



---

---

2014

---

# НАУКОВІ ПРАЦІ

## НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Том 20**

**№ 4**

*Журнал «Наукові праці НУХТ»  
засновано в 1993 році*

КИЇВ ✦ НУХТ ✦ 2014

Articles with the results of fundamental theoretical developments and applied research in the field of technical and economic sciences are published in this journal. The scripts of articles are reviewed beforehand by leading specialists of corresponding branch.

The journal was designed for professors, tutors, scientists, post-graduates, students of higher education establishments and executives of the food industry.

Journal "Scientific works of NUFT" is included into the list of professional editions of Ukraine of technical and economic sciences (Ballot-paper of Higher Attestation Commission of Ukraine #1, 2010), where the results of dissertations for scientific degrees of PhD and candidate of science can be published.

The Journal "Scientific Works of NUFT" is indexed by the following scientometric databases:

- Index Copernicus
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- Google Scholar
- The Journal is recommended for publication of research results by the Ministry of Science and Higher Education of Poland.

**Editorial office address:**

National University  
of Food Technologies  
Volodymyrska str., 68  
**Ukraine**, Kyiv 01601

Recommended for publication by the Academic Council of the National University of Food Technologies. *Minutes of meeting #1 of August 26, 2014*

© NUFT, 2014

У журналі опубліковано статті за результатами фундаментальних теоретичних розробок і прикладних досліджень у галузі технічних та економічних наук. Рукописи статей попередньо рецензуються провідними спеціалістами відповідної галузі.

Для викладачів, наукових працівників, аспірантів, докторантів і студентів вищих навчальних закладів, керівників підприємств харчової промисловості.

Журнал «Наукові праці НУХТ» включено в перелік наукових фахових видань України з технічних та економічних наук (Бюлетень ВАК України № 1, 2010), в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук.

Журнал «Наукові праці НУХТ» індексується наукометричними базами:

- Index Copernicus
- CABI Full Text
- Universal Impact Factor
- Google Scholar
- Журнал рекомендовано Міністерством науки та вищої освіти Польщі для публікації результатів наукових досліджень.

**Адреса редакції:**

Національний університет  
харчових технологій  
вул. Володимирська, 68  
Київ 01601

Рекомендовано вченою радою Національного університету харчових технологій. Протокол № 1 від 26 серпня 2014 року.

© НУХТ, 2014

## Редакційна колегія

Склад редакційної колегії журналу «Наукові праці»  
Національного університету харчових технологій

|  |  |
|--|--|
| <b>Головний редактор</b><br><b>Editor-in-Chief</b>                 | д-р хім. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food<br>Technologies, Ukraine  |
| <b>Сергій Іванов</b><br><b>Sergiy Ivanov</b>                       |  |
| <b>Заступник головного редактора</b><br><b>Deputy chief editor</b> | д-р екон. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food<br>Technologies, Ukraine |
| <b>Тетяна Мостенська</b><br><b>Tatiana Mostenska</b>               |  |
| <b>Відповідальний секретар</b><br><b>Accountable secretary</b>     | канд. техн. наук, доц., Україна<br>Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies,<br>Ukraine |
| <b>Юрій Пенчук</b><br><b>Yuriy Penchuk</b>                         |  |

## Члени редакційної колегії:

|   |   |
|---|---|
| <b>Анатолій Зайнчковський</b><br><b>Anatoly Zainchkovskiy</b> | д-р екон. наук проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,<br>Ukraine                                   |
| <b>Анатолій Король</b><br><b>Anatoly Korol</b>                | д-р фіз.-мат. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,<br>Ukraine                              |
| <b>Анатолій Ладанюк</b><br><b>Anatoly Ladanyuk</b>            | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,<br>Ukraine                                  |
| <b>Анатолій Сайганов</b><br><b>Anatoly Sayganov</b>           | д-р екон. наук, проф., Білорусь<br>Ph. D. Hab., Prof., Institute of System Research in<br>Agroindustrial Complex of NAS of Belarus, Belarus |
| <b>Анжей Ковальський</b><br><b>Anzhey Kowalski</b>            | д-р екон. наук, проф., Польща<br>Ph. D. Hab., Prof., Institute of Agricultural and Food Economics,<br>Poland                                |
| <b>Аннетта Зелінська</b><br><b>Anetta Zielinska</b>           | д-р біол. наук., проф., Польща<br>Ph. D. Hab., Prof., Wroclaw University, Poland  |
| <b>Брайан Мак Кенна</b><br><b>Brian McKenna</b>               | д-р техн. наук, проф., Ірландія<br>Ph. D. Hab., Prof., University College Dublin, Ireland   |
| <b>Віктор Доценко</b><br><b>Victor Dotsenko</b>               | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,<br>Ukraine                                  |
| <b>Віра Оболкіна</b><br><b>Vera Obolkina</b>                  | д-р техн. наук., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies,<br>Ukraine  |
| <b>Володимир Піддубний</b><br><b>Vladimir Piddubnyi</b>       | д-р техн. наук, Україна<br>Ph. D. Hab., National University of Food Technologies,<br>Ukraine  |
| <b>Галина Чередниченко</b><br><b>Galina Cherednichenko</b>    | канд. педагог. наук, доц., Україна<br>Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies,<br>Ukraine                               |
| <b>Герхард Шльонінг</b><br><b>Gerhard Schleining</b>          | д-р техн. наук, Австрія<br>Ph. D. Hab. Prof., University of Natural Resources, Austria  |

|   |  |
|---|--|
| <b>Дайва Лескаускайте</b><br><b>Daiva Leskauskaite</b>                  | д-р техн. наук, проф., Литва<br>Ph. D. Hab., Prof., Kaunas University of Technology, Lithuania   |
| <b>Єлизавета Костенко</b><br><b>Jelyzaveta Kostenko</b>                 | д-р хім. наук, Україна<br>Ph. D. Hab., National University of Food Technologies, Ukraine   |
| <b>Єлизавета Смірнова</b><br><b>Jelyzaveta Smirnova</b>                 | канд. філол. наук, доц., Україна<br>Ph. D. As., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                   |
| <b>Іван Малєжик</b><br><b>Ivan Malezhuk</b>                             | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                    |
| <b>Кристина Сильва</b><br><b>Cristina L.M.Silva</b>                     | д-р техн. наук, проф., Португалія<br>Ph. D. Hab. Prof., University de Catolica, Portuguesa   |
| <b>Лариса Арсенєвса</b><br><b>Larisa Arsenyeva</b>                      | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                    |
| <b>Леонід Дегтярьов</b><br><b>Leonid Dehtyaryov</b>                     | д-р хім. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                     |
| <b>Микола Прядко</b><br><b>Mykola Pryiadko</b>                          | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                    |
| <b>Мирослава Штокало</b><br><b>Miroslava Shtokalo</b>                   | д-р хім. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                     |
| <b>Михайло Мартиненко</b><br><b>Michail Martynenko</b>                  | д-р фіз.-мат. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                |
| <b>Олександр Бараненко</b><br><b>Oleksandr Baranenko</b>                | д-р техн. наук, проф., Росія<br>Ph. D. Hab., Prof., National Research University of Information Technologies, mechanics and optics, Russia |
| <b>Олександр Бутнік-Сіверський</b><br><b>Oleksandr Butnik-Siverskyi</b> | д-р екон. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                    |
| <b>Олександр Карпов</b><br><b>Oleksandr Karpov</b>                      | д-р біол. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                    |
| <b>Олександр Перепелиця</b><br><b>Oleksandr Perepelitsa</b>             | д-р хім. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                     |
| <b>Олександр Полумбрик</b><br><b>Oleksandr Polumbryk</b>                | д-р хім. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                     |
| <b>Паола Піттія</b><br><b>Paola Pittia</b>                              | д-р техн. наук, проф., Італія<br>Ph. D. Hab. Prof., University of Teramo, Italy  |
| <b>Петро Шнян</b><br><b>Petro Shyian</b>                                | д-р техн. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                    |
| <b>Саверіо Манніно</b><br><b>Saverio Mannino</b>                        | д-р хім. наук, проф., Італія<br>Ph. D. Hab. Prof., University of Milan, Italy  |
| <b>Тамара Говорушко</b><br><b>Tamara Govorushko</b>                     | д-р екон. наук, проф., Україна<br>Ph. D. Hab., Prof., National University of Food Technologies, Ukraine                                    |
| <b>Хууб Лелієвельд</b><br><b>Huub Lelieveld</b>                         | Нідерланди<br>Ph. D. Hab. Prof., President of the Global Harmonization Initiatives, Netherlands  |

## ЗМІСТ

### Автоматизація

Беляєв Ю.Б., Шмелова Т.Ф., Шикірда Ю.В. 7 Інформаційна підтримка прийняття рішень оператором авіаційної людино-машинної системи

### Безпека харчових продуктів

Полумбрык М.О., Полумбрык О.М., Бальон Я.Г., Резніков О.Г. 19 Проантиоксидантна система організму людини, оксидативний стрес, його наслідки і шляхи подолання. I. Оксидативний стрес

Чернелевський Л.М., Кудренко Н.В. 30 Особливості і перспективи впровадження міжнародних стандартів якості на підприємствах переробної промисловості

### Біотехнологія, мікробіологія

Пирог Т.П., Шулякова М.О. 38 Біоконверсія відходів виробництва біодизелю у поверхнево-активні речовини *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241

Кудря Н.В., Берегова Х.А. 45 Перспективи використання суміші субстратів у біотехнології

Твердохліб І.О. 56 Стимулююча дія електромагнітного поля на біосинтетичну активність мікроміцетів *Penicillium funiculosum* 18B та *Penicillium sclerotiorum* 8H

Панасюк К.В., Андрусенко Я.В. 61 Альтернативні антибіотикам антимікробні речовини природного походження

Старовойтова С.О., Скромцька О.І., Пенчук Ю.М., Дорошко Ю.М. 69 Технологічні аспекти одержання пробіотиків

### Економіка і соціальний розвиток

Нікітіна Т.А. 78 Особливості організаційно-економічного механізму консолідації капіталу підприємств

Ткачук С.В. 87 Сучасні аспекти розуміння специфіки маркетингу сфери послуг та їх практичне значення

Гавриш В.І., Ніценко С.В. 96 Еколого-економічна ефективність мобільних енергетичних засобів з електричним приводом

Захарченко О.В. 104 Наукові основи сталого розвитку

Льєнко Н.О. 111 Можливості зайнятості — один із прогресивних напрямів забезпечення гідної праці в Україні

Маркіна І.А., Дячков Д.В. 124 Організаційно-економічні передумови формування ефективної системи інформаційного забезпечення підприємства

Корж Н.В. 135 Теоретичні підходи до визначення сутності капіталу

## CONTENTS

### Automation

Belyaev Y., Shmelova T., Sikirda Y. 7 Informational support of air navigation system human operator

### Food Safety

Polumbryk M., Polymbryk O., Balion Y., Reznikov O. 19 Proantioxidant system of a human body, oxidative stress, its effect and ways to overcome. I. Oxidative stress

Chernelevskyy L., Kudrenko N. 30 Features and prospects of international quality standards in the processing industry

### Biotechnology, Microbiology

Pirog T., Shulyakova M. 38 Bioconversion of biodiesel production waste into *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 surfactants

Kudrya N., Beregova K. 45 Prospects of using mixture substrates in biotechnology

Tverdochleb I. 56 Stimulating action of electromagnetic field on biosynthetic activity of *Penicillium funiculosum* 18B and *Penicillium sclerotiorum* 8H micromycetes

Panasiuk K., Andruschenko Y. 61 Antimicrobial substances of natural origin as an alternative to antibiotics

Starovoytova S., Skrotskaya O., Penchuk Yu., Doroshko Yu. 69 Technological aspects of preparing probiotics

### Enterprise Economy and Social Development

Nikitina T. 78 Features of organizational and economic mechanism of corporate capital consolidation

Tkachuk S. 87 Modern aspects of service industry marketing and their practical value

Gavrish V., Nitsenko V. 96 Environmental and economic efficiency of mobile power vehicles with electric drives

Zakharchenko O. 104 Scientific basis of sustainable development

Ilyenko N. 111 Employment opportunities as one of the progressive trends for providing the existence of decent work places in Ukraine

Markina I., Diachkov D. 124 Organizational and economic background of forming an effective information system of an enterprise

Korz N. 135 Theoretical expenditures approach of essence of capital

|  |     |
|--|-----|
| <b>Охорона праці і цивільний захист</b>  |     |
| <i>Хіврич О.В., Володченко Н.В.</i> Дослідження методів визначення оптимальної структури сил цивільного захисту для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій                                 | 142 |
| <b>Процеси і апарати харчових виробництв</b>   |     |
| <i>Малежик І.Ф., Мисюра Т.Г.</i> Аналітичний розрахунок процесу ректифікації суміші етанол — вода  | 153 |
| <i>Кулінченко В.Р., Каптановський Д.В.</i> Розподіл температур у межах поверхня теплообміну — киплячий утфель  | 159 |
| <i>Погорілий Т.М.</i> Математичне моделювання процесу теплообміну  | 165 |
| <b>Тепло- і енергопостачання</b>   |     |
| <i>Мазуренко О.Г., Бурова З.К., Воробйов Л.Й., Декуша Л.В.</i> Дослідження теплофізичних властивостей тонких енергоєфективних покриттів теплотричними методами                                 | 174 |
| <b>Технології гостинності</b>  |     |
| <i>Керанчук Т.Л.</i> Проблеми і перспективи розвитку готельного та ресторанного бізнесу в Україні  | 186 |
| <i>Гавриш А.В., Савенко Т.А.</i> Розвиток сільського зеленого туризму в Україні  | 191 |
| <i>Верес К.О.</i> Подієвий туризм як інструмент патріотичного виховання молоді   | 197 |
| <b>Харчові технології</b>  |     |
| <i>Попова Н.В., Миронюк С.С.</i> Моделювання технологічних процесів стерилізації консервів у скляній тарі в автоклаві періодичної дії  | 204 |
| <i>Дубініна А.А., Ленерт С.О., Хоменко О.О.</i> Нова купажована олія з оптимізованим жирнокислотним складом  | 211 |
| <i>Гусятинська Н.А., Романченко Н.М.</i> Математичне моделювання процесу розкладання редукувальних речовин при очищенні клеровки тростинного цукру-сирцю                                       | 217 |
| <i>Змієвська Т.М., Усатенко Н.Ф.</i> Зміна характеристик м'ясної сировини з курчат-бройлерів у процесі посолу  | 225 |
| <i>Дорохович А.М., Гончарук О.В., Мурзін А.В.</i> Раціональне використання поліолу мальтитолу в суміші з фруктозою при виробництві оздоблювального напівфабрикату пінодраглеподібної структури | 233 |
| <b>Фізико-математичні науки</b>  |     |
| <i>Богатирчук А.С., Юрик І.І.</i> Розширення групової симетрії диференціальних рівнянь гідродинаміки   | 242 |
| <b>Occupational Health and Civil Protection</b>  |     |
| <i>Hivrich O., Volodchenkova N., Kovalenko S.</i> Research methods for determining optimal structure of civil defense forces for emergency recovery  | 142 |
| <b>Processes and Equipment for Food Industries</b>   |     |
| <i>Malezhik J., Mysyura T.</i> Analytical calculation of ethanol — water rectification process   | 153 |
| <i>Kulinchenko V., Kaptanovskiy D.</i> Distributing of temperatures within the surface of heat exchange: boiling masecuite   | 159 |
| <i>Pogoriliyy T.</i> Mathematical modeling of heat exchange processes  | 165 |
| <b>Modern Methods of Teaching</b>  |     |
| <i>Mazurenko A., Burova Z., Vorobyov L., Dekusha L.</i> Research of thermophysical properties of thin energy-effective coverings by heatmetrical methods                                       | 174 |
| <b>Hospitality Technologies</b>  |     |
| <i>Keranchuk T.</i> Problems and prospects of hotel and restaurant business in Ukraine   | 186 |
| <i>Gavrish A., Savenko T.</i> Green tourism development in Ukraine   | 191 |
| <i>Veres K.</i> Event tourism as tools for patriotic education of youth  | 197 |
| <b>Food Technology</b>   |     |
| <i>Popova N., Mironyuk S.</i> Modeling the technological process of sterilization of canned food in glass containers using a sterilizer of periodic action                                     | 204 |
| <i>Dubinina A., Lehnert S., Khomenko O.</i> New blended oil with optimized fatty acid content  | 211 |
| <i>Gusyatsinska N., Romanchenko N.</i> Athemactical modeling and optimization of reducing substances decomposition in the process of liming of cane raw sugar melt liquor                      | 217 |
| <i>Zmiyevska T., Usatenko N.</i> Changes in broiler raw meat parameters during pickling  | 225 |
| <i>Dorokhovych A., Murzin A., Honcharuk O.</i> Efficient application of maltitol-fructose mixture in manufacturing decorative semi-finished product of foam and jelly structure                | 233 |
| <b>Physical and Mathematical Sciences</b>  |     |
| <i>Bogatyrchuk A., Juryk I.</i> Group symmetry extension of hydrodynamic differential equations  | 242 |

UDC 656.7.086

## **INFORMATIONAL SUPPORT OF AIR NAVIGATION SYSTEM HUMAN OPERATOR**

**Y. Belyaev**

*National University of Food Technologies*

**T. Shmelova**

*National Aviation University*

**Y. Sikirda**

*Kirovograd Flight Academy of the National Aviation University*

---

**Key words:**

*Air traffic controller*

*Flight dispatcher*

*Flight emergency*

*Forced landing*

*Optimal alternative*

*Pre-flight information*

---

**Article history:**

Received 20.06.2014

Received in revised form

27.06.2014

Accepted 11.07.2014

---

**Corresponding author:**

Y. Belyaev

**E-mail:**

byb46@mail.ru

---

**ABSTRACT**

Conceptual models of decision support system for air traffic controller in flight emergencies and automated system of pre-flight information preparation with intelligent module for support the decision making about aircraft departure are presented and program realization of systems are shown. Algorithm of determining the optimal aerodrome for the forced landing of aircraft is provided.

## **ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ЛЮДИНИ-ОПЕРАТОРА АЕРОНАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ**

**Ю.Б. Беляєв**

*Національний університет харчових технологій*

**Т.Ф. Шмелева**

*Національний авіаційний університет*

**В.Ю. Сікірда**

*Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету*

*У статті представлено концептуальні моделі системи підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаитатних польотних ситуаціях та автоматизованої системи підготовки передпольотної інформації з інтелектуальним модулем підтримки прийняття рішення на виліт, наведено програмну реалізацію систем, а також розроблено алгоритм визначення оптимального аеродрому для виконання вимушеної посадки повітряного корабля.*

**Ключові слова:** *вимушена посадка, диспетчер з управління повітряним рухом, оптимальна альтернатива, передпольотна інформація, позаштатна ситуація, співробітник із забезпечення польотів / льотний диспетчер.*

*Statement of purpose*

Support of the safe functioning of Air Navigation System (ANS) is one of the most important scientific and technical problems. Statistical data show that human errors account for up to 80 % of all aviation accidents [1].

Latest demands of international aviation organizations directed towards the implementation of integrated approach for the improvement of aviation safety. One of the ways to increase safety is to support the pilot in emergency situations in due time [2]. This approach is based on characteristics (performance-based approach — PBA), principles of informed decision making to achieve the desired/required results and to use facts and data for decision-making [3]. The so called aeronautical decision-making is decision-making in a unique environment, namely aviation. It is a systematic approach to the mental process used by pilots to consistently determine the best course of action in response to a given set of circumstances. It is what a pilot intends to do, on the basis of latest information he has [4].

Decision Support Systems (DSS) may be defined as “interactive computer systems intended to support different types of activity during the decision making (DM) including poorly-structured and unstructured problems” [5—6].

Decision support systems contain common sets of components. These components include data related components, algorithm related components, user interface and display related components. The data related components are made of modules that ingest data, format data, store data, transfer data and archive data. The algorithm related components utilize diverse methods such as atmospheric models, rule based algorithms, fuzzy logic algorithms, statistical algorithms, algorithm of DM under uncertainty and risk, data mining algorithms.

*Review of research results*

Development of the automated systems in aviation is associated with anthropocentric approach and on the principles of human-oriented automation, required new approaches to solving the problems of man-machine interface [7]. One of the effective means of flight safety improvement is the inclusion of DSS to the automated systems of air traffic control (ATC) [8]. The problems of DSS’s informational provision have been considered in the works of V.A. Tarasov, B.M. Gerasimov, V.M. Lokazyuk [5—6], I.B. Sirodzha [12], using intellectual DSS during ATC — V.N. Nedelko [10], I.N. Gluhih [11], K.K. Petrov [12]. The authors have obtained models of the DM by Air Navigation System’s human-operator (H-O) and of the development of flight situations [13—15] that are used as a part of an air traffic controller’s DSS in flight emergencies to assist in DM for choosing of the optimal alternative of action with minimal damage in the conditions of incomplete and uncertain information and as a part of a flight dispatcher’s DSS for assistance in DM regarding the aircraft (AC) departure.

Provision of informational support of DM by aircraft operator is possible in the conditions of data collection, processing and displaying of automation within a



concept of perspective global CNS / ATM system (Communication, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management), developed by International Civil Aviation Organization (ICAO) [16].

*Purpose of work*

*The purposes of the article are:*

- to introduce a concept of adaptive system for informational support of the DM by air traffic controller in flight emergencies, to get acquainted with the program realization of an air traffic controller's DSS;
- to present a conceptual model of an automated system of pre-flight information preparation with intelligent module for support of the decision making regarding aircraft departure, to get acquainted with its software implementation;
- to show the algorithm of determination of the optimal aerodrome for the emergency landing of the aircraft.

*DSS of an air traffic controller in flight emergencies*

Research [17] has shown the choice of the optimal variant of the flight completion in emergencies, which requires AC's forced landing, makes an operator analyze the significant amount of diverse information. For a comprehensive account of the factors that affect the DM by an air traffic controller, has been built to adaptive DSS, which allows take into account the dynamic characteristics of the state of the control object (AC) and of the external environment (ATC zone).

The main tasks of an air traffic controller's DSS in flight emergencies are [17]:

- data collection about the state of the control object (AC), external environment (ATC zone) and the individual qualities of the person, who makes the decision;
- creation of action strategy in flight emergency (continue flight to the destination (alternate) aerodrome or perform a forced landing);
- modeling of DM by H-O in flight emergency;
- prediction of the flight situation development during DM by H-O in flight emergency;
- construction of the AC's field of approachability in case of necessity of forced landing;
- evaluating the effectiveness of alternative decisions in flight emergency and formation of recommendations for determination of the optimal variant of flight completion.

The general concept of adaptive system for informational support of the DM by air traffic controller in flight emergency, which requires AC's forced landing, is presented in the form of a set of subsystems (Fig. 1). Structure of an air traffic controller's DSS in flight emergencies is shown in Fig. 2.

Functions of an air traffic controller's DSS in flight emergencies are expanded through information-analytical diagnostic complex for research of patterns of H-O's activity [18]. By using complex, air traffic controller can predict the flight situation development, based on the operational monitoring of the pilot's emotional state and determining the effect of social environment on him.

