diode generator control unit with support and control of the basic parameters is an urgent task. To get a realistic design, we are going to render 3D model of object in Keyshot.

**Results.** The process of rendering and building a 3D model is based on the creation of three-dimensional geometric elements and performing various operations between them. The 3D model provides a complete description of the physical properties of the object (volume, mass, geometric dimensions) and gives the designer the opportunity to work in a virtual 3D space, which allows to bring the computer model to the highest level to the appearance of the future product, excluding the steps of the model's prototyping and fabrication.

Advantages of computer modeling of the block can be attributed - the study of an object that was not yet in reality, visualization, study of phenomena and processes; time management; multiple model testability and design optimization. The advantage of 3D modeling is that existing data can be reused multiple times, and designing a part is about creating sketches and forming solid-state elements that are collected into the part.

The development of the 3D model was made in DS Solidworks 2018 SP1.0 using solid and surface parametric modeling. The usage of parameterization, global variables, and adaptive elements has greatly simplified the procedure for modifying the model. In the process of modeling the basic operations of the Solidworks package in the mode "Part" and "Assembly" were used. Photo-realistic rendering of the block was made in Keyshot 7.3 using basic materials: Rough Iron Metal, Hard White Texture Plastic, Emissive Light and others. (Fig. 1).



Fig.1. – Realistic rendering of generator control block

**Conclusions.** Based on the given biotropic parameters of the pulsed radiation, a 3D model of the IMPATT generator control unit was developed in the solid modeling software DS Solidworks. The basic mass-dimensional parameters of the device were determined; photorealistic visualization of the block was implemented in Keyshot 7.3.

#### References

1. Sili I. I. Enerhoinformatsiyana radioimpulsna biotekhnolohiya i elektronni systemy znyshchennya shkidnykiv kartopli: dys. kand. tekhn. nauk: 05.11.17 / Ivan Ivanovych Sili. – Kharkiv, 2015. – 159 s.

## **Наукове видання**

# **86 Міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів**

## **"Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті"**

**2–3 квітня 2020 р.**

### **Частина 2**

Відповідальна за випуск **Н.В. Акутіна**

Підп. до друку 30.03.20 р. Обл.-вид. арк. 62.03.  
Наклад 40 пр. Вид. № 04н/20  
НУХТ. 01601 Київ-33, вул. Володимирська, 68  
Свідоцтво про реєстрацію серія ДК № 1786 від 18.05.04 р.