The specialized program complex "Prompt" [19] has been created, in order to provide informational support to an air navigation system's operator. This was done to enable him to make the decision concerning the selection of the optimum flight completion strategy in flight emergencies, which require a forced landing, in a timely manner.

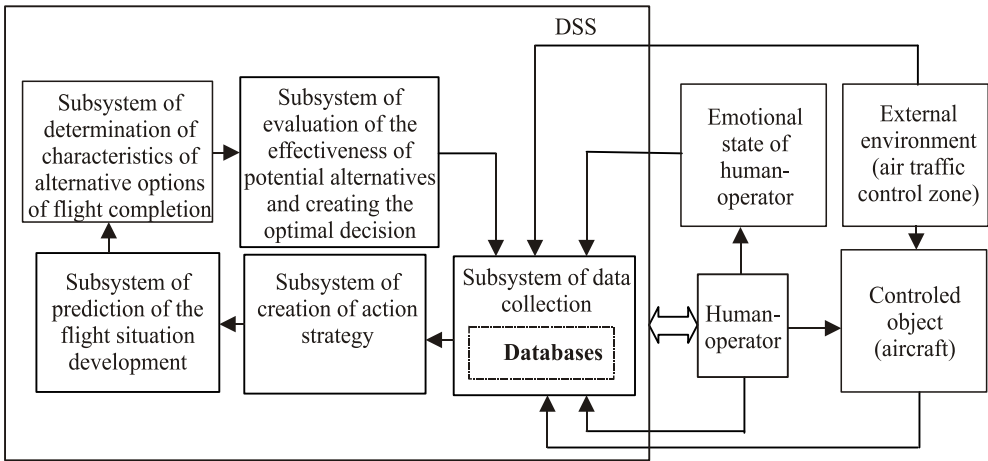


Fig. 1. A conceptual model of an air traffic controller's DSS in flight emergencies, which is adaptive to changes in the state of the controlled object and of the external environment

Operator's workstation

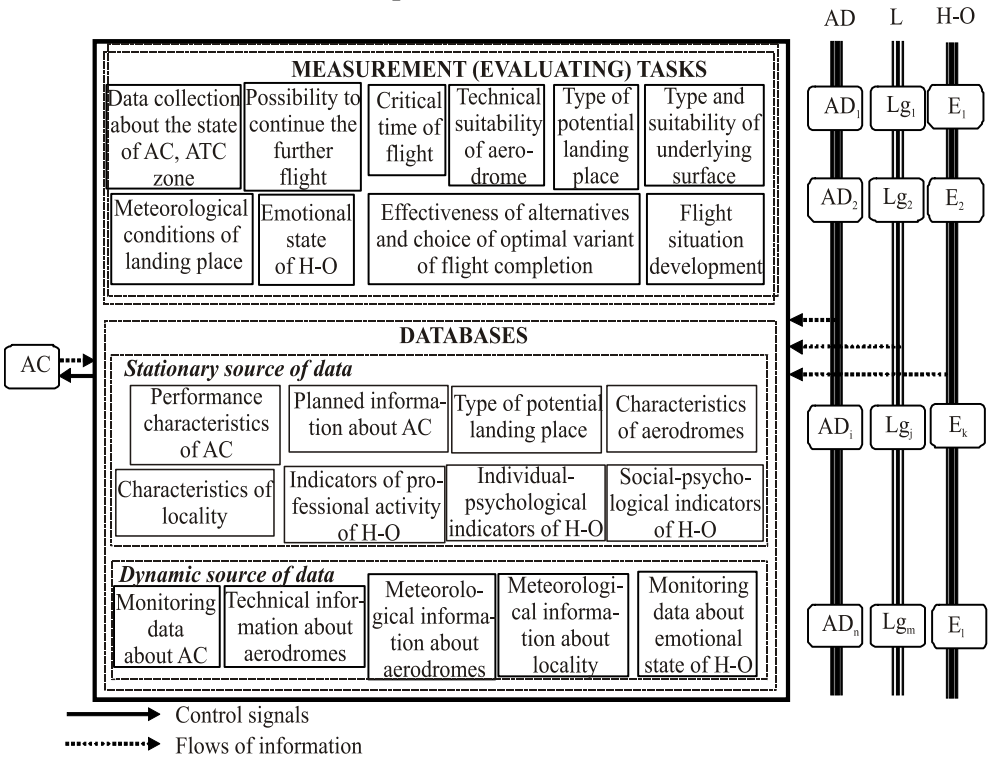


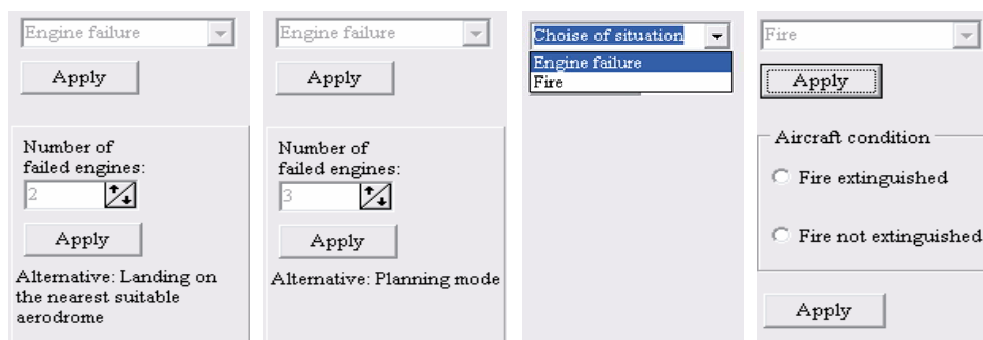
Fig. 2. The structure of DSS of an air traffic controller in flight emergency, which requires AC's forced landing: AD — aerodromes, L — locality, LG — landing grounds; E — emotional state of H-O

The program complex was created with the aid of the visual system for designing programs Delphi 5, which is based on the special version of the programming language Pascal — Object Pascal and supports the main principles of the object-oriented programming.

With the aid of the program “Prompt” the subsystems forming the strategies of actions, predicting the development of a situation, defining the characteristics of the alternative variants of the flight completion, evaluating the efficiency of the potential alternatives and building the optimum decision were realized.

The program “Prompt” enables handling of two non-standard situations — an engine failure and fire on board of an aircraft. When the system receives a message about the unusual situation origination, the additional panel for providing the recommendations concerning the possibility of the flight continuation or necessity to execute a forced landing appears on the operator’s monitor. When a type of situation — engine failure — is to be handled the number of the engines which have failed is to be input; when the type — fire — is to be handled, the condition of the aircraft is to be input and the proper advice appears on the monitor (Fig. 3).

When the recommendation concerning the necessity to accomplish a forced landing received, the field of approachability for the aircraft is built on the monitor, also values of the potential loss required for selection of a definite flight completion alternative as well as the coordinates of the potential landing sites (azimuth, range) are presented on the monitor. The program envisages the formation of the field of approachability for two extreme cases — the regime of planning and regime of an immediate descent (Fig. 4, 5).



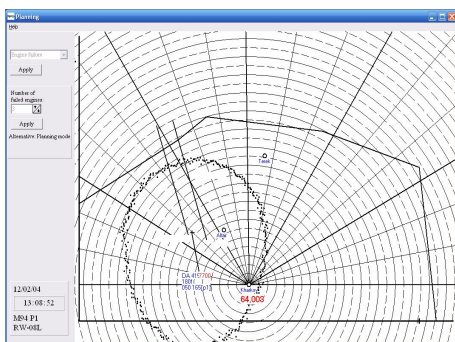
**Fig. 3. Realization of the subsystem of forming the strategy of action**

The program complex “Prompt” allows:

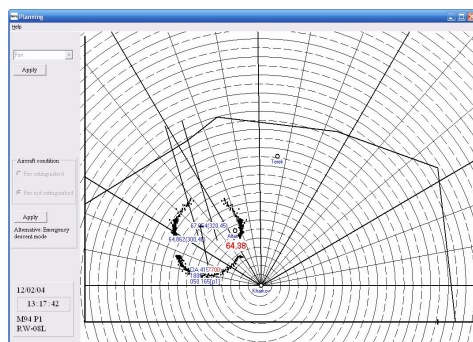
- giving the recommendations concerning the possibility of the further flight continuation or the necessity to accomplish a forced landing of the aircraft with the aid of the interface suitable for the user;
- defining the field of approachability of the aircraft in case when the necessity to make a forced landing arises;
- forming the evaluation of the alternative variants of the flight completion and define the optimum variant using the potential-loss minimization criterion.

*DSS of a flight dispatcher*

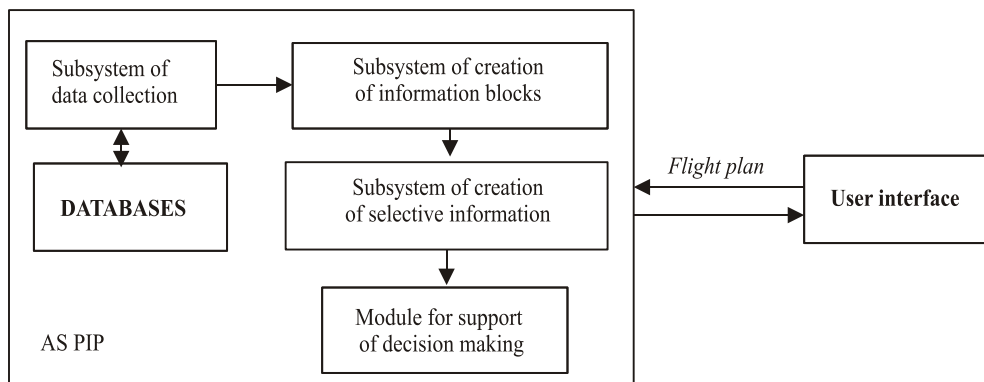
High-quality pre-flight preparation of an aircraft crew is an important stage of the flight. During pre-flight preparation the pilot must handle a large amount of diverse information and make decision about (not) departure [20]. In addition, the pre-flight preparation may take place under time pressure, so the solution of the pre-flight preparation tasks is advisable to entrust to the automated system of pre-flight information preparation (AS PIP) with intelligent module for support of the decision making about aircraft departure (Fig. 6, 7) [15].



**Fig. 4. The field of approachability and defined potential loss for a few variants of the flight completion in the event of the complete failure of the aircraft engines**



**Fig. 5. The field of approachability and defined potential loss for a few variants of the flight completion in case of the fire on board the aircraft which was not extinguished**

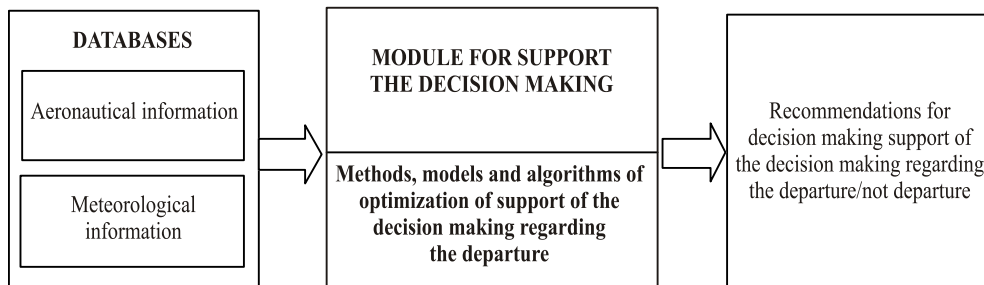


**Fig. 6. Conceptual model of AS PIP**

The result of pre-flight preparation is decision making by pilot regarding the aircraft departure / not departure. The main factors influencing the decision making are takeoff weight of AC and meteorological conditions at the aerodrome of departure, destination (alternate) aerodrome and enroute.

Based on the requirements that are set out in regulatory documents, module for support of the decision making about aircraft departure entrusted with the following main tasks:

- determination of compliance of actual takeoff weight of AC to permitted;
- determination of compliance of actual meteorological conditions at the aerodrome of departure to permitted;
- determination of the presence of hazardous weather phenomena enroute;
- determination of compliance of actual meteorological conditions at the destination (alternate) aerodrome to permitted.



**Fig. 7. The structure of intelligent module for support the decision making about aircraft departure**

These data are input to the model, which generates recommendations for decision making regarding the aircraft departure. If any of the factors does not comply with the requirements, departure is prohibited. Compliance or non-compliance conditions for decision making about departure are represented in polar coordinates as a diagram "Spider-CWI" [21].

Another problem solved by the AC crew during pre-flight preparation is choice of the alternate aerodromes. According to the regulations, alternate aerodromes are chosen based on the following factors:

- minimum of the First Pilot;
- meteorological conditions at alternate aerodromes;
- amount of fuel on board;
- distance to the alternate aerodrome.

In flight emergencies for ensuring the flight safety and the cost-effectiveness of the flight, finding an optimal alternative for passengers, cargo and crew, in a flight dispatcher's DSS is used multifactorial model of choice of landing aerodrome, which takes into account more additional parameters: danger of the situation, type of the flight (regular, primary), technical characteristics of the AC, technical specifications of aerodromes (for example, condition of runways, navigational aids, lighting system), air navigation and airport charges, etc.

Algorithm of determination of the optimal landing aerodrome in flight emergencies:

1. Formation of the set of alternative decisions  $\{A\}$ :

$$\{A\} = \{A_{adest} \cup A_{adep} \cup \{A_{aaltj}\} = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\},$$

where  $A_{adest}$  — is an alternative decision to land at the destination aerodrome;

$A_{adep}$  — is an alternative decision to return to the aerodrome of departure;

$A_{aalt}$  — is a set of the alternate aerodromes.

2. Formation of the set of factors  $\{\lambda\}$ , influencing the choice of landing aerodrome in case of forced landings of the AC:

$$\{\lambda\} = \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_m,$$

where  $\lambda_1$  — is an availability of fuel on board;

$\lambda_2$  — is a remoteness of the aerodromes;

$\lambda_3$  — are the technical characteristics of runways of destination aerodrome, aerodrome of departure, alternate aerodromes;

$\lambda_4$  — are the meteorological conditions at destination aerodrome, aerodrome of departure, alternate aerodromes;

$\lambda_5$  — are the lighting systems at destination aerodrome, aerodrome of departure, alternate aerodromes;

$\lambda_6$  — are the approach systems at destination aerodrome, aerodrome of departure, alternate aerodromes;

$\lambda_7$  — are the navigational aids at destination aerodrome, aerodrome of departure, alternate aerodromes;

$\lambda_8$  — are the characteristics of the apron, taxiways at destination aerodrome, aerodrome of departure, alternate aerodromes;

$\lambda_9$  — are the subjective factors (availability of hotels, easy transport for passengers, logistics requirements, air navigation and airport charges, etc.).

3. Formation of the set of possible results of DM under the influence of specified factors in flight emergencies, that were determined by the method of expert estimates by rating scales according to the regulations:

$$\{U\} = U_{11}, U_{12}, \dots, U_{ij}, \dots, U_{nm}.$$

4. Formation of the decision matrix  $M = \|M_i\|$  (table 1).

**Table 1. Matrix of possible results of decisions in the task of choosing of the optimal landing aerodrome**

| Alternative decisions |             | Factors influencing the decision making |             |     |             |     |             |
|-----------------------|-------------|---|-------------|-----|-------------|-----|-------------|
|                       |             | $\lambda_1$                             | $\lambda_2$ | ... | $\lambda_j$ | ... | $\lambda_m$ |
| $A_1$                 | $A_{adest}$ | $u_{11}$                                | $u_{12}$    | ... | $u_{1j}$    | ... | $u_{1n}$    |
| $A_2$                 | $A_{adep}$  | $u_{21}$                                | $u_{22}$    | ... | $u_{2j}$    | ... | $u_{2n}$    |
| ...                   | ...         | ...                                     | ...         | ... | ...         | ... | ...         |
| $A_i$                 | $A_{aalt}$  | $u_{i1}$                                | $u_{i2}$    | ... | $u_{ij}$    | ... | $u_{in}$    |
| ...                   | ...         | ...                                     | ...         | ... | ...         | ... | ...         |
| $A_n$                 | $A_{aalt}$  | $u_{n1}$                                | $u_{n2}$    | ... | $u_{nj}$    | ... | $u_{nn}$    |

Choosing of the optimal aerodrome, in case of forced landing is carried out by the methods of decision making under uncertainty [22]. Selection of criterion of DM under uncertainty (Wald, Laplace, Hurwitz, Savage) is conducted according to the type of flight.

Wald criterion (minmax) is based on the principle of "conservative attitude", and is applied if it is necessary to find a guaranteed solution in case of primary flight:

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \min_{\lambda_j} u_{ij}(A_i, \lambda_j) \right\}$$

Laplace criterion is based on the principle of "insufficient reason" and applied is in case of regular flight:

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n u_{ij}(A_i, \lambda_j) \right\}$$

Hurvytz criterion uses coefficient of a pessimism-optimism  $\alpha$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) and is applied in case of flight once in 2 weeks:

$$A^* = \max_{A_i} \left\{ \begin{array}{l} \alpha \max_{\lambda_j} u_{ij}(A_i, \lambda_j) + \\ + (1 - \alpha) \min_{\lambda_j} u_{ij}(A_i, \lambda_j) \end{array} \right\}$$

The optimal solution for the Savage criterion can be found using matrix of "regret". In case of win the elements of the "regret" matrix  $r_{ij}(A_i, \lambda_j)$  are defined as the difference between the maximum value  $u_{ij}$  in the row and other values in the row:

$$\begin{aligned} r_{ij}(A_i, \lambda_j) &= \Delta_{A_i} \\ &= \max_{\lambda_k} u_{ij}(A_i, \lambda_k) - u_{ij}(A_i, \lambda_j) \end{aligned}$$

Then, with the help of the "regret" matrix according to the minmax principle the minimum deviations are determined:

$$A^* = \min_{\lambda_j} \max_{A_i} r_{ij}(A_i, \lambda_j)$$

Thus the person, who makes a decision, expresses with the help of matrix  $\|r_{ij}\|$  his "regret" if he can't make a best decision in the condition  $\lambda_j$ . Making this decision the person, who makes a decision, has a guarantee that in the worst conditions the obtained income would be not lower than the found income.

### **Conclusion**

Concepts of an air traffic controller's DSS in flight emergencies and of a flight dispatcher's DSS have been presented, program realization of systems has been shown. DSS of an air traffic controller in flight emergencies gives to the aviation operator possibility to quantify evaluation of alternatives of the flight situation development and to operatively choose an action strategy with minimal potential damage in the conditions of incomplete and uncertainty information. DSS of a flight dispatcher provides fast search of the information and support of the aviation operator during DM regarding the the possibility of departure or regarding the the optimal aerodrome in case of forced landing of AC. It is reasonable to use an air traffic controller's DSS during the real ATC in flight emergencies, a flight dispatcher's DSS — in the automated system of pre-flight information preparation.

### **References**

1. *Cross-Cultural Factors* in Aviation Safety: Human Factors Digest № 16 / Cir. 302-AN/175. — Canada, Montreal: International Civil Aviation Organization, 2004. — 52 p.

2. *Report of the Twelfth Air Navigation Conference // AN-Conf/12-WP/162* : Canada, Montreal, 19—30 November 2012. — Canada, Montreal, International Civil Aviation Organization, 2012. — 21 p.

3. *Manual on Global Performance of the Air Navigation System / Doc. 9883*. — 1ed ed. — Canada, Montreal : International Civil Aviation Organization, 2009. — 176 p.

4. *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge / FAA-H-8083-25 // Chapter 17: Aeronautical Decision Making*. — United States of America : Federal Aviation Administration, Department of Transportation, 2008. — P. 17.1—17.32.

5. *Тарасов В.А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: теория, синтез, эффективность / В.А. Тарасов, Б.М. Герасимов, И.А. Левин, В.А. Корнейчук*. — К.: Международная академия компьютерных наук и систем, 2007. — 336 с.

6. *Tarasov V.A. Intelligent Decision Support Systems : Theory, Synthesis, Efficiency / V.A. Tarasov, B.M. Gerasimov, I.A. Levin, V.A. Korneychuk*. — К.: International Academy of Computer Science and Systems, 2007. — 336 p.

7. *Герасимов Б.М. Интеллектуальні системи підтримки прийняття рішень : навч. пос. / Б. М. Герасимов, В. М. Локазюк, О. Г. Оксіюк, О. В. Поморова*. — К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2007. — 335 с.

8. *Gerasimov B.M. Intelligent Decision Support Systems: tutorial / B.M. Gerasimov, V.M. Lokazyuk, O.G. Oksiyuk, O.V. Pomorova*. — К.: European University Press, 2007. — 335 p.

9. *Человеческий фактор в системах CNS/ATM. Разработка ориентированной на человека автоматики и передовой техники для будущих аэронавигационных систем: сб. материалов по человеческому фактору № 11 / Circ. ICAO 249-AN/149*. — Канада, Монреаль: ICAO, 1994. — 71 с.

10. *Human Factors in CNS/ATM Systems. Introduces the Concept of Human-Centered Automation: Human Factors Digest № 11 / Cir. 249-AN/149*. — Canada, Montreal : International Civil Aviation Organization, 1994. — 71 p.

11. *Харченко В.П. Прийняття рішень оператором аеронавігаційної системи: монографія / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда*. — Кіровоград: Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, 2012. — 292 с.

12. *Kharchenko V.P. Decision-Making by the Human-Operator Air Navigation System : monograph / V. P. Kharchenko, T. F. Shmelova, Y. V. Sikirda*. — Kirovograd: Kirovograd Flight Academy of the National Aviation University, 2012. — 292 p.

13. *Сироджа И.Б. Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления / И.Б. Сироджа*. — К.: Наукова думка, 2002. — 420 с.

14. *Sirodza I.B. Quantum Models and Methods of Artificial Intelligence for Decision Making and Management / I.B. Sirodza*. — К.: Naukova Dumka, 2002. — 420 p.

15. *Неделько В.Н. Обеспечение эффективности информационной поддержки принятия решений в автоматизированных системах обслуживания воздушного движения с элементами искусственного интеллекта: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.13 / В. Н. Неделько*. — К., 2002. — 183 с.



16. *Nedelko V.N.* Ensuring the Effectiveness of the Informational Support of Decision Making in the Automated Systems of Air Traffic Services with Elements of Artificial Intelligence: Dis. ... Cand. of Eng.: 05.22.13 / V.N. Nedelko. — K., 2002. — 183 p.

17. *Глухих И.Н.* Интегрированные автоматизированные системы интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении воздушным движением (теория, модели, алгоритмы, принятие решений): автореф. дис. ... доктора техн. наук: 05.13.16 / И.Н. Глухих. — Самара, 2000. — 34 с.

18. *Gluhih I.N.* Integrated Automated Systems of Intelligent Decision Support in Air Traffic Control (theory, models, algorithms, decision-making): Abs. of Dis. ... Doct. of Eng.: 05.13.16 / I. N. Gluhih. — Samara, 2000. — 34 p.

19. *Петров К.К.* Интеллектуальная навигационная тренажерно-обучающая система: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / К.К. Петров. — СПб., 2006. — 176 с.

20. *Petrov K. K.* Intelligent Navigation Simulator Training System: Dis. ... Cand. of Eng.: 05.13.01 / K.K. Petrov. — SPb., 2006. — 176 p.

21. *Kharchenko V. P.* Modeling of Behavioral Activity of Air Navigation System's Human-Operator in Flight Emergencies / V.P. Kharchenko, T.F. Shmelova, Y. V. Sikirda // Proceedings of the National Aviation University. — 2012. — № 3. — P. 5—17.

22. *Шмельова Т.Ф.* Аналіз розвитку польотних ситуацій в авіаційній соціотехнічній системі / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. — 2011. — Вип. 2 (28). — С. 59—64.

23. *Shmelova T.F.* Analysis of the Flight Situation Development in Aviation Socio-Technical System / T.F. Shmelova, Y.V. Sikirda // Collected Works of Kharkiv Air Force University. — 2011. — Iss. 2 (28). — P. 59—64.

24. *Артеменко О.В.* Розробка автоматизованої системи підготовки передпольотної інформації / О. В. Артеменко, Ю. Б. Беляев, Т.Ф. Шмельова // Науково-технічна інформація. — 2010. — № 3. — С. 41—44.

25. *Artemenko O.V.* Development of the Automated System of Pre-Flight Information Preparation / O.V. Artemenko, T.F. Shmelova, Y.V. Belyaev // Scientific and technical information. — 2010. — № 3. — P. 41—44.

26. *Global Air Navigation Plan / Doc. 9750-AN 963.* — 3ed ed. — Canada, Montreal: International Civil Aviation Organization, 2007. — 125 p.

27. *Сікірда Ю.В.* Моделювання системи підтримки прийняття рішень авіадиспетчера в позаштатних польотних ситуаціях: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Ю. В. Сікірда. — К., 2004. — 184 с.

28. *Sikirda Y.V.* Modelling of an Air Traffic Controller's Decision Support System in Flight Emergencies: Dis. ... Cand. of Eng. : 05.13.06 / Y. V. Sikirda. — K., 2004. — 184 p.

29. *Шмельова Т.Ф.* Інформаційно-аналітичний діагностичний комплекс для дослідження закономірностей діяльності людини-оператора аеронавігаційної системи / Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда, А.В. Землянський, С.О. Астаф'єв // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. — Вип. 25. — Ч. II. — Кіровоград: Кіровоградський національний технічний університет, 2012. — С. 385—392.

30. *Shmelova T.F.* Information-Analytical Diagnostic Complex for Research of Patterns of Air Navigation System's Human-Operator Activity / T.F. Shmelova,

Y.V. Sikirda, A.V. Zemlyanskiy, S.O. Astaf'yev // Technics in Agricultural Production, Machine Building, Automation: Collected Works of Kirovograd National Technical University. — V. 25. — Iss. 2. — Kirovograd: Kirovograd National Technical University, 2012. — P. 385—392.

31. *А. с.* Комп'ютерна програма «Оптимізація вибору альтернативного варіанта завершення польоту повітряного корабля в позаштатних ситуаціях «Підказка»: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 37872 від 11.04.2011 р. / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, Ю.В. Сікірда, О.В. Герасименко.

32. *А. r.* Computer Program «Optimizing the Choice of Alternative Variant of Aircraft Flight Completion in Flight Emergencies «Prompt»: certificate of registration of copyright in the product № 37872 at 11.04.2011 // V.P. Kharchenko, T.F. Shmelova, Y.V. Sikirda, O.V. Gerasimenko.

33. *Лебедев С.* Flight dispatch — реальная необходимость / С. Лебедев // Новости аэронавигации. — 2004. — № 4. — С. 16—19.

34. *Lebedev S.* Flight Dispatch — a Real Necessity / S. Lebedev // News of Air Navigation. — 2004. — № 4. — P. 16—19.

35. *А. с.* Комп'ютерна програма «Вибір передпольотної інформації і прийняття рішення на виліт для автоматизованої системи підготовки передпольотної інформації (АСПП)»: свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 40062 від 09.09.2011 р. / В.П. Харченко, Т.Ф. Шмельова, О.В. Артеменко, В.Ю. Отряжий.

36. *Taha H. A.* Operations Research: An Introduction / H.A. Taha. — 8th ed. — London: Prentice Hall, 2006. — 838 p.

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЧЕЛОВЕКА-ОПЕРАТОРА АЭРОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

**Ю.Б. Беляев**

*Национальный университет пищевых технологий*

**Т.Ф. Шмелева**

*Национальный авиационный университет*

**В.Ю. Сикирда**

*Кировоградская летная академия Национального авиационного университета*

*В статье представлены концептуальные модели системы поддержки принятия решений авиадиспетчера во внештатных полетных ситуациях и автоматизированной системы подготовки предполетной информации с интеллектуальным модулем поддержки принятия решения на вылет, приведена программная реализация систем, а также разработан алгоритм определения оптимального аэродрома для выполнения вынужденной посадки воздушного корабля.*

**Ключевые слова:** *внештатная ситуация, вынужденная посадка, диспетчер по управлению воздушным движением, оптимальная альтернатива, предполетная информация, сотрудник по обеспечению полетов / летный диспетчер.*

УДК: 678.078+664.68

## **PROANTIOXIDANT SYSTEM OF A HUMAN BODY, OXIDATIVE STRESS, ITS EFFECT AND WAYS TO OVERCOME. I. OXIDATIVE STRESS**

**M. Polumbryk, O. Polymbryk**

*National University of Food Technologies*

**Y. Balion, O. Reznikov**

*Institute of Endocrinology and Metabolism NAMSU*

---

|  |  |
|--|--|
| <b>Key words:</b><br><i>Antioxidants</i><br><i>Stress</i><br><i>Free radicals</i><br><i>Singlet oxygen</i><br><i>Lipids peroxidation</i> | <b>ABSTRACT</b>  |
| <b>Article history:</b><br>Received 29.06.2014<br>Received in revised form 15.07.2014<br>Accepted 22.07.2014                             | Oxidative stress is a disease of the modern world caused by shift of redox equilibrium toward free radicals oxidation and lipids peroxides formation in human body. The mechanism of action of oxidative stress on humans has been discussed in details in the review. The antioxidants systems presented in the all levels of human body resist stress injuries and disorders. The most active in the biological systems are free radicals and ion-radicals containing unpaired electrons in the atoms of O, N, S and Cl, which can give rise to the active forms of oxygen (AFO), nitrogen (AFN), sulfur (AFS) and chlorine (AFC), respectively. The special priority was given to the factors of oxidation, particularly to the oxygen activation and its transfer to the singlet state. Moreover, the enzymatical and non-enzymatical catalysts of the biological systems oxidation were observed. An exterior antioxidants administration with food products and pharmaceuticals can hold stress within the physiological limits. |
| <b>Corresponding author:</b><br>O. Polumbryk<br><b>E-mail:</b><br>npnuht@ukr.net   |  |

---

## **ПРОАНТИОКСИДАНТНА СИСТЕМА ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ, ОКСИДАТИВНИЙ СТРЕС, ЙОГО НАСЛІДКИ І ШЛЯХИ ПОДОЛАННЯ. I. ОКСИДАТИВНИЙ СТРЕС**

**М.О. Полумбрик, О.М. Полумбрик**

*Національний університет харчових технологій*

**Я.Г. Бальон, О.Г. Резніков**

*Інститут ендокринології та обміну речовин НАМНУ*

*У статті детально розглянуто механізм дії оксидативного стресу на організм людини. Зазначено, що системи антиоксидантного захисту наявні на всіх рівнях структури організму, протидіють стресовим ушкодженням і порушенням. У біологічних системах найбільш активними є вільні радикали і йон-радикали, що містять неспарені електрони в O, N, S чи Cl-атомах й утворюють так звані активні форми кисню (АФК), азоту (АФА), сірки (АФС) і хлору (АФХ). Велику увагу приділено факторам окиснення, зокрема активації кисню і переходу його*

молекул у синглетний стан. Також розглянуто каталізатори окиснення біологічних систем ензиматичної і неензиматичної природи. Введення антиоксидантів зовні з харчовими продуктами і фармпрепаратами забезпечує утримання стресу в фізіологічних рамках.

**Ключові слова:** антиоксиданти, стрес, вільні радикали, синглетний кисень, пероксидація ліпідів.

Стрес — це природний фізіологічний стан, необхідний для нормальної життєдіяльності людини, що виникає в процес реалізації її бажань і потреб, а також під впливом зовнішніх факторів природного і соціального середовища. Стрес супроводжує людину все життя. На фізіологічному рівні розрізняють евстрес, тобто нормальний, помірний, і дистрес — такий, що виходить за межі адаптації, порушує гомеостаз і може бути причиною захворювань [1].

На відміну від тварин, для людини головне джерело стресів — не фізичні фактори середовища, а психосоціальні конфлікти. Різниця має фундаментальний характер: у першому випадку стрес є наслідком об'єктивних впливів середовища, які порушують регуляторні механізми, гомеостаз особини; в іншому випадку стрес є наслідком суб'єктивного сприйняття та інтерпретації таких змін середовища, які не відповідають очікуванням, вірі, рішенням і намірам індивіда, що склалися на основі попереднього досвіду. Важкий тривалий стрес викликає так званий синдром «хронічної втоми» і сприяє розвитку діабету, неврастенії, нервово-психічних, запальних, онкологічних, депресивних хвороб тощо.

Канадський учений Г. Сельє свого часу звернув увагу на стереотипність відповіді організму на стресові стимули незалежно від їхньої природи (фізична напруга, негативні емоції, радіація, інтоксикація тощо). Головну роль при цьому відіграє нейрогормональна система організму, а зміни в організмі відбуваються за «сценарієм» так званого загального адаптаційного синдрому. Сама його назва вказує на пристосувальний характер протидії змінам фізіологічної рівноваги, тобто порушенням гомеостазу.

Основних стрес-реалізуючих систем дві: симпато-адреномедулярна і гіпоталамо-гіпофізо-кортикоадренова (ГГКАС). Перша є системою аварійної відповіді (так її назвав американський учений У. Кенон). Її основною ознакою є викид у кров адреналіну з мозкової речовини надниркових залоз. Одразу після цього активується ГГКАС, що призводить до посилення секреції в корі надниркових залоз кортизолу — глюкокортикоїдного гормону. Він здійснює головну захисну функцію і підвищує неспецифічну резистентність організму, тобто здатність чинити опір різноманітним хвороботворним чинникам [1,2].

Початковою ланкою реакції ГГКАС на стресогенні чинники є особлива ділянка головного мозку — гіпоталамус, який синтезує і вивільнює кортиколіберин — пептид, що надходить із кровотоком венозної портальної системи гіпофіза до його передньої частини (аденогіпофіза) і стимулює там утворення і вивільнення в кров адренокортикотропного гормону (АКТГ) — стимулятора секреції кортизолу. Могутнім стимулятором секреції АКТГ є також гіпоталамічний олігопептид вазопресин, що надходить по довгих

аксонах до задньої частини гіпофіза, де й депонується. Переносниками вазопресину по аксону є спеціальні білки — нейрофізини. Під час стресової активації ГТКАС вазопресин проникає по коротких судинах до аденогіпофіза і стимулює вивільнення АКТГ.

Поряд із стрес-реалізуючими, існують стрес-лімітуючі системи, які обмежують надмірні прояви стресу, що можуть посилити його негативні наслідки. Гормональні та інші реакції стресу здатні обмежувати  $\gamma$ -аміномасляна кислота (головний гальмівний нейромедіатор мозку), гормон шишкоподібного тіла мелатонін,  $\delta$ -пептид сну тощо [1,2].

Невід'ємним супутником дистресу є зсув редокс рівноваги в організмі в бік вільнорадикального окиснення і утворення пероксидів ліпідів, що в сучасній науці отримало назву «оксидативний стрес» [1—3]. У біологічних системах найбільш активними є вільні радикали і йон-радикали, що містять неспарені електрони в O, N, S чи Cl-атомах і утворюють так звані активні форми кисню (АФК), азоту (АФА), сірки (АФС) і хлору (АФХ). АФК виникають різними шляхами [4, 5]:

- при дії йонізуючого, надвисокочастотного УФ-випромінювання, потужних електромагнітних полів, теплової енергії та інших фізичних чинників;

- у процесах нормальної життєдіяльності організму, наприклад, при перекисному окисненні ліпідів;

- як результат активації макрофагів у запальних процесах інфекційної чи неінфекційної природи;

- у стані гострого й хронічного стресу;

- у реакціях перехідних металів з гідропероксидами.

З одного боку кисень потрібний для дихання і процесів окиснення вуглеводів, білків і жирів, що супроводжується вивільненням великої кількості енергії, необхідної для нормального функціонування організму; з іншого — активні форми кисню викликають деструкцію клітинних структур, загибель мембран і органел. Утворенню радикалів сприяє куріння, пестициди, озон, промислові розчинники, токсичні відходи тощо.

Особливо небезпечними є реакції вільних радикалів з:

- ДНК в ядрах клітин і мітохондріях, що призводить до мутацій;

- індивідуальними амінокислотами в протеїнах, наслідком чого є їх модифікація і розвиток автоімунних хвороб;

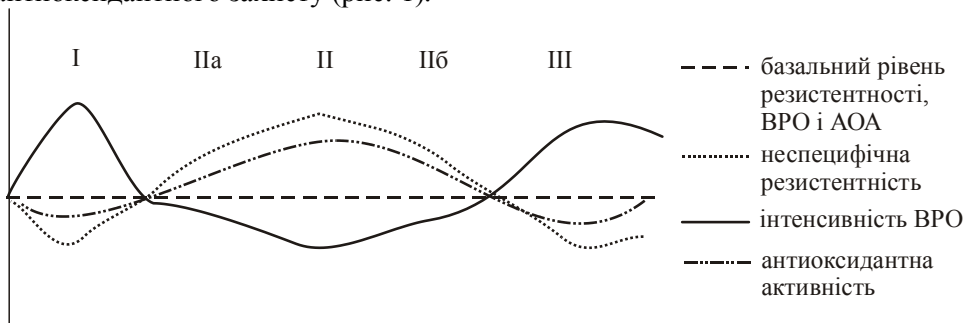
- поліненасиченими жирними кислотами в мембранах клітин з утворенням високореакційних діальдегідів, що ініціюють мутації чи злоякісні утворення;

- ненасиченими жирними кислотами, що призводить до активації макрофагів та ініціювання атеросклерозу та інших хвороб (low-grade inflammation — хронічне системне запалення) [5, 6].

Активні форми азоту утворюються при взаємодії NO з АФК, з них найбільш реакційноздатним і небезпечним є пероксинітрит ONOO<sup>-</sup>. Активні форми сірки утворюються при дії АФК на тиольні сполуки. Вони включають дисульфід-S-оксиди, сульфенові кислоти, тиольні радикали, які модулюють редокс-статус біологічних тиолів і дисульфідів. АФХ включають гіпохлоритну кислоту, нітрилгіпохлорит, атомарний хлор.

Найбільш загальна і найдревніша реакція клітини на стресові події — це посилення продукції енергії електрон-транспортними системами мітохондрій і мікросом (ендоплазматичного ретикулулу) із збільшенням вживання кисню. Внаслідок бурхливого посилення окислювальних реакцій утворюється маса активних форм кисню — вільних радикалів і пероксидів. Вони виникають і при прямому пошкодженні клітинних мембран і стінок. Активація вільнорадикального окиснення і ліпідної пероксидації є незмінним і обов'язковим компонентом клітинної відповіді на дію стресорів. Це і є та загальна ланка механізму індукції стресу, в якій сходяться ефекти різних стресогенних чинників. У відповідь зростає активність системи антиоксидативного захисту.

Загальний адаптаційний синдром розвивається на стадіях тривоги, резистентності та виснаження захисних можливостей організму. Відповідно до них змінюються і процеси вільнорадикального окиснення й антиоксидантного захисту (рис. 1).



**Рис. 1. Динаміка неспецифічної резистентності, інтенсивності вільнорадикального окиснення (ВРО) і антиоксидантної активності (АОА) на різних стадіях стресу:**

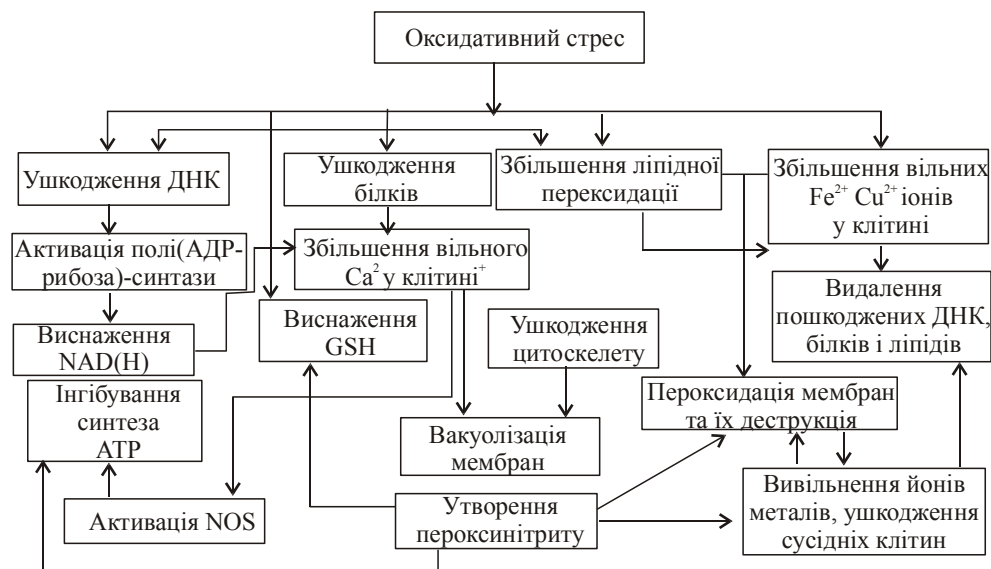
I — стадія тривоги; IIa — період зростання; II — стадія резистентності; IIб — період зниження резистентності; III — період адаптації

Надлишок активних форм кисню порушує транспорт електронів і знижує вироблення енергії, утворення макроергів. Це спричиняє різке обмеження і пригнічення всіх процесів у клітині, які потребують енергії: синтезу ДНК, РНК і білків, поділу клітин, роботи іонних каналів і насосів, обміну речовин (рис. 2). Ступінь пригнічення продукції енергії має вирішальне значення для виживання або загибелі клітин при важких і тривалих стресах. З іншого боку, АФК, АФА, АФС є необхідними посередниками багатьох процесів нормального функціонування клітин. Так, перекисне окиснення ліпідів важливе для біосинтезу простагландинів, лейкотрієнів, біологічно активних речовин тощо.

Головні внутрішньоклітинні джерела активних форм кисню — це електрон-транспортні системи мембран мітохондрій (дихальний ланцюг) і мікросом. У цих ланцюгах відбувається ступінчасте відновлення молекулярного кисню до води через утворення інтермедіатів — супероксидного й гідроксильного радикалів і пероксиду водню.

Поки процес відновлення протікає без надмірного навантаження, активні інтермедіати, що виникають, існують короткочасно, в незначних кількостях і

швидко зникають у міру просування процесу по ланцюгу. Мітохондрії утилізують основну частину споживаного кисню. В умовах напруженої життєдіяльності функція дихального ланцюга мітохондрій значно, інколи багаторазово, посилюється, зростає і кількість інтермедіатів, і небезпека їх «втечі» з ланцюга. Прояви мітохондріального стресу: набухання органел, розриви їх мембран, деструкція крист, просвітлення матриксу, порушення окисного фосфорилування, деенергізація клітин — все це дуже важливі ланки ушкоджуючої дії важкого стресу.



**Рис. 2. Механізм дії окисативного стресу:** GSH — глутатіон відновлений; NOS — NO синтаза; NAD(H) — нікотинаденіндинуклеотид відновлений; АТР - аденозинтрифосфат [1]

Електрон-транспортний ланцюг мікросом також продукує вільні радикали. Токсемічний стрес, посилений метаболізм ксенобіотиків, збільшує їх кількість. Продукують радикали також фагоцити (макрофаги, моноцити, нейтрофіли, дендритні клітини, мастоцити). Їх продукція значно зростає при гіпоксії, запаленні, старінні тощо [7].

Усі джерела активних форм кисню потребують антиоксидантного обмеження. Якщо активация вільнорадикального окиснення відіграє таку важливу роль в механізмі стресу, то системи антиоксидантного захисту, які наявні на всіх рівнях структури організму, виступають як найважливіша внутрішня сила протидії стресовим ушкодженням і порушенням. У той же час антиоксидативні механізми, безпосередньо задіяні в стрес-реакції, є її невід’ємною частиною і роблять стрес власне адаптивною реакцією. Введення антиоксидантів зовні, з харчовими продуктами і фармпрепаратами, поповнює ендогенні їх резерви, збільшує захисну активність системи, забезпечує утримання стресу у фізіологічних рамках. Антиоксиданти наявні в організмі всюди, де є певна небезпека виникнення окисного вибуху.

Компоненти системи цього захисту — антиоксидантні ферменти мітохондрій і цитозолу клітин (розчинні і мембрано-асоційовані), ферменти крові, жиро- і водорозчинні антиоксиданти, тіолові сполуки, металотіонеїни, а також репаративні системи — функціонують координовано.

Основні антиоксидантні ферменти — супероксиддисмутази (СОД) і каталаза. СОД нейтралізують супероксидний йон-радикал, перетворюючи його на воду і пероксид водню. Останній також є активним окисником і знешкоджується каталазою. Супероксиддисмутаза, що містить Cu і Zn, (CuZnСОД) знаходиться в цитозолі, а марганець-вміщуюча (MnСОД) — в мембранах і матриці мітохондрій. Каталаза міститься в пероксисомах. Відома також CuZnСОД, яка наявна у крові і захищає від пероксидації ендотелій судин.

Відновлений глутатіон є головним фактором підтримання внутрішньоклітинного редокс-гомеостазу, він безпосередньо інактивує активні форми кисню і також функціонує як кофактор і косубстрат GSH-залежних ферментів. Як і цистеїн, тіоредоксин, ерготіонеїн, глутатіон відновлює дисульфідні групи до тіолових, бере участь у тіол-дисульфідному обміні. Глутатіон(GSH)-пероксидаза розкладає пероксид водню до води спряжено з окисненням глутатіону. Окиснений глутатіон згодом відновлюється глутатіон-редуктазою. Глутатіонпероксидаза здатна знешкоджувати також ліпідні пероксидази в складі мембран [3].

Пероксидази — група ферментів, які використовують перексид водню для окиснення інших субстратів. Це цитохром-С-пероксидаза, мієлопероксидаза, NADH-пероксидаза, пероксидаза хрому тощо.

У крові людини і тварин наявний церулоплазмін — головний позаклітинний антиоксидантний фермент, якому притаманна СОД-активність.

Поряд з антиоксидантними ферментами захищають клітини і тканини від оксидативного стресу також ферменти і білки, які зв'язують йони металів із змінною валентністю і блокують їхню здатність каталізувати окиснення й пероксидацію.

До системи антиоксидантного захисту входять і металтіонеїни (МТ) — невелика група малих (6,5 кДа) спеціалізованих білків ядра і цитозолу. Вони діють як синергісти відновленого глутатіону, стабілізатори клітинного редокс-гомеостазу, реактивують тіолові групи білків. Як активні перехоплювачі вільних радикалів МТ активно гальмують перекисне окиснення ліпідів при стресі.

До жиророзчинних антиоксидантів належать: вітамін Є ( $\alpha$ -токоферол, а також менш активні  $\beta$ -,  $\gamma$ - і  $\delta$ -токоферолі і токотриєноли), який захищає ліпідний бішар плазматичних, мітохондріальних, ядерних мембран, ліпопротеїди крові і лімфи; вітамін А (ретинол, ретиналь, ретиноева кислота і провітамін бета-каротин), який захищає клітинні і тканинні мембрани, ліпопротеїди, сітківку ока; пігмент білірубін — продукт метаболізму жовчних кислот; альфа-ліпоєва кислота, коензим Q (убіхінол-убіхінон) — компонент і важливий фактор редокс-стабілізації електрон-транспортних ланцюгів. Додають свій важливий внесок у редокс-гомеостез мікроелементи, зокрема Zn, Fe, Cu, Se, також гормони, передусім глюкокортикоїди, статеві гормони, опіодні пептиди (енкефаліни, ендорфіни), нейтропептид Y і деякі інші нейропептиди, пігмент меланін тощо.

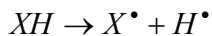


Вітамін Д регулює кальцієвий обмін речовин, вітамін К (філохінон) — згортання крові. До водорозчинних вітамінів відносяться вітаміни С, РР, групи В, вітаміноподібні речовини — холін, ліпоева кислота тощо. Деякі вітаміни синтезуються в організмі людини ендогенно мікрофлорою кишок, більшість не синтезуються зовсім, тому потрібно забезпечити їх постійне надходження з продуктами харчування.

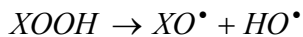
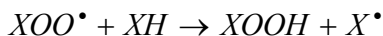
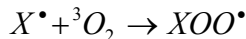
Другу лінію антиоксидантного захисту утворюють ліполітичні ферменти (ліпази і фосфоліпази), які захоплюють і сприяють видаленню з ліпідного бішару окиснених жирних кислот, що перериває ланцюгові реакції ліпідної пероксидації; протеолітичні ферменти, які піддають прискореній деградації окиснені білки. Стресові білки (білки теплового шоку) відновлюють нормальну конформацію частково окиснених, денатурованих білків і прискорюють деградацію глибоко змінених білків. Ферменти репаративних систем клітини ліквідують ушкодження структури ДНК. Полі(АДР-рибоза)синтетаза бере участь у репарації й антиоксидантному захисті ДНК, хроматину. Кожен із компонентів антиоксидантного захисту необхідний для виконання своєї, притаманної тільки йому функції на різних стадіях процесу окиснення.

Усі ці численні компоненти клітини створюють складну ієрархічну антиоксидантну систему, вони взаємодіють між собою і в сукупності забезпечують підтримку й збереження редокс-гомеостазу в умовах дії стресорів різної природи.

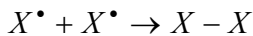
Доведено, що пероксидація ліпідів здійснюється головним чином за рахунок вільнорадикальних реакцій і являє собою ланцюговий процес, в якому беруть участь альکیلні радикали  $R^\bullet$ , алкоксидні  $RO^\bullet$ , пероксидні  $ROO^\bullet$ , гідроксидні  $HO^\bullet$  радикали і АФК — синглетний кисень і супероксид аніон [4,8,9]. Виділяють три стадії таких реакцій. На першій стадії, як правило, внаслідок відщеплення атома водню  $H^\bullet$  відбувається ініціювання реакції й утворення радикалів  $X^\bullet$  з біологічних компонентів ХН:



На другій стадії — розвитку вільнорадикального ланцюга, відбуваються реакції за участі кисню й утворюються пероксидні радикали  $XOO^\bullet$  та пероксиди, які потім сприяють розвитку чи розгалуженню вільнорадикального ланцюга:



На останній стадії відбувається розрив ланцюга при взаємодії двох радикалів, що утворюють нерадикальний адукт:



#### *Фактори окиснення. Активація кисню*

В організмі людини молекулярний кисень є основним джерелом окиснення. Хоча реакції між киснем, який знаходиться в основному стані ( ${}^3O_2$ ), та біологічними молекулами є термодинамічно сприятливими, внаслідок висо-

кого значення енергії активації ( $146\text{--}273\text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$ ) вони протікають повільно. Електронна конфігурація молекули кисню в основному стані включає два неспарені електрони на зовнішній оболонці, даючи триплетний сигнал у магнітному полі.

Ковалентні зв'язки в хімічних сполуках утворюються за рахунок пари електронів з протилежними спінами на одній орбіталі (синглетний стан системи), тому проста реакція між киснем і органічними сполуками значно гальмується, зважаючи на несумісність їх електронних «спінових» станів.

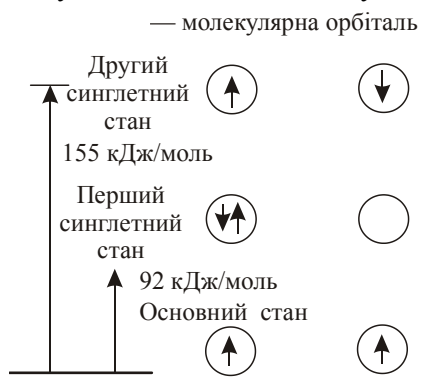


Рис. 3. Схема утворення активних форм кисню

Активація триплетного кисню, що містить два неспарені електрони на зовнішніх орбіталях  $2p_y$  та  $2p_z$ , як окисника в окисно-відновних реакціях потребує великих витрат енергії. Одним із способів активації є переведення кисню з основного ( $^3\text{O}_2$ ) у збуджений синглетний стан. Синглетний кисень — не радикал, електрофіл, надзвичайно реакційноздатна і короткоживуча частинка. Друга форма синглетного кисню (рис. 3) має ще меншу тривалість існування і не бере активної участі в процесах окиснення [4,10].

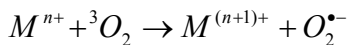
Синглетний кисень може утворюватися хімічним, ензиматичним і фотохімічним шляхом. До активних форм кисню, які утворились унаслідок відновлення його триплетного стану, включають супероксид аніон-радикал ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ), його кон'юговану кислоту ( $\text{HO}_2^{\cdot}$  - пергідроксил радикал), пероксид водню ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), гідроксильний радикал  $\text{OH}^{\cdot}$ , гіпохлоритну кислоту  $\text{HOCl}$ , пероксинітрит  $\text{ONOO}^{\cdot}$  [11].

Найсильнішими електрофілами і найбільш реакційноздатними сполуками кисню є  $^1\text{O}_2$ ,  $\text{HO}^{\cdot}$  та  $\text{ONOO}^{\cdot}$ . Деякі з цих видів АФК за наявності специфічних каталізаторів можуть перетворюватись на інші. Активовані форми кисню є необхідними посередниками багатьох фізіологічних і метаболічних процесів, наприклад, вони є проміжними продуктами в процесах окисного фосфорилування. Активаторами утворення синглетного кисню і АФК у біосистемах виступають НАДН-НАДРН оксидаза, ксантин оксидаза, мітохондрії тощо.

#### Каталізатори реакції окиснення біологічних систем

Каталізатори реакції окиснення поділяються на дві групи — ензиматичні і неензиматичні. Ензиматичні каталізатори викликають окиснення певних визначених біологічних сполук [2, 3]. Наприклад, ензими ліпоксигеназа, поліфенолоксидаза, сульфгідрилоксидаза й ксантіноксидаза викликають окиснення відповідно ненасичених жирних кислот, моно- і дифенілвмісних кислот, фрагментів цистеїну та ксантину. Глюкозооксидаза перетворює глюкозу в глюконову кислоту, продукує  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Ксантіноксидаза і пероксидаза здатні продукувати  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2^{\cdot-}$  та  $^1\text{O}_2$  [12].

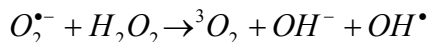
Перехідні метали легко вступають у реакцію з киснем, унаслідок якої утворюються  $O_2^{\bullet-}$  /  $HO_2^{\bullet}$ :



Утворений йон-радикал  $O_2^{\bullet-}$  здатен ініціювати реакції окиснення [2]. За іншим механізмом перехідні метали можуть викликати реакції окиснення шляхом руйнування ліпідних гідроксипероксидів (LOOH):

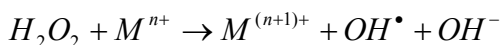
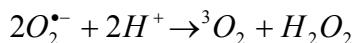
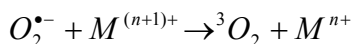


Утворені алкоксидні радикали  $LO^{\bullet}$  поглиблюють реакції окиснення. Перехідні метали також беруть участь у реакціях перетворення АФК за реакцією Губера-Вейса:



Ця взаємодія пришвидшується за рахунок трьох проміжних реакцій [13]. На першій стадії  $O_2^{\bullet-}$  діє як відновник, надаючи електрони окисненим катіонам металів. На другій стадії ця сполука одночасно діє як окисник і як відновник, сприяючи утворенню кисню та пероксиду водню.

На третій стадії, яку також називають реакцією Фентона, відновлені перехідні метали надають електрон пероксиду, сприяючи утворенню надзвичайно реакційноздатного радикала  $HO^{\bullet}$  [5]. Окиснені катіони металів знову беруть участь у циклі.



Аскорбінова кислота й тіольні сполуки здатні виконувати в цих реакціях функцію відновника замість  $O_2^{\bullet-}$  [14]. Інші неензиматичні каталізатори включають fotocутливі пігменти. Внаслідок електромагнітного опромінення ці сполуки можуть переходити у збуджений триплетний стан, який переносить енергію на молекули кисню та інші біологічні компоненти. Деякі пігменти сприяють переносу енергії на органічні сполуки, внаслідок чого з  $O_2^{\bullet-}$  утворюються пероксид водню та кисень. Інші пігменти діють таким чином, що перенесення енергії призводить до утворення з триплетного синглетної форми кисню. Прикладами fotocутливих сполук є рибофлавін і хлорофіл.

### **Висновок**

Для утримання стресу у фізіологічних нормах необхідно щоденно вводити в організм людини антиоксиданти з харчовими продуктами.

### **Література**

1. *Барабой В.А., Резніков О.Г.* Фізіологія, біохімія і психологія стресу. — Інтерсервіс. — К., 2013. — С. 314.
2. *Halliwell B.* Biochemistry of oxidative stress // *Biochem. Soc. Trans.* — 2007. — V. 35. — P. 1147—1150.

3. Schulz J.B., Lindenau J., Segfried J. et. al. Glutathione, oxidative stress and neurodegeneration // Eur. J. Biochem. — 2000. — V. 267. — P. 4904—4911.
4. Min D.B., Doff I.M. Chemistry and Reaction of Singlet Oxygen in Foods // Comp. Rev. Food. Sci Food Safety. — 2002. — V.1. — P. 58—72.
5. Valko M., Leibfritz D., Moncol J., et. al. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease // Int. J. Biochem. Cell. Biol. — 2007. — V. 39. — P. 44—84.
6. Villanueva C., Kross R.D. Antioxidant-induced Stress // Int. J. Mol. Sci., 2012, V. 13, p. 2091—2109.
7. Durackova Z. Oxidants, Antioxidants and Oxidative Stress. In : Mitochondrial Medicine; Gvordjakova A. Ed. : Springer Science + Business Media : N.Y., USA, 2008. — P. 19—54.
8. Choe E., Min D.B. Mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods // Compreh. Rev Food Sci. Food Safety. — 2009. — V. 8. — P. 345—358.
9. M. Polumbryk, S. Ivanov, O. Polumbryk. Antioxidants in food systems. Mechanism of action // Ukr. J. Food Science. — 2013. — V. 1. — P. 15—40.
10. Davies M.J. Singlet oxygen-mediated damage to proteins and its consequences // Biochem. Biophys. Res. Commun. — 2003. — V. 305. — P. 761—770.
11. Lobo V., Phatak A., Chandra N. Free radicals and functional foods: impact on human health// Pharmacolog. Rev. — 2010. — V. 4. — P. 118—126.
12. Singh P.P., Chandra A., Mahdi F., et. al. Reconvene and reconnect the antioxidant hypothesis in human health and disease // Ind. J. Clin. Biochem. — 2010. — V. 25. — P. 225—243.
13. Gutteridge J.M., Halliwell B. Antioxidants : molecules, medicines and myths. // Biochem. Biophys. Res. Commun. — 2010. — V. 393. — P. 564.
14. Murakami M., Yamaguchi T., Takamura H., et. al. Effects of ascorbic acid and L-tocopherol on antioxidant activity of polyphenolic compounds // J. Food Sci. — 2003. — V. 68. — P. 1622—1625.

## **ПРОАнтиОКСИДАНТНАЯ СИСТЕМА ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА, ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС, ЕГО ПОСЛЕДСТВИЯ И ПУТИ ПРЕОДОЛЕНИЯ. I. ОКИСЛИТЕЛЬНЫЙ СТРЕСС**

**М.О. Полумбрик, О.М. Полумбрик**

*Национальный университет пищевых технологий*

**Я.Г. Бальон, А.Г. Резников**

*Институт эндокринологии и обмена веществ НАМНУ*

*В статье детально рассмотрен механизм действия окислительного стресса на организм человека. Указано, что системы антиоксидантной защиты, присутствующие на всех уровнях структуры организма, противодействуют стрессовым повреждениям и нарушениям. В биологических системах наиболее активными являются свободные радикалы и ион-радикалы, содержащие неспаренные электроны в O, N, S или Cl-атомах и образующие так называемые активные формы кислорода (АФК), азота (АФА), серы (АФС) и хлора*

*(АФХ). Особое внимание уделено факторам окисления, в частности активации кислорода и переходу его молекул в синглетное состояние. Также рассмотрены катализаторы окисления биологических систем энзиматической и неэнзиматической природы. Введение антиоксидантов вместе с пищевыми продуктами и фармпрепаратами обеспечивает удерживание стресса в физиологических рамках.*

**Ключові слова:** *антиоксиданти, стресс, свободные радикалы, синглетный кислород, пероксидация липидов.*

УДК 338.012

## FEATURES AND PROSPECTS OF INTERNATIONAL QUALITY STANDARDS IN THE PROCESSING INDUSTRY

L. Chernelevskyy, N. Kudrenko

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*International standards  
Implementation quality  
Production processing  
Industries and  
enterprises*

**Article history:**

Received 18.06.2014

Received in revised form  
02.07.2014

Accepted 18.07.2014

**Corresponding author:**

N. Kudrenko

**E-mail:**

natalyr@ukr.net

---

**ABSTRACT**

This article explores the main aspects, problems and prospects of international quality standards in the processing industry. The features of standardization of quality management according to ISO and adaptation of national standards have been determined. The necessity of introducing international standardization of quality of manufactured products for domestic processing enterprises to improve competitiveness and the development of export potential has been substantiated.

## ОСОБЛИВОСТІ І ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ ЯКОСТІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Л.М. Чернелевський, Н.В. Кудренко

*Національний університет харчових технологій*

*У статті розкрито основні ключові аспекти, проблеми та перспективи впровадження міжнародних стандартів якості на підприємствах переробної промисловості. Визначено особливості стандартизації управління якістю продукції відповідно до вимог ISO й адаптації національних стандартів. Доведено необхідність запровадження міжнародної стандартизації якості продукції, що виготовляється на вітчизняних переробних підприємствах з метою підвищення її конкурентоспроможності та розвитку експортного потенціалу.*

**Ключові слова:** міжнародні стандарти, впровадження, якість, продукція, переробна промисловість, підприємства.

У сучасних умовах господарювання й розвитку науково-технічного прогресу особливого значення набуває проблема підвищення якості продукції на підприємствах переробної промисловості та відповідності її показників вста-

новленим міжнародним вимогам і стандартам. На підприємствах переробної промисловості повинен бути визначений комплексний системний підхід до контролю якості готової продукції. Основною організаційно-технічною базою для проведення контролю якості готової продукції на підприємствах є затверджені стандарти.

Вітчизняна система стандартизації продукції переробної промисловості залежить від об'єкта, змісту, рівня суб'єкта, призначення та сфери діяльності і включає в себе:

- державні стандарти України (ДСТУ);
- галузеві стандарти України (ГСТУ);
- технічні умови (ТУУ);
- стандарти підприємств (СТП);
- стандарти науково-технічних та інженерних товариств і спілок України (СТТУ);
- кодекси встановленої практики.

Досліджуючи українську систему технічного регулювання та стандартизації, слід зазначити, що існуюча система технічного регулювання продукції переробних підприємств, яка передбачає обов'язкову сертифікацію, є обтяжливою для виробників та не надає жодних гарантій якості споживачеві. Значна частина обов'язкових державних стандартів (близько 2 тис. чинних) на продукцію харчової та переробної промисловості були прийняті за радянських часів і лише близько 15 % чинних стандартів прийнято шляхом впровадження стандартів Міжнародної організації із сертифікації (ISO).

ISO — це абревіатура Міжнародної організації зі стандартизації (International Organization for Standardization), яка займається розробленням стандартів, впровадження та дотримання яких гарантує, що продукція підприємства й послуги є надійними, якісними, безпечними, а виробничі процеси забезпечують використання максимально якісних та ефективних ресурсів, які мінімально негативно впливають на навколишнє середовище. Стандарти ISO розроблені для різних сфер виробництва та надання послуг, серед яких: управління якістю, екологічна безпека, енергетичний менеджмент тощо.

Міжнародна неурядова організація ISO була заснована в 1947 р. з метою розробки і впровадження міжнародних стандартів управління якістю виробничих процесів. Міжнародна організація зі стандартизації ISO користується авторитетом на світовому ринку серед країн як неупереджена, чесна і високопрофесійна організація, у штаті технічної діяльності якої зайняті десятки тисяч кваліфікованих експертів з різних країн і галузей виробництва та послуг [1].

На сьогодні сертифікація продукції підприємств міжнародними стандартами ISO добровільна, але, як показує практика, з метою визнання високої якості продукції як на вітчизняному, так і на міжнародному ринках необхідним є забезпечення збуту та пошуку нових стратегічно важливих ринків. Наявність сертифікованої системи управління якістю продукції ISO є основною вимогою процесу укладення контракту для участі в держзакупівлях і тендерах. Слід відмітити, що стандарти управління якістю ISO не встановлюють вимоги до виробництва певного виду продукції чи надання послуг, де

впроваджена стандартизована система управління якістю. Дотримання стандартів ISO забезпечує повний контроль за управлінням процесами виробництва, якістю виготовленої продукції, тому ці стандарти є «універсальними» і можуть використовуватись для різних галузей виробництва, зокрема і переробної промисловості.

Міжнародні стандарти серії 9000, доповнені стандартами серії 10000, в багатьох країнах запроваджені як національні.

В Україні впровадження сертифікації якості продукції стандартами серії ISO 9000 (та іншими стандартами цієї серії) та адаптація їх у ДСТУ триває близько 20 років. Впроваджуючи міжнародні стандарти ISO, вітчизняні переробні підприємства мають можливість виходити на світові ринки збуту з продукцією визнаної якості та конкурентоспроможності.

До серії стандартів ISO 9000 входить 16 стандартів, основні положення яких затверджені в стандарті ISO 9000 «Системи управління якістю — основні принципи і поняття». У стандарті ISO 9001 «Системи управління якістю — вимоги» затверджено основні вимоги до системи управління якістю. Застосування стандарту ISO 9001 передбачає видачу сертифіката.

Стандартизація ISO є підтвердженням сумлінності забезпечення дотримання затвердженої технології та всіх без винятку процесів виробництва на підприємстві переробної промисловості. З метою загального оцінювання якості міжнародні стандарти ISO (включають понад 15 тис. стандартів) є уніфікованим механізмом контролю затверджених процесів виробництва та проведення оцінювання якості продукції, які можуть застосовуватись для всіх видів виробництва. Найбільш відомі та визнані у світовому виробництві такі стандарти: ISO 9000 — стандарт управління якістю, ISO 14000 — стандарт управління безпекою навколишнього середовища.

Однією з основних переваг сертифікації ISO на підприємствах переробної промисловості є її виняткова універсальність і визнання високої якості й конкурентоспроможності виготовленої продукції на міжнародному ринку.

В Україні розроблені і впроваджуються в процеси виробництва стандарти ДСТУ ISO. Зазначений номер стандарту ДСТУ практично відповідає затвердженому номеру міжнародного стандарту ISO. Так, наприклад, національний стандарт системи менеджменту ДСТУ ISO 9001:2009 є фактично офіційним перекладом стандарту ISO 9001:2008, де в назві зазначено рік затвердження стандарту.

Значною перевагою застосування на підприємствах переробної промисловості міжнародних стандартів ISO є також і те, що зарубіжним інвесторам та партнерам набагато вигідніше співпрацювати з підприємствами, які мають сертифікат ISO та сертифікати УкрСЕПРО.

Впровадження визнаної на міжнародному ринку системи менеджменту якості процесів виробництва є процесом затратним і трудомістким, тому не кожне підприємство переробної промисловості, зокрема малого і середнього бізнесу, зважаючи на фінансовий стан та відсутність достатніх ресурсів, має можливість, а також потребу в сертифікації ISO. Однак впровадження стандартів ISO на підприємствах переробної промисловості є принциповим та



особливо важливим для суб'єктів господарювання, які прагнуть підвищити економічну ефективність виробництва, спростити процес ліцензування випущеної продукції або послуг, удосконалити систему менеджменту, забезпечити конкурентоспроможність продукції та визнання на міжнародному ринку, мати доступ до іноземних капіталів.

Стандарти ISO серії 9000 розроблені технічним комітетом з якості ISO/ТК 176 на основі узагальнення й накопичення національного досвіду різних країн щодо процесів управління якістю на підприємствах різних сфер виробництва та надання послуг. Як уже зазначалось, стандарти ISO не стосуються визначеного сектору економіки чи промисловості та містять опис елементів, що їх мають включати системи якості залежно від потреб організації.

Кожен стандарт ISO містить своє маркування, що вказує на сферу його застосування. Зазначені у назві стандарту цифри визначають, що саме регулює певний стандарт (якість, екологія), а цифри в кінці назви — рік затвердження стандарту. Так, наприклад, на підприємствах переробної промисловості, які входять до агропромислового холдингу ПАТ «Миронівський хлібопродукт», впроваджені такі стандарти управління процесами виробництва:

Міжнародний стандарт ISO 22000 «Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга» (включає вимоги системи HACCP).

Міжнародний стандарт ISO 22000:2005 «Системи менеджменту у сфері безпеки продовольства та харчової продукції», що поєднав у собі вимоги ISO 9001 і принципи HACCP (національний аналог стандарту — ДСТУ ISO 22000:2007), гарантує безпеку кінцевого продукту, оскільки в процесі виробництва всі основні фактори, зокрема мікробіологічні, фізичні, хімічні, перебувають під контролем підприємства. Сертифікація продукції зазначеним стандартом управління якістю підприємства гарантує споживачам безпеку сировини, домішок і компонентів, що використовуються під час виробництва, а також контроль усіх факторів ризику, які безпосередньо впливають на виробничі процеси.

Міжнародний стандарт ISO 9001 «Системи управління якістю. Вимоги».

Стандарт ISO 9001:2008 є одним із найпопулярніших стандартів, які застосовуються на підприємствах переробної промисловості. Стандарт розроблений Міжнародною організацією зі стандартизації та прийнятий у понад 170 країнах світу. ISO 9001 (аналогом є ДСТУ ISO 9001:2009) є системою сертифікації управління якістю, яка гарантує, що підприємство випускає продукцію на стабільному рівні якості і може постійно його підвищувати. Стандартизація за принципами ISO 9001 означає, що на підприємстві проводиться постійний контроль за якістю всього виробничого процесу [1].

На підприємствах агропромислового холдингу ПАТ «Миронівський хлібопродукт» застосовується Система аналізу небезпечних факторів і критичних контрольних точок — HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) [2].

Система HACCP є сукупністю організаційної структури, документів, виробничих процесів і ресурсів, яка забезпечує аналіз ризиків і критичних контрольних точок і передбачає систематичну ідентифікацію, проведення оціню-

вання й управління шкідливими факторами, які суттєво впливають на безпеку продукції. Слід зазначити, що підприємства, які впроваджують систему НАССР, зобов'язані не лише досліджувати власну продукцію та процеси виробництва, але й застосовувати вимоги системи до постачальників сировини, а також до збутової мережі.

Система управління НАССР забезпечує мінімізацію ризиків і гарантію того, що виробничі процеси максимально захищені від впливу біологічних (мікробіологічних), фізичних, хімічних та інших негативних впливів. Системи НАССР застосовуються практично в усіх країнах світу та передбачені вимогами законодавства США, Канади та Нової Зеландії.

Підприємства, які входять до складу компанії «ІНТЕР ФУД», сертифіковані, крім зазначених стандартів управління якістю (ISO 9001:2008, ISO 22000:2005), також за міжнародними стандартами (ISO 14001:2004. ISO 14001:2004 — стандарт екологічного менеджменту). Впровадження стандарту ISO 14001 (ДСТУ ISO 14001:2006 «Система управління навколишнім середовищем») на підприємствах переробної промисловості означає, що виробник намагається та докладає всіх зусиль для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище [1].

Агропромисловий вертикально інтегрований холдинг «Комплекс Агромарс» є компанією, діяльність якої охоплює всі етапи виробництва. Це одна з перших в Україні компаній-виробників курячого м'яса, яка впровадила систему управління якістю та безпекою, що відповідає вимогам міжнародних стандартів ISO 9001:2008 і ISO 22000:2005 [3].

Міжнародний стандарт ISO 22000 визначає вимоги до системи управління безпекою харчових продуктів на підприємстві. Перший стандарт серії ISO 22000, ISO 22000:2005 «Системи менеджменту в сфері безпеки продовольства і харчової продукції — вимоги для будь-яких організацій серед постачальників» був опублікований у 2005 році. На основі цього стандарту можна впровадити та сертифікувати систему менеджменту безпеки харчової продукції. Зазначений стандарт об'єднав принципи, на яких заснована система аналізу небезпеки та критичних точок НАССР, а також комплекс заходів щодо впровадження цієї системи, які розроблені комісією «КОДЕКС АЛІМЕНТАРИУС».

Підприємство з виробництва яєчних продуктів «Імперово Фудз», яке входить до складу агропромислового комплексу «Авангард» є одним із найбільш технологічно розвинених об'єктів з переробки яєць на території СНД. Виробничі потужності заводу становлять 6 млн. штук яєць на день. Завод «Імперово Фудз» повністю обладнаний сучасними виробничими лініями SANOVO (Данія) і сертифікований згідно зі стандартами ISO 22000:2005 і ISO 9001:2008.

Висока якість продукції та суворий контроль вхідної сировини також гарантує міжнародний сертифікат якості ISO 22000 ТОВ «Комбінат хлібопродуктів «Тальне», продукція якого виготовляється на високотехнологічному імпортованому устаткуванні.

Асоціація «Український клуб аграрного бізнесу» (УКАБ) — це об'єднання провідних компаній (70 передових представників галузі), що здійснюють

свою діяльність в агропромисловому та продовольчому секторах України. У 2012 р. асоціація отримала Міжнародний сертифікат ISO 9001:2008, ставши першою вітчизняною бізнес-асоціацією в агропромисловому комплексі із сертифікованою системою управління якістю. Сертифікаційним партнером УКАБ стала компанія «ТЮФ ЗЮД Україна», дочірнє підприємство світового лідера інспекційних, експертних і сертифікаційних послуг німецького концерна TÜV SÜD [4].

З 2003 р. сертифіковане управління виробництвом в системі якості ISO 9001-2000 ПАТ «Скви́рський комбінат хлібопродуктів», яке є одним з найбільших в Україні виробників гречаної крупи, дістичної і кондитерської продукції, гречаного борошна, а також вівсяних пластівців і пластівців гречаних, що не потребують варіння. Виходячи із встановлених цілей і стратегії подальшого розвитку підприємства, політики в галузі контролю якості вироблених продуктів і надання послуг, визначено напрямки основних і допоміжних процесів, які гарантують ефективність функціонування підприємства.

Система управління якістю групи компаній «АГРО-ТРЕЙД» (заснована у 1998 р.), до складу якої входять Гадяцький і Дворічанський елеватори, Водянське, Зачепилівське, Коломацьке хлібоприймальні підприємства, підтверджена компанією відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 9001:2000. Діяльність компанії сертифікована органом із сертифікації ІП «СЖС УКРАЇНА» терміном на 3 роки (з 15 червня 2007 р. до 14 червня 2010 р.), сертифікат відповідності № НУ07/2597/0. Сфера дії сертифікату ISO ТОВ «КОМПАНІЯ АГРО-ТРЕЙД» — закупівля та продаж сільськогосподарської продукції.

Дубенський цукрозавод (ТзОВ СП «Нива»), що входить до складу ЗАТ «Західна компанія «Дакор» — вертикально інтегрованої аграрної компанії, об'єднує чотири діючі цукрові заводи, розміщені в трьох областях України, 9 сільськогосподарських підприємств, що орендують 122 тис. га землі, вапнякові та піщані кар'єри, автотранспортне підприємство, завод з виробництва альтернативного палива, елеватор та інші підрозділи. Зазначене підприємство отримало сертифікат відповідності системи управління якістю, що відповідає міжнародному стандарту ISO 9001:2000 («Системне управління якістю. Вимоги»). Розробка та впровадження системи управління якістю тривали близько одного року, розпочавшись у грудні 2007 р., і стали закономірним результатом системної роботи компанії на шляху вдосконалення виробничих та управлінських процесів, спрямованих на покращення якості продукції й співпраці з партнерами та клієнтами [5].

Група виробників зернових та олійних культур «КРАЄВИД-ІНВЕСТ», була заснована 30 серпня 2006 р. з метою високорентабельного виробництва на основі застосування передових аграрних технологій. Земельний фонд компанії становить понад 80 000 га родючих земель у трьох регіонах України (Харківська область, Вінницька область, АР Крим). У «КРАЄВИД-ІНВЕСТ» розроблена, впроваджена та підтримується інтегрована система управління, яка відповідає вимогам міжнародних стандартів ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 та дозволяє стабільно удосконалювати менеджмент якості, навколишнього середовища, гігієни та безпеки праці.

Затвердженні стандарти якості продукції переробної промисловості повинні відповідати сучасним вимогам споживачів, сприяти розвитку ринкових відносин і підвищенню ефективності вільної торгівлі, зростанню конкурентоспроможності вітчизняної продукції на міжнародних ринках та виключати можливості зловживань підприємствами-виробниками.

Запровадження на підприємствах переробної промисловості, особливо тих, які входять до складу агропромислових об'єднань, міжнародної сертифікації серії ISO свідчить про початок давно очікуваних якісних змін у підходах до вирішення питань, пов'язаних із системами управління якістю виробництва продукції, та екологічних проблем, привертає увагу до виробників не лише іноземних партнерів, а й потенційних інвесторів та надає додаткові переваги на міжнародному ринку капіталів. Організація діяльності в системі управління якістю процесів виробництва, менеджменту і реально досягнуті підприємством результати можуть і повинні бути прикладом національного досвіду використання стандартів ISO.

Однією з основних переваг застосування й ефективності використання систем сертифікації відповідно до вимог стандартів ISO є «прозора» зовнішня оцінка (аудит), у тому числі і з боку громадськості.

Разом з тим, поряд із багатообіцяючими очікуваннями, існують і серйозні побоювання, що стосуються масового впровадження на підприємствах переробної промисловості міжнародних стандартів управління якістю у практику діяльності вітчизняних підприємств. Насамперед застороги пов'язані із зростаючою у світі недовірою громадськості до можливостей формальної сертифікації. Провідні міжнародні організації, зокрема Міжнародна організація стандартизації (ISO), Світовий банк, Європейський банк реконструкції і розвитку, Європейський інвестиційний банк, висловлюють занепокоєння щодо того, що підприємства і компанії розглядають сертифікацію системи управління якістю продукції й екологічного менеджменту як результат, а не як засіб досягнення зростання показників ефективності. Зазначені компанії та підприємства, формально відповідаючи положенням стандартів з управління якістю та екологічної безпеки ISO, не демонструють фактичного покращення результатів діяльності або демонструють незначне поліпшення.

### **Висновки**

Отже, проблема сертифікації та стандартизації продукції ISO на підприємствах переробної промисловості є актуальною на сьогоднішній день та потребує дослідження. На нашу думку, в умовах євроінтеграції та виходу вітчизняних виробників на міжнародні ринки капіталів, сертифікація процесів управління виробництвом та якістю продукції відповідно стандартів ISO є необхідною умовою. Як доводять дослідження, на сьогоднішній день, існує ряд проблем щодо впровадження стандартизації продукції на українських підприємствах, зокрема, недостатність фінансових ресурсів, застарілість обладнання, технологій, низькі показники ліквідності та відсутність інвесторів. Сертифікація відповідно до стандартів ISO потребує значних капіталовкладень, яких, більшість підприємств переробної промисловості не мають. Однак,

незважаючи на зазначені проблеми, процеси щодо сертифікації управління виробництвом та якістю виготовленої продукції відповідно до міжнародних вимог та стандартів активно впроваджуються на вітчизняних підприємствах. Надіємось, що в найближчі роки ці процеси не лише продовжуватимуться, але й активно розвиватимуться, що дозволить більшості українських підприємств переробної промисловості стати лідерами по виробництву продукції на міжнародних ринках.

### **Література**

1. Єдина стандартизація або що таке ISO? [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://interfood.com.ua/ua/useful/polezno-znat/13796/>.
2. *Наша ряба*: Про компанію [Електронний ресурс]. — Режим доступу <http://www.gyaba.com.ua/company/index/view/breadproducts>.
3. *Броварська філія ТОВ «Комплекс Агромарс»* [Електронний ресурс]. — Режим доступу <http://www.rudnya.com.ua/pidprijemstva/brovarska-filija-tov-kompleks-agromars>.
4. *Український клуб аграрного бізнесу*. [Електронний ресурс]. — Режим доступу <http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%83>
5. *Дубенський цукрозавод отримав сертифікат відповідності системи управління якістю ISO 9001:2000*. [Електронний ресурс]. — Режим доступу <http://www.dakorwest.com/uk/news/24.html>.

## **ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ КАЧЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Л.Н. Чернелевский, Н.В. Кудренко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье раскрыты основные ключевые аспекты, проблемы и перспективы внедрения международных стандартов качества на предприятиях перерабатывающей промышленности. Определены особенности стандартизации управления качеством продукции в соответствии с требованиями ISO и адаптации национальных стандартов. Доказана необходимость внедрения международной стандартизации качества продукции на отечественных перерабатывающих предприятиях с целью повышения ее конкурентоспособности и развития экспортного потенциала.*

**Ключевые слова:** *международные стандарты, внедрение, качество, продукция, перерабатывающая промышленность, предприятия.*

## BIOCONVERSION OF BIODIESEL PRODUCTION WASTE INTO *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241 SURFACTANTS

T. Pirog, M. Shulyakova

National University of Food Technologies

### Key words:

*Acinetobacter Calcoaceticus* IMV B-7241  
Biodiesel production waste  
Surfactants  
Biosynthesis  
Cultivation

### Article history:

Received 20.07.2014  
Received in revised form 28.07.2014  
Accepted 09.08.2014

### Corresponding author:

T. Pirog  
E-mail:  
npnuht@ukr.net

### ABSTRACT

The possibility of increasing the content of technical glycerin (byproduct of biodiesel production, glycerol fraction) in the medium cultivation for *Acinetobacter calcoaceticus* IMV B-7241 — producer of surface-active agents (surfactants) was investigated. Maximal values of surfactants synthesis (5.9—6.1 g/l) were observed after addition of copper sulfate (0.16  $\mu\text{mol/l}$ ) and zinc sulfate (38  $\mu\text{mol/l}$ ) into medium with glycerol fraction as well as after increasing the content of urea to 0.7—0.9 g/l. Under such cultivation conditions the concentration of technical glycerol increased to 8 % (v/v), that in 4 times higher than the content of the base medium. The obtained data showed the high efficiency of the bioconversion of biodiesel production waste into *A. calcoaceticus* IMV B-7241 microbial surfactants.

## БІОКОНВЕРСІЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА БІОДИЗЕЛЮ У ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* IMB B-7241

Т.П. Пирог, М.О. Шулякова

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено можливість підвищення вмісту технічного гліцерину (побічний продукт виробництва біодизелю, гліцерінова фракція) у середовищі культивування *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 — продуцента поверхнево-активних речовин (ПАР). Максимальні показники синтезу ПАР (5,9—6,1 г/л) спостерігалися за внесення у середовище з гліцеріновою фракцією сульфату міді (0,16 мкмоль/л), сульфату цинку (38 мкмоль/л), а також підвищення вмісту сечовини до 0,7—0,9 г/л. За таких умов культивування вдалося збільшити концентрацію технічного гліцерину до 8 % (об'ємна частка), що у 4 рази вище порівняно з вмістом у базовому середовищі. Одержані дані засвідчують високу ефективність біоконверсії відходів виробництва біодизелю у мікробні поверхнево-активні речовини *A. Calcoaceticus* IMB B-7241.

**Ключові слова:** *Acinetobacter calcoaceticus* IMB В-7241, відходи виробництва біодизелю, поверхнево-активні речовини, біосинтез, культивування.

З кожним роком потреби у біопаливі зростають, оскільки вичерпуються запаси нафти та природного газу. Вважається, що у 2017 р. виробництво біодизелю становитиме близько 25 млрд л. При цьому існує нагальна потреба утилізації гліцерину — побічного продукту, що утворюється при виробництві біодизелю (близько 10 % від об'єму біопалива) [1]. Відомо, що гліцерин може бути використаний як субстрат у біотехнології, зокрема для отримання мікробного білку, лимонної кислоти, 1,3-пропандіолу, пропіонової кислоти, етанолу, біополімерів, жирних кислот, а також поверхнево-активних речовин (ПАР) [1—4].

Варто зазначити, що для одержання мікробних ПАР автори переважно використовують очищений гліцерин, а не побічний продукт виробництва біодизелю — технічний гліцерин, що у своєму складі містить метанол, етанол, хлориди натрію або калію тощо, які є інгібіторами як мікробного росту, так і синтезу ПАР. Зокрема, встановлено здатність *Ustilago maydis* до синтезу гліколіпідів на неочищеному (технічному) гліцерині [5]. Максимальної концентрації ПАР (32,1 г/л) вдалося досягти за культивування продуцента у поживному середовищі, що містило 50 г/л гліцерину та 20,3 мг/л цитрату амонію як джерело вуглецю й азоту відповідно [5]. Проте у даному випадку в поживне середовище додатково вносили амінокислоти, вітаміни групи В, а також попередники гліколіпідних ПАР — маннозу й еритритол. Ще одним суттєвим недоліком, виявленим у ході дослідження, було те, що метанол у концентрації понад 2 % пригнічував ріст клітин продуцента і, як наслідок, біосинтез ПАР. Відомо, що будь-які додаткові процеси очищення технічного гліцерину суттєво впливають на його ціну і собівартість синтезованих ПАР. Так, вартість очищеного гліцерину перевищує у 2,5 раза вартість вихідного технічного субстрату. Враховуючи вищесказане, актуальним нині є пошук мікроорганізмів, здатних до утворення ПАР саме на технічному гліцерині та стійких до наявних у його складі токсичних домішок.

Наші попередні дослідження показали, що за умов росту *Acinetobacter calcoaceticus* IMB В-7241 на технічному гліцерині, одержаному безпосередньо від заводу-виробника біодизелю (Запорізький біопаливний завод), концентрація синтезованих позаклітинних ПАР була удвічі вищою, ніж на очищеному субстраті [6]. При цьому вміст технічного гліцерину у середовищі не перевищував 2 % (об'ємна частка). Разом з тим, враховуючи обсяги виробництва біодизелю у світі — 11 млн т у 2008 р. із щорічним збільшенням на 8—10 % [7], а також кількість утворюваного як відходу технічного гліцерину — 10 % від об'єму біодизелю [8], стає зрозумілим, що для ефективного використання такого відходу, як субстрат у біотехнологічних процесах його вміст у середовищі культивування продуцентів практично цінних мікробних метаболітів повинен бути якомога вищим.

У зв'язку з викладеним вище мета пропонованого дослідження — встановлення умов культивування *A. calcoaceticus* IMB В-7241, що забезпечують високі показники синтезу ПАР на середовищі з максимально можливим вмістом технічного гліцерину.

Культивування штаму ІМВ В-7241 здійснювали на рідкому мінеральному середовищі такого складу (г/л):  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  — 0,35,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1,  $\text{NaCl}$  — 1,0,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  — 0,6,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  — 0,14, дріжджовий автолізат — 0,5 % (об'ємна частка), розчин мікроелементів, рН 6,8—7,0. Розчин мікроелементів містив такі солі (г/100 мл):  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 1,1;  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  — 0,6;  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,1;  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  — 0,004;  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  — 0,03;  $\text{H}_3\text{BO}_3$  — 0,006;  $\text{KI}$  — 0,0001; ЕДТА (Трилон Б) — 0,5. Під час дослідження впливу концентрації азоту на синтез ПАР вміст сечовини у середовищі культивування підвищували до 0,6—1,0 г/л. В одному з варіантів у середовище замість дріжджового автолізату і мікроелементів вносили (у різних комбінаціях) сульфат цинку і сульфат міді в концентрації 38 і 0,16 мкмоль/л відповідно, а також хлорид калію (0,21 ммоль/л).

Як джерело вуглецю й енергії використовували технічний гліцерин у концентрації 2—8 % (об'ємна частка). Як посівний матеріал використовували культуру з експоненційної фази росту (48 год), вирощену на середовищі наведеного складу, що містить як джерело вуглецю й енергії 0,5 % технічного гліцерину (об'ємна частка). Кількість інокуляту — 10 % від об'єму середовища. Культивування бактерій здійснювали в колбах об'ємом 750 мл із 100 мл середовища на качалці (320 об./хв) при 28 °С упродовж 120—168 год.

Концентрацію позаклітинних ПАР (г/л) визначали ваговим методом після екстракції поверхнево-активних ліпідів модифікованою сумішшю Фолча. Культуральну рідину, отриману після культивування штаму ІМВ В-7241, центрифугували при 5000g упродовж 20 хв для відділення біомаси. 25 мл супернатанту поміщали в циліндричну ділильну воронку об'ємом 100 мл, додавали 5 мл 1М  $\text{HCl}$ , воронку закривали пришліфованою пробкою і струшували 3 хв, потім додавали ще 4 мл 1М  $\text{HCl}$  і 16 мл суміші хлороформу й метанолу (2:1) і струшували (з метою екстракції ліпідів) упродовж 5 хв. Отриману після екстракції суміш залишали у воронці для розділення фаз, після чого нижню фракцію збирали (органічний екстракт 1), а водну фазу піддавали повторній екстракції. Під час повторної екстракції до водної фази додавали 9 мл 1М  $\text{HCl}$  і 16 мл суміші хлороформу і метанолу (2:1) і здійснювали екстракцію ліпідів упродовж 5 хв. Після розділення фаз збирали нижню фракцію й отримували органічний екстракт 2. На третьому етапі до водної фази додавали 25 мл суміші хлороформу і метанолу (2:1) і здійснювали екстракцію, як описано вище, отримуючи органічний екстракт 3. Екстракти 1—3 змішували і випарювали на роторній випарній установці ІР-1М2 (Росія) при температурі 50 °С і абсолютному тиску 0,4 атм до постійної маси.

У табл. 1 наведено дані про синтез ПАР штамом ІМВ В-7241 залежно від наявності дріжджового автолізату і мікроелементів у середовищі з 2 % технічного гліцерину.

**Таблиця 1. Вплив дріжджового автолізату і мікроелементів на синтез ПАР за умов росту *A. calcoaceticus* ІМВ В-7251 на технічному гліцерині (2 %)**

| Наявність у середовищі культивування |                        |                |               |               | ПАР, г/л |
|--------------------------------------|------------------------|----------------|---------------|---------------|----------|
| мікро-елементів                      | дріжджового автолізату | сульфату цинку | сульфату міді | хлориду калію |          |
| —                                    | —                      | —              | —             | —             | 1,0±0,05 |
| +                                    | +                      | —              | —             | —             | 4,5±0,22 |



| Наявність у середовищі культивування |                      |                |               |               | ПАР, г/л |
|--------------------------------------|----------------------|----------------|---------------|---------------|----------|
| мікро-елементів                      | дріжджового автолізу | сульфату цинку | сульфату міді | хлориду калію |          |
| –                                    | –                    | +              | +             | +             | 4,7±0,24 |
| –                                    | –                    | +              | +             | –             | 5,2±0,26 |

Одержані результати свідчать, що за наявності сульфату міді і цинку у середовищі з 2 % технічного гліцерину концентрація синтезованих ПАР досягала максимального значення (5,2 г/л). Ці дані узгоджуються з одержаними раніше про те, що внесення у середовище з очищеним гліцином сульфату міді (0,15—0,17 ммоль/л), сульфату цинку (37—39 ммоль/л) і хлориду калію (0,20—0,22 ммоль/л) дає змогу виключити зі складу середовища суміш мікроелементів і дріжджовий автолізат [9]. Слід зазначити, що у разі культивування штаму ІМВ В-7241 на технічному гліцерині (на відміну від вирощування на очищеному субстраті) немає необхідності у внесенні у середовище КСІ (тал. 1). Це зумовлено тим, що технічний гліцерин містить у своєму складі достатньо велику кількість катіонів калію [1—8].

Дані про синтез ПАР *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на середовищі з різними концентраціями технічного гліцерину наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Вплив концентрації технічного гліцерину у середовищі культивування *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 на синтез ПАР

| Концентрація гліцерину у середовищі, % | Тривалість культивування, год |          |
|--|-------------------------------|----------|
|  | 120                           | 168      |
| 2                                      | 5,2±0,26                      | 5,2±0,26 |
| 3                                      | 5,2±0,26                      | 5,2±0,26 |
| 4                                      | 5,0±0,25                      | 5,2±0,26 |
| 5                                      | 4,0±0,20                      | 4,2±0,21 |
| 6                                      | 3,9±0,19                      | 4,0±0,20 |

Отже, підвищення концентрації технічного гліцерину у середовищі до 6% супроводжувалося зниженням синтезу ПАР, причому збільшення тривалості культивування продуцента не приводило до підвищення концентрації синтезованих поверхнево-активних речовин.

Важливим фактором, що впливає на синтез мікробних вторинних метаболітів, є співвідношення С/Н у середовищі культивування продуцентів [7]. У попередніх дослідженнях було встановлене оптимальне для синтезу ПАР *A. calcoaceticus* ІМВ В-7241 співвідношення вуглець/азот [11]. Проте у процесі даних досліджень, підвищуючи концентрацію технічного гліцерину в середовищі (див. табл. 2), ми не змінювали вміст азоту, тому на наступному етапі вивчали синтез ПАР за умов росту штаму ІМВ В-7241 на середовищі, в якому концентрація азоту була збільшена (табл. 3).

Наведені у табл. 3 дані свідчать, що за концентрації сечовини 0,7—0,9 г/л у середовищі з 6—8 % технічного гліцерину концентрація синтезованих ПАР була максимальною і становила 5,9—6,1 г/л.

Таблиця 3. Вплив концентрації азоту і технічного гліцерину на синтез ПАР *A. calcoaceticus* IMB В-7241

| Концентрація гліцерину, % | Концентрація сечовини, г/л | ПАР, г/л |
|---------------------------|----------------------------|----------|
| 6                         | 0,6                        | 5,3±0,26 |
|                           | 0,7                        | 5,9±0,29 |
|                           | 0,8                        | 6,1±0,30 |
| Концентрація гліцерину, % | Концентрація сечовини, г/л | ПАР, г/л |
| 6                         | 0,9                        | 6,1±0,30 |
|                           | 1,0                        | 5,0±0,25 |
| 7                         | 0,6                        | 5,0±0,25 |
|                           | 0,7                        | 6,0±0,30 |
|                           | 0,8                        | 6,1±0,30 |
|                           | 0,9                        | 5,9±0,29 |
|                           | 1,0                        | 5,3±0,26 |
| 8                         | 0,6                        | 4,9±0,24 |
|                           | 0,7                        | 6,0±0,30 |
|                           | 0,8                        | 6,0±0,30 |
|                           | 0,9                        | 6,0±0,30 |
|                           | 1,0                        | 5,0±0,25 |

З літератури відомо, що показники синтезу ПАР за умов росту продуцентів на технічному гліцерині є суттєво нижчими, ніж на очищеному субстраті. Так, *Bacillus subtilis* LSFM-05 на середовищі з 5 % технічного гліцерину синтезував 1,36 г/л сурфактину [12]. У процесі вирощування *Pseudomonas aeruginosa* MSIC02 на середовищі з попередньо гідролізованим (обробка сірчаною кислотою) технічним гліцерином (5 %) концентрація рамноліпідів становила 1,27 г/л [4]. Штам *Starmerella bombicola* ATCC 22214 синтезував до 6,6 г/л софороліпідів на середовищі, що містило 15 % технічного гліцерину та/або 10 % соняшникової олії [13]. Результати наших досліджень засвідчують, що штам *A. calcoaceticus* IMB В-7241 за показниками синтезу ПАР на технічному гліцерині не поступається описаним у літературі і навіть суттєво перевершує деякі з них.

### Висновки

Отже, у результаті проведеного дослідження встановлено, що підвищення вмісту сечовини у 2—2,5 раза у середовищі культивування *A. calcoaceticus* IMB В-7241 дало змогу підвищити концентрацію синтезованих поверхнево-активних речовин і вміст технічного гліцерину з 2 до 6—8 % (об'ємна частка).

### Література

- Rivaldi J.D., Sarrouh B.F., Branco R.de F., de Mancilha I.M., da Silva S.S. Biotechnological utilization of biodiesel-derived glycerol for the production of ribonucleotides and microbial biomass // Appl. Biochem. Biotechnol. — 2012. — Vol. 167, № 7. — P. 2054—2067.
- da Silva G.P., Mack M., Contiero J. Glycerol: a promising and abundant carbon source for industrial microbiology // Biotechnol. Adv. — 2009. — Vol. 27, № 1. — P. 30—39.

3. Silva S.N., Farias C.B., Rufino R.D., Luna J.M., Sarubbo L.A. Glycerol as substrate for the production of biosurfactant by *Pseudomonas aeruginosa* UCP0992 // Colloids Surf. B: Biointerfaces. — 2010. — Vol. 79, № 1. — P. 174—183.

4. de Sousa J.R., Correia J.A., de Almeida J.G.L., Rodrigues S., Pessoa O.D.L., Melo V.M.M., Gonçalves L.R.B. Evaluation of a co-product of biodiesel production as carbon source in the production of biosurfactant by *P. aeruginosa* MSIC02 // Proc. Biochem. — 2011. — Vol. 46, № 9. — P. 1831—1839.

5. Liu Y., Koh C.M.J., Ji L. Bioconversion of crude glycerol to glycolipids in *Ustilago maydis* // Bioresour Technol. — 2011. — Vol. 102, № 4. — P. 3927—3933.

6. Шулякова М.О., Мащенко О.Ю., Хом'як Д.І. Синтез поверхнево-активних речовини на відходах виробництва біодизелю у *Rhodococcus erythropolis* ІМВ Ас-5017, *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241 та *Nocardia vaccinii* К-8 // Ukrainian food journal. — 2012. — № 2. — С. 43—46.

7. Posada J.A., Cardona C.A., Gonzalez R. Analysis of the production process of optically pure D-lactic acid from raw glycerol using engineered *Escherichia coli* strains // Appl. Biochem. Biotechnol. — 2012. — Vol. 166, № 3. — P. 680—699.

8. Louhasakul Y., Cheirsilp B. Industrial waste utilization for low-cost production of raw material oil through microbial fermentation // Appl. Biochem. Biotechnol. — 2013. — Vol. 169, № 1. — P. 110—122.

9. Пирог Т.П., Шевчук Т.А., Мащенко О.Ю., Парфенюк С.А., Іутинська Г.А. Влияние факторов роста и некоторых микроэлементов на синтез поверхностно-активных веществ *Acinetobacter calcoaceticus* ІМВ В-7241 // Микробиол. журнал. — 2013. — Т. 75, № 5. — С. 19—27.

10. Підгорський В.С., Іутинська Г.О., Пирог Т.П. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу. — К.: Наук. думка, 2010. — 327 с.

11. Pirog T.P., Antonuk S.I., Karpenko Y.V., Shevchuk T.A. The influence of conditions of *Acinetobacter calcoaceticus* K-4 strain cultivation on surface-active substances synthesis // Appl. Biochem. Microbiol. — 2009. — Vol. 45, № 3. — P. 272—278.

12. de Faria A. F., Teodoro-Martinez D. S., de Oliveira Barbosa G. N., Vaz B. G., Silva I. S., Garcia J. S., Totola M. R., Eberlin M. N., Grossman M., Alves O. L., Durrant L. R. Production and structural characterization of surfactin (C14/Leu7) produced by *Bacillus subtilis* isolate LSFM-05 grown on raw glycerol from the biodiesel industry // Proc. Biochem. — 2011. — Vol. 46, № 9. — P. 1951—1957.

13. Wadekar S.D., Kale S.B., Lali A.M., Bhowmick D.N., Pratap A.P. Utilization of sweetwater as a cost-effective carbon source for sophorolipids production by *Starmerella bombicola* (ATCC 22214) // Prep. Biochem. Biotechnol. — 2012. — Vol. 42, № 2. — P.125—142.

## **БИОКОНВЕРСИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА БИОДИЗЕЛЯ В ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА *ACINETOBACTER CALCOACETICUS* ІМВ В-7241**

Т.П. Пирог, М.А. Шулякова

Национальный университет пищевых технологий

В статье исследована возможность повышения содержания технического глицерина (побочный продукт производства биодизеля, глицериновая фракция) в

среде культивирования *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241 — продуцента поверхностно-активных веществ (ПАВ). Максимальные показатели синтеза ПАВ (5,9—6,1 г/л) наблюдались при внесении в среду с глицериновой фракцией сульфата меди (0,16 мкмоль/л), сульфата цинка (38 мкмоль/л), а также повышении содержания мочевины до 0,7—0,9 г/л. В таких условиях культивирования удалось увеличить концентрацию технического глицерина до 8 % (по объему), что в 4 раза выше по сравнению с содержанием в базовой среде. Полученные данные свидетельствуют о высокой эффективности биоконверсии отходов производства биодизеля в микробные поверхностно-активные вещества *A. calcoaceticus* IMB B-7241.

**Ключевые слова:** *Acinetobacter calcoaceticus* IMB B-7241, отходы производства биодизеля, поверхностно-активные вещества, биосинтез, культивирование.

## PROSPECTS OF USING MIXTURE SUBSTRATES IN BIOTECHNOLOGY

N. Kudrya, K. Beregova

National University of Food Technologies

---

|  |   |
|--|---|
| <b>Key words:</b><br><i>Mixed substrates intensification of biosynthesis<br/>Biodegradation of xenobiotics<br/>Surfactants</i> | <b>ABSTRACT</b><br>This article summarizes the published data of recent years on the use of mixed substrates by microorganisms. Special attention is paid to improving the biodegradation of xenobiotics (fenatren, benzene, nitrobenzene, toluene, buprofezin, dimethoate, etc.) by making additional substrate. Thus, when putting starch in the culture medium of <i>Pseudomonas</i> sp. DFS35-4, the degree of buprofezin destruction reached 75 %; when adding glucose, the amount of observed degradation of sulfamethoxazole and <i>Rhodococcus rhodochrous</i> 13808 sulfamethizole increased. The literary data on the impact of cultivation conditions (including natural carbon sources and their concentrations in the mixture) on the synthesis of secondary metabolites having practical value (clavulanic acid, 1,3-propanediol and ethanol) and on biomass is presented in the article. |
| <b>Article history:</b><br>Received 28.06.2014<br>Received in revised form 05.07.2014<br>Accepted 18.07.2014                   |   |
| <b>Corresponding author:</b><br>N. Kudrya<br><b>E-mail:</b><br>npnuht@ukr.net  |   |

---

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СУМІШІ СУБСТРАТІВ У БІОТЕХНОЛОГІЇ

Н.В. Кудря, Х.А. Берегова

Національний університет харчових технологій

У статті узагальнено літературні дані останніх років про використання мікроорганізмами змішаних субстратів. Значну увагу приділено підвищенню ефективності біодеградації ксенобіотиків мікроорганізмами (фенатрен, бензол, нітробензол, толуол, бупрофезін, диметоат та ін.) за наявності додаткового субстрату (глюкоза, фруктоза, сахароза, цитрат натрію). Так, за внесення крохмалю в середовищі культивування *Pseudomonas* sp. DFS35-4 ступінь деструкції бупрофезіну становив 75 %, а за наявності глюкози спостерігалось підвищення ступеня деструкції сульфаметаксазолу та сульфаметіазолу *Rhodococcus rhodochrous* 13808. Наведено літературні дані про вплив умов культивування (зокрема природи джерел вуглецю та їх концентрації у суміші) на синтез практично цінних вторинних метаболітів (клавуланова кислота, 1,3-пропандіол, біоетанол) і біомаси.

**Ключові слова:** змішані субстрати, біодеградація ксенобіотиків, лігноцелюлоза, інтенсифікація синтезу, поверхнево-активні речовини.

У 2013 р. було опубліковано огляд [22] про використання суміші субстратів для інтенсифікації технологій мікробного синтезу продуктів бродіння (етанол, молочна кислота, бутандіол), первинних (амінокислоти, *n*-гідроксibenzoат, тригліцериди) і вторинних (ловастатин, поверхнево-активні речовини) метаболітів, а також біодеградації ксенобіотиків ароматичної природи (бензол, крезоли, феноли, толуол).

Розглянуто стратегії виживання гетеротрофних мікроорганізмів у природних оліготрофних середовищах, зокрема одночасне використання кількох субстратів, завдяки чому поліпшуються кінетичні характеристики, що надає їм конкурентної переваги, а також забезпечується значна метаболічна/фізіологічна гнучкість.

На даний час великою проблемою є забруднення довкілля через накопичення великої кількості різних за складом, фізико-хімічними властивостями і концентрацією забруднюючих речовин. Наявність ксенобіотиків у навколишньому середовищі є наслідком їх нецільового використання, недосконалої технологій промислового виробництва багатьох речовин та очисних систем, що призводить до порушення екосистеми і може викликати екологічну кризу [17]. Забруднення в екосистемах найчастіше мають комплексний характер, тому актуальним є пошук таких методів очищення, які б дали змогу видаляти такі комбіновані шкідливі речовини.

Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) — це речовини, що містять два або більше конденсованих кілець бензолу, можуть бути як природного, так і антропогенного походження [2]. ПАВ через свою токсичну, канцерогенну та мутагенну дію є дуже шкідливими і становлять значну екологічну загрозу [2, 10]. Відносно новою технологією є видалення забруднень із використанням ПАВ-утилізуючих мікроорганізмів [17].

*Використання додаткового джерела вуглецю для біодеградації ксенобіотиків*

На сьогодні відомо багато мікроорганізмів, здатних до деструкції різноманітних відходів і поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), наприклад, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas fluorescens*, *Mycobacterium* spp., *Haemophilus* spp., *Rhodococcus* spp., *Paenibacillus* spp. та ін. [10]. Швидкість деградації забруднюючих речовин залежить від їх концентрації, умов навколишнього середовища (рН, температура, кисень) і типів наявних мікроорганізмів. Повільне руйнування ПАВ у ґрунті пов'язане з повільною їх десорбцією з частинок ґрунту, а не з низькою швидкістю засвоєння мікроорганізмами. Поверхнево-активні речовини (ПАР) мікробного походження можуть підвищити біодоступність ПАВ і метаболічний потенціал мікробної спільноти, що бере участь у їх деградації [10]. Так, за допомогою ПАР *Pseudomonas aeruginosa* SP4 можна збільшити концентрацію ПАВ у водній фазі, а внесення додаткового джерела вуглецю (наприклад, глюкози) або використання суміші забруднюючих речовин дає змогу підвищити швидкість деградації ПАВ через стимуляцію росту мікроорганізмів, відповідальних за їх деструкцію. Встановлено, що за наявності нафталіну у середовищі культивування *Pseudomonas putida* КВМ-1 підвищувався ступінь деструкції фенантрена у 5 разів, пірену — у 2 рази. Проте варто відмітити, що інші

дослідження показали протилежний ефект: розкладання антрацену *Rhodococcus* sp. та деградація пірену *Mycobacterium flavescens* інгібувалось наявністю флуорантену в середовищі культивування мікроорганізмів [10].

Нітробензол — токсична нітроароматична сполука, яка найчастіше зустрічається у середовищі з такими сполуками, як анілін і фенол, тому актуальним є пошук методів очищення навколишнього середовища від комплексу цих речовин. Бактеріям *Pseudomonas* sp. АЗ притаманна здатність до розкладу більше 80 % нітробензолу, фенолу, аніліну (концентрація у середовищі по 100 мг/л) та інших ароматичних сполук. При дослідженні деструкції суміші нітробензолу, аніліну та фенолу вільними та іммобілізованими клітинами [18] встановлено, що штам АЗ може одночасно споживати 300 мг/л нітробензолу, 50 мг/л аніліну та 100 мг/л фенолу протягом 20 год, тоді як іммобілізовані клітини здійснювали цей процес всього за 10 год. Лаг-фаза для іммобілізованих клітин була коротшою, ніж для вільних. При підвищенні концентрації аніліну і фенолу до 150 мг/л деградація нітробензолу вільними клітинами інгібувалась, за таких умов протягом 20 год ступінь деструкції нітробензолу становив менше 50 %. Для порівняння, іммобілізовані клітини ефективно руйнують нітробензол протягом 10 год, навіть при підвищенні концентрації аніліну і фенолу до 150 мг/л.

Слід зазначити, що порівняно з іншими субстратами, які знаходились у суміші, найвища швидкість деградації спостерігалась для нітробензолу [18]. Деструкція аніліну і фенолу також відбувалась ефективно, проте анілін розкладався повільніше. Таке явище може пояснюватись наведеними причинами: по-перше, анілін є більш токсичним, а по-друге, він є проміжним метаболітом деградації нітробензолу штамом АЗ. Таким чином, невелика кількість аніліну може безперервно накопичуватись в середовищі під час використання нітробензолу. Іммобілізовані клітини можуть здійснювати деградацію 200, 400 і 600 мг/л нітробензолу протягом 5 год, 9—10 год і 13—14 год відповідно. Наведені результати показують можливість використання іммобілізованих клітин *Pseudomonas* sp. АЗ для очищення стічних вод від нітробензолу у суміші з іншими ароматичними сполуками [18].

Для вивчення впливу додаткового субстрату на деградацію ароматичних сполук було обрано *Ralstonia pickettii* РКО1 як модельний організм [4]. Штам РКО1 здатний використовувати бензол, толуол, фенол і *m*-крезол як єдине джерело вуглецю й енергії. Початковий етап метаболізму бензолу у *R. pickettii* РКО1 включає його гідроксилування у фенол, який потім додатково гідроксилується до катехіну до розриву кільця в мета-положенні діоксигеназою. На першому етапі *R. pickettii* РКО1 (попередньо вирощений на середовищі з сукцинатом) культивували з сумішшю бензолу і толуолу при початковій концентрації 1 мМ кожного, при цьому спостерігалась деградація обох субстратів одночасно [4]. Варто зазначити, що швидкість росту біомаси, за використання суміші бензолу і толуолу, підтримувалась постійно під час експоненційної фази росту і становила 0,25 год<sup>-1</sup> порівняно з показниками росту *R. pickettii* РКО1 на відповідних моносубстратах. За вирощування штаму РКО1 на суміші сукцинату і бензолу (1 мМ кожен) спостерігалось явище діауксії: при цьому протягом перших 3—4 год (лаг-фаза) не спосте-

рігалося підвищення рівня біомаси. Однак деструкція бензолу починалась під час лаг-фази, що супроводжувалось накопиченням фенолу. Після культивування не було знайдено проміжних продуктів метаболізму бензолу, що свідчить про повне споживання субстрату [4].

При періодичному культивуванні *R. pickettii* РКО1 з використанням бензолу як єдиного джерела вуглецю максимальна швидкість росту становила  $0,18 \text{ год}^{-1}$ , тоді як додавання сукцинату підвищило швидкість росту до  $0,5 \text{ год}^{-1}$ . За надлишку сукцинату у суміші спостерігався діауксичний ріст, тоді як при хемостатному культивуванні споживання кожного моносубстрату в суміші відбувалося одночасно. З наведених даних можна зробити висновок, що використання сукцинату як додаткового джерела вуглецю штамом РКО1 є перспективним напрямком для інтенсифікації утилізації суміші ароматичних сполук [4].

Деструкція бупрофезіну (інсектицид) відбувається за рахунок ґрунтових мікроорганізмів, проте чистих культур, що розкладають цю речовину, не було знайдено, тому пізніше [5] зі зразка ґрунту, забрудненого бупрофезіном, був виділений штам *Pseudomonas* sp. DFS35-4. Ефективність деструкції інсектициду штамом DFS35-4 залежить від додаткових джерел вуглецю (цитрату натрію, крохмалю, ацетату натрію, галактози, мальтози, сахарози) [5]. Найвищий ступінь деструкції бупрофезіну штамом DFS35-4 ( $50 \text{ мг/л}$ ) спостерігався за використанням додаткового джерела вуглецю — цитрату натрію з концентрацією  $2 \text{ г/л}$  і становив  $80 \%$  через 3 доби експерименту. Ступінь деструкції бупрофезіну за використання крохмалю становив  $75 \%$ , ацетату натрію —  $65 \%$ , галактози та сахарози —  $42 \%$ , а мальтози і глюкози —  $26 \%$  (по  $2 \text{ г/л}$  кожного) [5]. Варто зазначити, що *Pseudomonas* sp. DFS35-4 найефективніше одночасно метаболізує суміш бупрофезіну та цитрату натрію, при цьому процес деструкції відбувається за широкого діапазону концентрацій, а також за високих значень рН і температур. Наведені результати підтверджують, що використання додаткового субстрату для біоремедіації бупрофезін-забруднених ділянок за допомогою *Pseudomonas* sp. DFS35-4 [5] є перспективним.

Відомо, що наявність додаткового джерела вуглецю в середовищі існування таких мікроорганізмів може прискорити руйнування пестицидів. Так, високий рівень деструкції диметон-S-метилу (пестицид) спостерігався за додаткового внесення фруктози у середовище *Corynebacterium glutamicum* [12]. Із зразків ґрунту, що містили різні концентрації диметоату ( $5\text{—}200 \text{ мг/г}$ ), були виділені бактерії, ідентифіковані на основі послідовності гена 16S рРНК як *Raoultella* sp. Після трьох послідовних пересівів, методом накопичувальних культур, серед отриманих окремих колоній для подальшої ідентифікації й характеристики було обрано штам X1, що витримував найвищу концентрацію диметоату ( $8 \text{ г/л}$ ) [12]. На наступному етапі досліджували ефект різних додаткових субстратів на деградацію диметоату *Raoultella* sp. X1, до яких відносилися крохмаль, метіонін, треонін, сорбіт, маніт, глюкоза, сахароза, галактоза, трегалоза, піровиноградна кислота, аспарагінова кислота, глутамінова кислота, цитрат натрію, кетоглутарова кислота, янтарна кислота, яблучна кислота. Експерименти показали, що штам X1 не здатний до використання крохмалю, метіоніну і треоніну як додаткового джерела вуглецю, у той час як цукри, цукрові спирти та піруват споживалися



*Raoultella* sp. X1, проте не сприяли деструкції диметоату. Встановлено, що асиміляція диметоату штамом X1 відбувалась з використанням таких додаткових субстратів, як аспартат, глутамат натрію, цитрат натрію, сукцинат і малат, а максимальні показники деградації становили 43—47 % [12].

Як додаткове джерело вуглецю було обрано цитрат натрію через низьку вартість сировини. Висловлено припущення, що неоптимальні концентрації компонентів середовища можуть значно впливати на процес деградації, тому на наступному етапі досліджували вплив різних концентрацій джерел вуглецю, азоту та фосфору на споживання суміші диметоату з цитратом натрію. Встановлено, що максимальний ступінь деградації пестициду (75 %) спостерігався за таких концентрацій компонентів середовища: 1,30% — цитрат натрію, 0,06% — нітрат натрію, 0,12% — одноосновний фосфат калію [12].

Фармацевтична промисловість передбачає використання широкого спектра хімічних речовин з різною структурою і функціями, при цьому більшість із них, потрапляючи в навколишнє середовище, негативно впливають на флору і фауну [9]. Більшість досліджень з біодеградації лікарських речовин ґрунтуються на видаленні цих сполук за допомогою активного мулу. Проте досліджено, що мікроорганізми, здатні до біодеградації цих фармацевтичних сполук, швидше ростуть на більш простих джерелах вуглецю. Для чистоти експерименту були створені умови, близькі до природних, де кількість забруднюючих речовин значно нижча порівняно з концентрацією звичайного субстрату, також у середовище культивування додатково вносили глюкозу (3 г/л) як додаткове джерело вуглецю [9]. Для дослідження використовували такі сполуки: карбамазепін (9,5 ppm), сульфаметізол (43,4 ppm), сульфаметоксазол (31,6 ppm), метропролол (107,8 ppm), а також мікроорганізми-деструктори — *Rhodococcus rhodochrous* 13808, *Pseudomonas putida* 12633, *Pseudomonas fluorescens* 13525, *Bacillus subtilis* 6051, *Aspergillus niger* 16888 і *Sphingomonas herbicidovorans* 700291 [9].

Встановлено, що *S. herbicidovorans* 700291, *B. subtilis* 6051, *P. fluorescens* 13525 не здатні до руйнування карбамазепіну. Проте у разі вирощування *A. niger* 16888 концентрація карбамазепіну швидко знижувалась протягом 5—10 діб порівняно з *R. rhodochrous* 13808, де спостерігали зменшення кількості карбамазепіну на 15 добу. Варто зазначити, що жоден з обраних мікроорганізмів не був здатний до росту в середовищі із забруднюючими речовинами без додаткового джерела вуглецю [9]. Також було встановлено, що метропролол не піддається деструкції всіма мікроорганізмами, які використовувалися. За умов росту штаму 13808 на суміші сульфаметіазолу з глюкозою його деструкція була помітно вища порівняно з використанням сульфаметаксазолу і глюкози, незважаючи на подібність цих сполук. Таке явище може пояснюватись відмінними продуктами метаболізму субстратів, що знаходились у культуральній рідині [9].

*Синтез різноманітних практично-цінних метаболітів на змішаних субстратах*

Підвищення ефективності технологій біосинтезу різноманітних продуктів є важливим напрямком у дослідженнях сьогодення, і одним із підходів до інтенсифікації процесу є використання дешевих ростових субстратів, наприклад,

відходів виробництв [1]. Таким субстратом може бути технічний гліцерин, оскільки він утворюється у великих кількостях при виробництві біодизелю. Враховуючи обсяги виробництва біодизелю у світі — понад 11 млн. т у 2008 р. із щорічним подальшим збільшенням на 8—10%, а також кількість утворюваного технічного гліцерину — 10% від об'єму біодизелю, стає зрозумілим, що для ефективного використання цього відходу як субстрату в біотехнологічних процесах його вміст у середовищі культивування продуцентів практично цінних мікробних метаболітів має бути якомога вищим [16].

*Streptomyces clavuligerus* ATCC 27064 — важливий промисловий штам, який культивують на середовищі з гліцерином, що є єдиним джерелом вуглецю й енергії, при виробництві клавуланової кислоти. Проте використання одного субстрату має низку недоліків, одним з яких є синтез побічних продуктів (цефаміцин) за рахунок вуглецю гліцерину [6]. Відомо, що мікроорганізми добре метаболізують більшість амінокислот, але лише деякі з них сприяють підвищенню синтезу практично-цінних вторинних метаболітів [6]. Так, орнітин та аргінін є попередниками синтезу штамом ATCC 27064 клавуланової кислоти. Варто зазначити, що додавання аргініну в середовище культивування *S. clavuligerus* ATCC 27064 призводило до накопичення глутамату, що негативно впливало на синтез цільового продукту. У [6] встановлено, що додавання лейцину, ізолейцину, серину та валіну, проте не аргініну, сприяло підвищенню синтезу клавуланової кислоти, а додаткове внесення орнітину в середовище з гліцерином дозволило накопичити достатню кількість аргініну, що, у свою чергу, привело до інгібування синтезу побічних продуктів за рахунок головного джерела вуглецю.

За допомогою простої дворівневої повнофакторної центральної композиційної конструкції досліджено вплив концентрацій у суміші гліцерину і орнітину в середовищі вирощування *S. clavuligerus* ATCC 27064 на синтез клавуланової кислоти за періодичного та безперервного культивування [6]. Так, було обрано співвідношення 40:1, а саме 80 мМоль гліцерину до 2,1 мМоль орнітину. В результаті експерименту встановлено, що за періодичного культивування в колбах на качалках максимальна концентрація кінцевого продукту (390 мг/л) була у 1,3 раза вище порівняно з отриманими раніше даними (311 мг/л) [6]. Для масштабування у біореакторі кількість субстратів зменшували на 20 %, при цьому концентрація клавуланової кислоти після культивування становила 650 мг/л, що у 1,7 раза вище порівняно з вирощуванням штаму ATCC 27064 у колбах. Наведені значення показують перспективність використання оптимізованого молярного співвідношення суміші субстратів для синтезу практично цінних вторинних метаболітів [6].

1,3-пропандіол є важливою речовиною, що використовується при виробництві полімерів [11]. Відомими продуцентами цієї сполуки є бактерії родів *Klebsiella*, *Citrobacter*, *Clostridium* та *Lactobacillus*. Джерелом вуглецю, для більшості є гліцерин, метаболізм якого добре вивчений у модельного мікроорганізму *Klebsiella pneumoniae*. Крім цього, відомо, що ключову роль у біосинтезі 1,3-пропандіолу відіграє НАДН [11]. Дослідження було спрямо-

ване на інтенсифікацію синтезу 1,3-пропандіолу за рахунок збільшення кількості відновлювальних еквівалентів, що спричиняється використанням суміші гліцерину та ксилози. Ксилоза останнім часом привертає все більшу увагу дослідників завдяки своїй низькій вартості та простоті отримання, оскільки її велика кількість утворюється при кислотному гідролізі геміцелюлози [11]. Була розглянута можливість використання ксилози як додаткового джерела вуглецю в середовищі культивування *K. pneumoniae* ME-303. Початкові концентрації гліцерину і ксилози у середовищі культивування штаму ME-303 становили 30 г/л та 8 г/л відповідно, при цьому протягом процесу підтримувались на рівні 15—20 г/л і 5—8 г/л відповідно [11]. Встановлено, що максимальна концентрація 1,3-пропандіолу після культивування на наведеному середовищі в колбах на качалці становила 11,06 г/л, що на 26,4 % вище порівняно з вирощуванням на моносубстраті гліцерині. Варто відмітити, що ксилоза досить швидко споживається протягом перших 16 год, після чого не використовується *K. pneumoniae* ME-303 [11].

Окрім 1,3-пропандіолу, у процесі біосинтезу утворюється велика кількість побічних продуктів, таких як 2,3-бутандіол, оцтова кислота, етанол, янтарна кислота та молочна кислота [11]. Цікавим є те, що інтенсифікація синтезу 1,3-пропандіолу супроводжувалась підвищенням концентрації і побічних продуктів, а особливо 2,3-бутандіолу. Результат може бути обумовлений такими причинами [11]:

- низьке значення рН (6,5), що сприяло біосинтезу 2,3-бутандіолу (за відсутності його контролю в колбах на качалках при періодичному культивуванні штаму ME-303);

- більша частина вуглецю субстратів та отримуваної енергії була направлена на біосинтез побічних продуктів;

- безпосереднє перетворення ксилози на 2,3-бутандіол.

На наступному етапі досліджувалась інтенсифікація синтезу 1,3-пропандіолу у ферментері за умов контролю рН у середовищі. Встановлено, що підтримання значення рН 7,0 є несприятливим для синтезу побічних продуктів і приводить до зниження їх концентрації в 2 рази. У разі культивування *K. pneumoniae* ME-303 у ферментері (гліцерин — 30 г/л, ксилоза — 8 г/л) максимальна концентрація утвореного 1,3-пропандіолу становила 13,2 г/л, що на 9,4 % вище порівняно з вирощуванням бактерій на гліцерині [11].

Використання біоетанолу може значно знизити залежність людства від викопного палива, а також зменшити викиди CO<sub>2</sub> як основного парникового газу [7]. Проте промислове виробництво біопалива часто критикують за використання джерел живлення як сировини. Наприклад, у Бразилії використовують цукровий очерет, в Америці — кукурудзу, а в Європі — пшеницю і ячмінь, що може призвести до ескалації цін на продукти харчування у зв'язку з конкуренцією на ринку [7]. З наведених вище причин розширення виробництва біопалива повинно ґрунтуватись на використанні лігноцелюлозних, сільськогосподарських і промислових відходів, що може значно здешевити біосинтез. Важливим є те, що найчастіше у сільськогосподарських відходах містяться суміші речовин, тому інтерес науковців сьогодення спрямований на дослідження можливості використання різної лігноцелюлозної сировини та їх сумішей для підвищення синтезу біоетанолу [7].

У [7] досліджено вплив пшеничної соломи, обробленої парою та попередньо оцукреного пшеничного борошна як джерел вуглецю на концентрацію й вихід етанолу після культивування *Saccharomyces cerevisiae*. Співвідношення пшеничної соломи та борошна такі: 0,8:4,2, 1,5:3,5, 2,0:3,0 і 2,5:2,5, також використовували відповідні моносубстрати. Встановлено, що у перші 2 год культивування на пшеничній соломі продуктивність синтезу біоетанолу становила 1,6 г/л/год, тоді як за використання суміші борошна і соломи — 4,7 г/л/год. Максимальна продуктивність (6,7 г/л/год) на кінець культивування (72 год) спостерігалась за використанням оцукреного пшеничного борошна, тоді як найвища концентрація етанолу 56,5 г/л за вирощування на суміші субстратів у співвідношенні 2,5:2,5 [7].

### *Біосинтез поверхнево-активних речовин на суміші субстратів*

Мікробні ПАР можуть широко використовуватись у різноманітних галузях промисловості (природоохоронні технології, харчова промисловість, сільське господарство, медицина), оскільки мають низку переваг перед синтетичними аналогами [3, 15]. Промислове виробництво мікробних ПАР у світі стримується великими витратами на біосинтез, виділення і очищення цільового продукту, а також низькою концентрацією синтезованих ПАР. Одним із підходів до підвищення ефективності їх біосинтезу є використання суміші енергетично нерівноцінних субстратів, що дає змогу уникнути непродуктивних втрат вуглецю й енергії, а також підвищити конверсію вуглецю у практично цінні вторинні метаболіти [1].

У [13] досліджено можливість інтенсифікації синтезу ПАР *Pseudomonas aeruginosa* SP4 з використанням пальмової олії як джерела вуглецю та додаткового субстрату — глюкози. Такий вибір обумовлювався тим, що для бактерій роду *Pseudomonas* ключову роль у синтезі ПАР відіграє джерело вуглецю, оскільки вони можуть споживати як гідрофільні субстрати — гліцерин, глюкоза, маніт, етанол, так і гідрофобні — н-алкани і рослинні олії. З літератури відомо, що нерозчинні у воді субстрати сприяють синтезу ПАР бактерій роду *Pseudomonas*, а додатковий гідрофільний субстрат витрачається на енергетичні потреби клітини [13].

За допомогою методу критичного розпаду міцел досліджували оптимальне співвідношення пальмової олії та глюкози (60:1, 40:1, 30:1, 20:1, 10:1, відповідно) у середовищі культивування *P. aeruginosa* SP4. Встановлено, що максимальне споживання пальмової олії (78 %) спостерігалось за співвідношення з глюкозою 40:1, при цьому поверхневий натяг культуральної рідини знизився до 28—30 мН/м. Варто зазначити, що підвищення частки глюкози у середовищі культивування не призводило до подальшого зниження поверхневого натягу, тому що клітини штаму SP4 не використовували пальмову олію, що значно знижувала концентрацію синтезованих ПАР [13].

Із промислових косметичних відходів у Таїланді ізольований штам дріжджів, ідентифікований як *Cyberlindnera samutprakarnensis* JP52 T. Штам здатний до синтезу ПАР [14]. Варто зазначити, що штам JP52 T використовує для біосинтезу ПАР ті ж самі джерела вуглецю, що і *P. aeruginosa* SP4, тобто пальмову олію та глюкозу, проте, на відміну від штаму SP4, оптимальне співвідношення субстратів

у суміші становило 1:1. Так, за умов росту *C. samutprakarnensis* JP52 T на відповідній суміші з концентрацією субстратів по 2 % (глюкоза — масова частка, пальмова олія — за об'ємом) протягом 7 днів поверхневий натяг культуральної рідини знизився з 55 до 30 мН/м [14].

### **Висновок**

Отже, аналіз літературних даних показує, що використання додаткового джерела вуглецю може сприяти синтезу практично-цінних вторинних метаболітів і деструкції забруднюючих речовин. Такі результати засвідчують перспективність культивування мікроорганізмів у промислових масштабах на сумішах субстратів.

### **Література**

1. Підгорський В.С., Іутинська Г.О., Пирог Т.П. Інтенсифікація технологій мікробного синтезу.— К.: Наукова думка, 2010. — 327 с.
2. Baboshin M., Golovleva L. Multisubstrate kinetics of PAH mixture biodegradation: analysis in the double-logarithmic plot // Biodegradation. — 2011. — Vol. 22, №1. — P. 13—23.
3. Bhardwaj G., Cameotra S., Chopra H. Utilization of oleo-chemical industry by products for biosurfactant production // AMB Express. — 2013. — Vol.3, №1. doi: 10.1186/2191-0855-3-68.
4. Bucheli-Witschel M., Hafner T., Rüegg I., Egli T. Benzene degradation by *Ralstonia pickettii* PKO1 in the presence of the alternative substrate succinate // Biodegradation. — 2009. — Vol. 20, №3. — P. 419—431.
5. Chen K., Liu X., Li R., Liu Y., Hu H., Li S., Jiang J. Isolation of a buprofezin co-metabolizing strain of *Pseudomonas* sp. DFS35-4 and identification of the buprofezin transformation pathway// Biodegradation. — 2011. — Vol. 22, №6. — P. 1135—1142.
6. Dominguesa L., Teodorob J., Hokkab C., Badinob A., Araujoa M. Optimisation of the glycerol-to-ornithine molar ratio in the feed medium for the continuous production of clavulanic acid by *Streptomyces clavuligerus*// Biochem. Eng. J. — 2010. — Vol. 53, №1. — P. 7—11.
7. Erdei B., Barta Z., Sipos B., Réczey K., Zacchi M. Ethanol production from mixtures of wheat straw and wheat meal // Biotechnol. Biofuels — 2010. doi:10.1186/1754-6834-3-16.
8. Garcia Sanchez R., Karhumaa K., Fonseca C., Sánchez Nogué V., Almeida J., Larsson C., Bengtsson O., Bettiga M., Hahn-Hägerdal B., Gorwa-Grauslund M. Improved xylose and arabinose utilization by an industrial recombinant *Saccharomyces cerevisiae* strain using evolutionary engineering// Biotechnol. Biofuels. — 2010. — Vol. 15, №3. — P. 13.
9. Gauthier H., Yargeau V., Cooper D. Biodegradation of pharmaceuticals by *Rhodococcus rhodochrous* and *Aspergillus niger* by co-metabolism // Sci. Total. Environ. — 2010. — Vol. 408, №7. — P. 1701—1706.

10. Haritash A.K., Kaushik C. Biodegradation aspects of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): A review // J. of Hazardous Materials. — 2009. — Vol. 169, № 1—3. — P. 1—15.

11. Jin P., Lu S., Huang H., Luo F., Li S. Enhanced reducing equivalent generation for 1,3-propanediol production through cofermentation of glycerol and xylose by *Klebsiella pneumoniae* // Appl. Biochem. Biotechnol. — 2011. — Vol. 165, № 7—8. — P. 1532—1542.

12. Liang Y., Zeng F., Qiu G., Lu X., Liu X., Gao H. Co-metabolic degradation of dimethoate by *Raoultella* sp. X1 // Biodegradation. — 2009. — Vol. 20, № 3. — P. 363—73.

13. Pansiripata S., Pornsunthorntaweeta O., Rujiravanita R., Kitiyanana B., Somboonthanate P., Chavadej S. Biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa* SP4 using sequencing batch reactors: Effect of oil-to-glucose ratio // Biochem. Eng. J. — 2010. — Vol. 49, № 2. — P. 185—191.

14. Poomtien J., Thaniyavarn J., Pinphanichakarn P., Jindamorakot S., Morikawa M. Production and Characterization of a Biosurfactant from *Cyberlindnera samutprakarnensis* JP52 // Biosci. Biotechnol. Biochem. — 2013. — Vol. 77, № 12. — P. 2362—2370.

15. Sachdev D., Cameotra S. Biosurfactants in agriculture // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2013. — Vol. 97, № 3. — P. 1005—1016.

16. Silva G., Mack M., Contiero J. Glycerol: A promising and abundant carbon source for industrial microbiology // Biotechnol. Adv. — 2009. — Vol. 27, № 1 — P. 30—39.

17. Wick L.Y., Pasche N.M., Bernasconi S. Characterization of Multiple-Substrate Utilization by Anthracene-Degrading *Mycobacterium frederiksbergense* LB501T // Appl. Microbiol. Biotechnol. — 2011. — Vol. 69, № 10 — P. 6133—6142.

18. Wu Z., Liu Y., Liu H., Xia Y., Shen W., Hong Q., Li S., Yao H. Characterization of the nitrobenzene-degrading strain *Pseudomonas* sp. a3 and use of its immobilized cells in the treatment of mixed aromatics wastewater // World J. Microbiol. Biotechnol. — 2012. — Vol. 28, № 8. — P. 2679—2687.

19. Пирог Т. П., Шулякова М. О., Шевчук Т. А. Змішані субстрати у природних умовах і біотехнологічних процесах // Biotechnol. Acta. — 2013. — Vol. 6, № 6. — P. 28—44.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СМЕСИ СУБСТРАТОВ В БИОТЕХНОЛОГИИ**

**Н.В. Кудря, К.А. Береговая**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье обобщены литературные данные последних лет по использованию микроорганизмами смешанных субстратов. Значительное внимание уделено повышению эффективности биодegradации ксенобиотиков микроорганизмами (фенатрен, бензол, нитробензол, толуол, бупрофезин, диметоат и др.) за счет внесения дополнительного субстрата. Так, при внесении крахмала в среду*

культивирования *Pseudomonas* sp. DFS35-4 степень деструкции бупрофезина достигал 75%, а в присутствии глюкозы наблюдали повышение степени деструкции сульфаметаксазола и сульфаметиазола *Rhodococcus rhodochrous* 13808. Приведены литературные данные о влиянии условий культивирования (в частности природы источников углерода и их концентрации в смеси) на синтез практически ценных вторичных метаболитов (клавулановая кислота, 1,3-пропандиол, биоэтанол) и биомассы.

**Ключевые слова:** смешанные субстраты, биодеграция ксенобиотиков, лигноцеллюлоза, интенсификация синтеза, поверхностно-активные вещества.

**STIMULATING ACTION OF ELECTROMAGNETIC FIELD ON BIOSYNTHETIC ACTIVITY OF *PENICILLIUM FUNICULOSUM* 18B AND *PENICILLIUM SCLEROTIORUM* 8H MICROMYCETES**

I. Tverdochleb

*National University of Food Technologies*

**Key words:**

*Strain producer  
Pectinesterase  
Synthetic ability  
Electromagnetic field  
Method of stimulating  
the enzyme formation*

**Article history:**

Received 17.06.2014  
Received in revised form  
28.07.2014  
Accepted 01.06.2013

**Corresponding author:**

I. Tverdochleb  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

**ABSTRACT**

An effective way of increasing the biosynthetic capacity of micromycetes (the producers of pectinesterase) has been developed, which involves treatment of seeds by electromagnetic field. Application of this method involves using the properties of microorganisms to accelerate metabolism under the influence of the electromagnetic field over time. The prospects of using the electromagnetic treatment to activate the synthetic ability micromycetes as a way to optimize the biotechnological production of enzyme preparations are shown. The method can improve the effect of enzyme formation up to 40% and reduce the cultivation of producers by 38 hours, which are significant technological and economic aspects. The proposed method of increasing the biosynthetic ability of producers can be applied to biotechnological industries.

**СТИМУЛЮЮЧА ДІЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА БІОСИНТЕТИЧНУ АКТИВНІСТЬ МІКРОМІЦЕТІВ *PENICILLIUM FUNICULOSUM* 18B І *PENICILLIUM SCLEROTIORUM* 8H**

І.О. Твердохліб

*Національний університет харчових технологій*

*У статті розроблено ефективний спосіб підвищення біосинтетичної здатності міксоміцетів — продуцентів пектинестерази, який полягає в обробці засівного матеріалу електромагнітним полем. Застосування способу пов'язане з використанням властивостей мікроорганізмів прискорювати метаболізм під дією електромагнітного поля, що діє протягом певного часу. Доведено перспективність застосування електромагнітного опромінення для активації синтетичної здатності мікроміцетів як способу оптимізації біотехнологічних виробництв ферментних препаратів. Спосіб дає змогу підвищити ефект ферментоутворення до 40 % та скоротити час культивування продуцентів на 38 годин, що є важливим технологічним і економічним аспектом. Запропонований спосіб підвищення біосинтетичної здатності продуцентів може застосовуватись на біотехнологічних підприємствах.*



**Ключові слова:** продуцент, пектинестераза, синтетична здатність, електромагнітне поле, спосіб стимуляції ферментотворення.

На рентабельність виробництва ферментних препаратів впливають різні фактори, найголовнішим з яких є наявність продуцентів з високою біосинтетичною активністю. З метою підвищення біосинтетичної здатності відібраних штамів проводилось визначення впливу електромагнітного поля на морфологічні та фізіолого-біохімічні властивості мікроміцетів.

Перевагами впливу фізичних факторів на прискорення біохімічних процесів є їхня екологічна чистота, можливість безконтактної дії на мікроорганізми чи біологічне середовище при перебігу ферментативних, біохімічних чи хімічних процесів. Окрему групу становлять електромагнітні фактори з різноманітними характеристиками. Сучасна концепція магніто-біологічних ефектів пояснює причини підвищеної біосинтетичної активності мікроорганізмів активацією ферментних систем клітин, що призводить до прискорення транспорту поживних речовин в клітину і стимуляції утворення цільових продуктів метаболізму.

Відомі дані про способи стимуляції й уповільнення біохімічних процесів під дією електромагнітного впливу [1]. Важливе значення має тривалість обробки мікроорганізмів, яка може мати як стимулюючу, так і інгібуючу дію. Наприклад, при активації електромагнітним полем внутрішньоклітинних ферментів дегідроденазного комплексу у дріжджів *Saccharomyces cerevisiae* УКМ-517 тривалість обробки складала 20—30 с [2].

Раніше було проведено дослідження процесів транспортування поживних речовин у клітини мікроорганізмів після дії на них ВМП ЛІА [3]. Вивчаючи ці процеси за допомогою  $D/1^{14}C$ -глюкози з радіоактивним ізотопом вуглеводню, яка мала загальну активність 10 МВк/мл і молярну активність 1,9 ТБк/моль, було зроблено припущення, що ЕМП складної конфігурації з індукцією 0,1 Тл, частотою 50 Гц активізує ферментні системи клітин, прискорює транспортування поживних речовин, утворюючи продукти метаболізму. Тобто електромагнітне поле впливає на рідкокристалічний стан мембран клітин, що збільшує їх проникність; швидкість біохімічних реакцій; фізичний стан макромолекул, що потребує окремих досліджень на молекулярному рівні. Однак все ще залишаються проблеми з глибоким розумінням механізмів електромагнітного впливу на мікроорганізми [7].

Нами було досліджено вплив електромагнітного поля складної конфігурації на рівень накопичення позаклітинної пектинестерази мікроміцетами *P. funiculosum* 18В та *P. sclerotiorum* 8Н.

Вихідними об'єктами для обробки в електромагнітному полі були культури штамів-продуцентів у віці 14—30 діб, вирощені в пробірках на скошеному агаризованому середовищі. Пробірки з культурою гриба поміщали в робочу камеру апарата ЛІА, в активній зоні якої створюється результативне ЕМП. Тривалість обробки становила 5—30 хв.

Обробку електромагнітним полем проводили в апараті ЛІА (лінійному індукційному обертачі). Принцип роботи ЛІА базується на створенні активної електромагнітної зони, що виникає в індукторній системі між двома

активними поверхнями. В зазорі індукторної системи внаслідок накладання електромагнітних полів, що йдуть від індукторів, створюється результуюче електромагнітне поле, в якому проводяться основні технологічні процеси ЛПА. Апарат працює від трифазної мережі електричного струму з індукцією 0,1 Тл та частотою 50 Гц, що відповідає промисловій частоті, тобто не потребує додаткових перетворювальних пристроїв і витрат електроенергії.

Далі вирощували інокулом протягом 48 год та проводили гетерофазну ферментацію з використанням бурякового жому як індуктора. Основна ферментація проводилась протягом 72 год при  $T\ 28\ ^\circ\text{C}$  у колбах ємністю 750 мл зі 150 мл ферментативного середовища на обертовій качалці при 220 об/хв.

Під час ферментації відбирали проби та визначали активність пектинестерази кожні 12 год за період 24—72 год.

У результаті досліджень встановлена оптимальна тривалість обробки посівного матеріалу обох мікроміцетів — 9—11 хв, що надає можливість підвищити їхню пектинестеразну активність на 25—40 %. Скорочення тривалості обробки до 5 хв не дає стимулюючого ефекту, очевидно через недостатність дози опромінення. Збільшення ж тривалості обробки понад 12 хв призводить до підвищення пектинестеразної активності на 12—30 %, тобто з втратою активуючого ефекту (рис.).

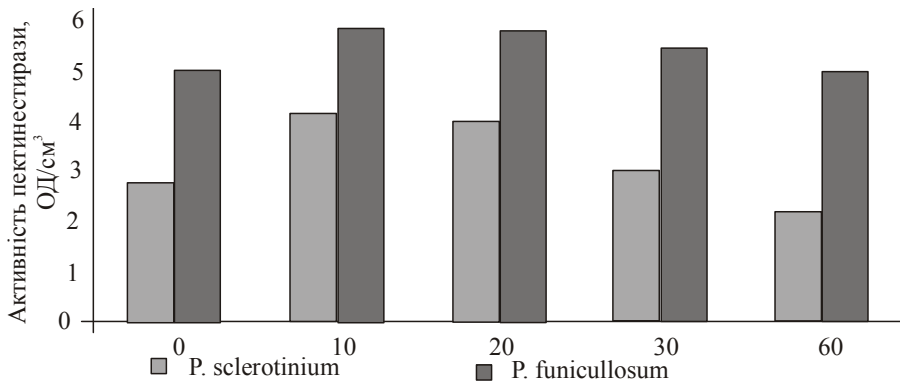


Рис. Збільшення пектинестеразної активності при дії електромагнітного поля

Також було встановлено, що оброблення ЕМП дозволяє скоротити час культивування продуцентів до 48 год порівняно з контролем, де час культивування до максимального накопичення пектинестерази становив 72 год (табл. 1).

Таблиця 1. Порівняння активності пектинестерази *P. sclerotiorum* 8Н обробленого в ЕМП і в контролі

| Умови досліджу  | Час ферментації і динаміка накопичення ПЕ, ОД/см <sup>3</sup> |        |        |        |        |        |
|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | 24 год  | 36 год | 48 год | 60 год | 72 год | 96 год |
| Контроль (стандартні умови визначення ПЕА)            | 0,8   | 0,94   | 1,35   | 1,4    | 1,45   | 1,3    |
| Контроль (оптимальні умови дії ПЕА: (t=40 °C, pH=4,5) | 1,95  | 2,03   | 2,45   | 2,48   | 2,5    | 2,3    |

| Умови досліджу                                      | Час ферментації і динаміка накопичення ПЕ, ОД/см <sup>3</sup> |        |        |        |        |        |
|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | 24 год  | 36 год | 48 год | 60 год | 72 год | 96 год |
| Обробка в ЕМП (стандартні умови визначення ПЕА)     | 2,8   | 2,9    | 3,2    | 3,2    | 3,2    | 3,0    |
| Обробка (оптимальні умови дії ПЕА: t=40 °С, рН=4,5) | 3,25  | 3,53   | 3,8    | 3,78   | 3,75   | 3,4    |

Найвища пектинестеразна активність *P. funicullosum* 18В досягала 5,3 ОД/см<sup>3</sup> на 48 год культивування (табл. 2).

**Таблиця 2. Порівняння активності пектинестерази *P. funicullosum* 18В обробленого в ЕМП і в контролі**

| Умови досліджу  | Час ферментації і динаміка накопичення ПЕ, ОД/см <sup>3</sup> |        |        |        |        |        |
|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | 24 год  | 36 год | 48 год | 60 год | 72 год | 96 год |
| Контроль (стандартні умови визначення ПЕА)            | 1,4   | 1,6    | 1,8    | 2,1    | 2,3    | 2,25   |
| Контроль (оптимальні умови дії ПЕА: (t=40 °С, рН=4,5) | 2,3   | 2,4    | 2,6    | 2,7    | 2,9    | 2,9    |
| Обробка в ЕМП (стандартні умови визначення ПЕА)       | 4,4   | 4,6    | 4,7    | 4,6    | 4,6    | 4,3    |
| Обробка (оптимальні умови дії ПЕА: t=40 °С, рН=4,5)   | 5,0   | 5,1    | 5,3    | 5,2    | 5,1    | 4,8    |

Таким чином, експериментальним шляхом виявлена достовірна стимуляція пектинестеразної активності у *P. sclerotiorum* 8Н та *P. funicullosum* 18В в результаті обробки посівного матеріалу в ЕМП при індуктивності 0,1 Тл частотою 50 Гц протягом 10 хв. Крім цього, дослідження показують, що обробка засівного матеріалу ЕМП дає змогу скоротити час підготовки інокулюму з 48 годин до 24 годин (тобто на 24 години) та скоротити час основної ферментації на 12 годин (з 72 годин до 60 годин). Загалом тривалість культивуванні мікроміцетів при обробці ЕМП скорочується на 38 годин, що є важливим технологічним і економічним аспектом.

### **Висновок**

Показана перспективність застосування електромагнітного опромінення для активації синтетичної здатності мікроміцетів як спосіб оптимізації біотехнологічних виробництв ферментних препаратів. Обробка посівного матеріалу мікроміцетів забезпечує підвищення пектинестеразної активності до 40 % та дає змогу скоротити час ферментації на 38 годин. Запропонований спосіб підвищення біосинтетичної здатності продуцентів може застосовуватись на біотехнологічних підприємствах.

### **Література**

1. Патент Российской Федерации №2144563 с1, Кл. С12N 13/00; С12М 1/42; В011 19/08, опубл. 20.01.2000. Подгорский В.С., Бойчук С.И., Гро-

мозова Е.Н. Гордиенко А.С. Протекторное действие электромагнитного излучения (40, 68 МГц) на *Saccharomyces cerevisiae* УКМ У-517 // Микробиологический журнал. — 2004. — Т. 66, № 5. — С. 48—56.

2. *Спосіб активації дріжджів*. Капліна Т.В., Лісюк Г.М., Шеляков О.П., Дорохіна М.О. Деклараційний патент Україна № 28292 А, кл. 6 С12N 1/00, А21/В 13/00, опубл. 16.10.2000, Бюл. № 5.

3. *Пічко В.Б., Грегірчак Н.М., Твердохліб І.О.* Стимулювальний вплив електромагнітного поля лінійного індукційного апарата на пектинестеразну активність *Penicillium glaucum* — I.V. // Наук. Пр. НУХТ. — 2005. — № 16. — С. 25—27.

4. *Зубкус В.Е., Стаменкович С.О.* Кинетика ферментативных реакций в переменных электрических полях // Биофизика. — 1989. — Т. 34, № 4. — С. 541—544.

5. *Андреев В.Е., Полников И.Г., Казаринов К.Д.* Использование в биохимическом эксперименте явления межфазной конвекции в водных растворах при поглощении КВЧ-излучения // Электронная техника. Сер. 1., СВЧ-техника — 2007. — № 2 (490). — С. 35—41.

6. *Крыницкая А.Ю., Суханов П.П., Седельников Ю.Е.* Влияние КВЧ-излучения на структурно-динамическое состояние модельных биомембран // Радиоэлектроника. — 2011. — № 4. — С. 1—9.

7. *Кузнецов Д.Б.* Перспективы применения электромагнитных излучений крайне высокой частоты малой мощности в фармации // Фундаментальные исследования. — 2012. — № 10 (часть 2). — С. 400—404.

## **СТИМУЛИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ НА БИОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ МИКРОМИЦЕТОВ *PENICILLIUM FUNICULOSUM* 18В И *PENICILLIUM SCLEROTIORUM* 8Н**

**И.А. Твердохлеб**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье разработан эффективный способ повышения биосинтетической способности микромицетов — продуцентов пектинэстеразы, который состоит в обработке посевного материала электромагнитным полем. Применение способа связано с использованием свойств микроорганизмов ускорять метаболизм под воздействием электромагнитного поля на протяжении определенного времени. Показана перспективность применения электромагнитной обработки для активации синтетической способности микромицетов. Способ позволяет повысить эффект ферментообразования до 40 % и сократить время культивирования продуцентов на 38 часов, что является существенным технологическим и экономическим аспектом. Предложенный способ повышения биосинтетической способности продуцентов может применяться на биотехнологических производствах.*

**Ключевые слова:** *продуцент, пектинэстераза, синтетическая способность, электромагнитное поле, способ стимуляции ферментообразования.*

УДК 579.841:577.114

## ANTIMICROBIAL SUBSTANCES OF NATURAL ORIGIN AS AN ALTERNATIVE TO ANTIBIOTICS

K. Panasiuk, Y. Andruschenko

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Essential oils*  
*Bacteriocins*  
*Bacteriophages*  
*Antimicrobial action*  
*Biosurfactants*  
*Medicine*

---

**ABSTRACT**

The disadvantages of bacteriophages and probiotic agents used as antibiotics alternative are presented, as well as the advantages and perspectives of creating antimicrobial preparat based on bacteriocins, essential oils and biosurfactants. The data can be used in medical practice for creation of advanced antimicrobial agent to control such pathogens as Salmonella, Hafnia, Citrobacter, Klebsiella, Enterobacter, Candida and Pseudomonas.

---

**Article history:**

Received 16.07.2014  
Received in revised form  
27.07.2014  
Accepted 07.08.2014

---

**Corresponding author:**

K. Panasiuk  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

## АЛЬТЕРНАТИВНІ АНТИБІОТИКАМ АНТИМІКРОБНІ РЕЧОВИНИ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ

К.В. Панасюк, Я.В. Андрущенко

Національний університет харчових технологій

*У статті проаналізовано недоліки використання бактеріофагів і пробіотичних препаратів як альтернативи антибіотикам, а також переваги та перспективи створення антимікробних препаратів на основі бактеріоцинів, ефірних олій і поверхнево-активних речовин мікробного походження. Дані можуть бути використані у медичній практиці з метою створення перспективних антимікробних засобів для боротьби з патогенами родів Salmonella, Hafnia, Citrobacter, Klebsiella, Enterobacter, Candida і Pseudomonas.*

**Ключові слова:** ефірні олії, бактеріоцини, бактеріофаги, антимікробна дія, поверхнево-активні речовини, медицина.

У 40-х роках ХХ ст. застосування антибіотиків для лікування інфекційних захворювань стало революцією в медицині. Проте їх довготривале використання призвело до формування та поширення стійкості збудників захворювань до цих препаратів, а також до виникнення ускладнень і зростання кількості смертельних випадків [1]. Резистентність патогенних мікроорганізмів до

антибіотиків стала міжнародною проблемою, яка постійно вимагає пильної уваги [1]. Відомо, що кожного року в країнах Європейського Союзу понад 25000 осіб помирають від інфекцій, спричинених антибіотикорезистентними бактеріями [2]. В останні роки все більше уваги приділяється пошуку нових речовин з антимікробними властивостями, які позбавлені недоліків традиційних антибіотиків [3, 5, 6]. Дослідники активно вивчають пробіотичні бактерії, бактеріофаги, мікробні поверхнево-активні речовини (ПАР), ефірні олії і бактеріоцини, які можуть стати альтернативою відомим антимікробним сполукам [4, 7, 9, 11]. Лакто- і біфідобактерії, дріжджі, кишкова паличка і стрептококи розглядаються як реальні терапевтичні засоби, які вибірково можуть контролювати ріст і розвиток патогенних мікроорганізмів, що потрапляють в організм. Вважається, що пробіотичні штами здатні до синтезу антибактеріальних речовин неспецифічної дії, таких як жирні кислоти і перекис водню [8]. У цілому пробіотичні бактерії не можуть повною мірою замінити антибіотики і, в той же час, вони абсолютно незамінні після курсу антибіотикотерапії [8]. Бактеріофаги, на відміну від пробіотичних бактерій, є більш специфічними і діють на певні штами мікроорганізмів [4, 7, 11]. В останні роки створено ряд препаратів фагів для профілактики та лікування гострих кишкових інфекцій і гнійно-запальних захворювань, а також дисбактеріозів [4, 11]. До недоліків методу фаготерапії відносять: складність підбору і розмноження бактеріофагів, високу мінливість бактерій, що призводить до швидкої втрати специфічності фагів, наявність реакції імунної системи на лікування фагами тощо [9, 11]. Нині у літературі все частіше зустрічаються відомості про яскраво виражену антимікробну дію мікробних ПАР, бактеріоцинів та ефірних олій [7, 8, 9, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, ]. Мета дослідження: узагальнення сучасних літературних даних про застосування бактеріоцинів, ефірних олій і ПАР мікробного походження як антимікробних агентів.

Бактеріоцини — препарати майбутнього. Бактеріоцини, як і бактеріофаги, є видоспецифічними, проте безпечними для людини [3]. Здатність до синтезу бактеріоцинів виявлена у багатьох мікроорганізмів, на підставі чого було зроблено висновок про те, що вони наявні майже у всіх бактерій [5, 6]. За хімічною природою це пептиди, різноманітні за розміром, спектром і механізмом дії. Оскільки бактеріоцини синтезуються грамнегативними і грампозитивними бактеріями, а також археями, то їх прийнято поділяти на три групи [12].

Бактеріоцини грамнегативних бактерій. Серед грамнегативних бактерій «лідером» із синтезу бактеріоцинів вважають штами *Pseudomonas aeruginosa*, серед яких понад 90 % виділених ізолятів здатні продукувати ці речовини [12]. До 26 % природних ізолятів *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Hafnia alvei*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella oxytoca*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter cloacae* продукували бактеріоцини. Найбільш відомими бактеріоцинами грамнегативних бактерій є колиціни і мікроцини [12].

Коліцини. Коліцини (раніше їх також називали факторами вірулентності) являють собою високомолекулярні (від 29 до 75 кДа) білки, які проникають через клітинну мембрану чутливих клітин-мішеней і руйнують нуклеїнові кислоти [5]. Найбільш дослідженими є бактеріоцини *E. coli*, які використо-

вуються як модель для вивчення механізмів синтезу коліцинів, їх молекулярної організації, екології й еволюції [5]. Встановлено, що коліцини зазвичай кодуються однією з коліциногенних плазмід — А і В [6]. Плазміди типу А (6—10 кб) є багатокопійними. За наявності кон'югативних плазмід вони стають мобільними і здатними до ампліфікації. Плазміди типу В (40 кб) — монокопійні, здатні до кон'югації і, крім генів, що кодують активність коліцинів, містять багато інших генів. Групи генів коліцинів висококонсервативні, але істотно простіші порівнянно з тими, що кодують мікроцини [5]. Вони містять мінімально необхідний структурний геном: ген стійкості до свого коліцину і ген, що кодує літичний білок, необхідний для виділення коліцину з клітини. На відміну від мікроцинів, синтез коліцинів в основному індукується через систему репарації ДНК, названу SOS-відповіддю [5].

Мікроцини. Мікроцини — токсичні пептиди, синтезовані ентеробактеріями (переважно *E. coli*) і належать до другої великої родини бактеріоцинів грамнегативних бактерій. Назву мікроцини було введено, щоб відрізнити цей клас антибактеріальних пептидів з молекулярною масою нижче 10 кДа від більш високомолекулярних коліцинів. Вони активні проти представників родів *Escherichia*, *Klebsiella*, *Salmonella*, *Citrobacter* і *Enterobacter* [9]. Мікроцини в основному гідрофобні, термостабільні, стійкі до екстремальних значень рН та дії протеаз [9]. Мікроцини вивчені набагато менше, ніж коліцини і бактеріоцини грамполозитивних бактерій.

До мікроцинів класу I належать пептиди з молекулярною масою нижче 5 кДа, які піддаються значній посттрансляційній модифікації (мікроцини MccB17, MccC7/C51, MccJ25). Клас II містить більше високомолекулярні пептиди (у діапазоні 5—10 кДа) і поділяється на два підкласи — Па і Пб. Мікроцини першого підкласу у своєму складі містять дисульфідні містки і після екскреції з клітин не модифікуються (мікроцини MccL, MccV, Mcc24), а другого — піддаються модифікації С-домену (мікроцини MccE492, MccM, MccH47, MccI47) [7].

Бактеріоцини грамполозитивних бактерій. Бактеріоцини грамполозитивних бактерій більш різноманітні, ніж грамнегативних [13]. Бактеріоцини грамполозитивних бактерій в основному катіонні, гідрофобні або амфіфільні пептиди з молекулярною масою від 2 до 10 кДа, які синтезуються на рибосомах [13]. Від бактеріоцинів грамнегативних бактерій вони відрізняються двома фундаментальними властивостями. По-перше, бактеріоцини грамполозитивних бактерій нетоксичні для своїх штамів-продуцентів [13]. По-друге, у грамполозитивних бактерій розвинулося власне специфічне регулювання синтезу бактеріоцинів, тоді як бактеріоцини грамнегативних бактерій синтезуються за участі регулюючих систем клітини-хазяїна [13]. Наприклад, зниження рівня інсуліну в крові хворих на цукровий діабет служить сигналом для розмноження *Pseudomonas pseudomallei* — збудника меліоїдозу [13].

Представники грамполозитивних бактерій здатні синтезувати чотири класи бактеріоцинів. Клас I об'єднує групу пептидів, що містять амінокислоту лантіонін, згодом названих лантібіотиками [13]. Клас II включає термостабільні, мінімально модифіковані пептиди, що не містять лантіонін, з масою до

10 кДа. До класу III відносять досить великі термолабільні білки, такі як хельветицин (helveticin) J і лактицин (lacticin) B. Клас IV об'єднує сполуки, що містять пептидно-ліпідні комплекси з вуглеводами, наприклад, лейконоцин (leuconocin) S і лактоцин (lactocin) 27. Слід зазначити, що структура бактеріоцинів IV класу досліджена недостатньо. Деякі дослідники виділяють і V клас, до якого належать циркулярно з'єднані молекули (за типом «голова до хвоста»).

Лантибіотики. Найбільш вивченим в даний час лантибіотиком є нізин, синтезований *Lactococcus lactis* [14]. Молекула нізину, що містить 34 амінокислотних залишки, піддається посттрасляційній модифікації, внаслідок чого в її складі утворюється амінокислота лантионін, яка являє собою два аланінових залишки, стабілізованих тіоефірним зв'язком між вуглецевими атомами. Вважається, що структура нізину є досить пружною, і тому молекулі не притаманна тривимірна структура [13]. У структурі нізину виділяють два амфіфільні гвинтоподібні домени, що складаються з N-кінцевих A, B і C лантионінових кілець та C-кінцевих D і E переплетених кілець з  $\beta$ -обертанням. Останні кільця з'єднані між собою рухомою (шарнірною) ділянкою, що складається з трьох амінокислотних залишків.

Щодо механізму антимікробної дії бактеріоцинів, то він є універсальним для всіх класів цих сполук і зумовлений утворенням пор у мембрані клітиннімішені (рідше інгібуванням синтезу клітинної стінки бактерій). Початкове прикріплення бактеріоцину до мембрани відбувається за рахунок високоафінних зв'язків з рецепторами і/або електростатичної взаємодії із зарядженими головками ліпідів. У комплексі «бактеріоцин-мембрана» відбувається перегрупування, що призводить до деструктуризації ділянки мембрани й утворення пори.

Нещодавно з'явилися дані про ефективність дії бактеріоцинів щодо резистентних штамів бактерій. Так, у [24] показано, що пептид BLIS, синтезований *Enterococcus faecium* DSH20, був активним проти ванкомицин- і метицилінрезистентних грамнегативних бактерій *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella*, *Acinetobacter* та *Escherichia coli* [24].

Ефірні олії. Уже століттями народна медицина практикує використання різних природних сполук, наприклад, ефірних олій для лікування захворювань.

У [15] досліджено антимікробну дію ефірних олій, які отримують із квітів *Origanum*, за їх додавання у середовище культивування *Candida albicans* на різних стадіях росту (21, 40, 60 і 85 год). Встановлено, що із збільшенням концентрації олії з 200 до 400 мкг/мл її антимікробні властивості посилювалися. У подальших дослідженнях автори [15] вивчали антимікробну дію олії методом дифузії в агар. За додавання олії у концентрації 400 мкг/мл зона затримки росту *C. albicans* була максимальною і становила 27 мм [15].

Другою досліджуваною тест-культурою була *Candida neoformans* [15]. Цікаво, що після обробки олією у концентрації 200 мкг/мл спостерігали 90-відсоткове інгібування *C. neoformans* незалежно від фази росту тест-культур (40, 60 і 85 год). Повне пригнічення росту *C. neoformans* спостерігали на 40 год за внесення олії в концентрації 400 мкг/мл. За внесення 1000 мкг/мл олії методом дифузії в агар діаметр зон затримки росту *C. neoformans* становив 14,5 мм [15].



Іншими дослідниками [16] встановлено, що ефірну олію неролі, яку одержують з *Citrus aurantium* (ароматні квіти гіркокого апельсинового дерева), можна використовувати як антимікробний агент. Це одна з найбільш широко використовуваних квіткових олій у парфумерії. У складі олії виявлено близько 33 сполуки, серед яких ідентифіковано: лимонен (27,5 %) — основний компонент, (Е)-неролидол (17,5 %), альфа-терпінеол (14 %), альфа-терпінал ацетат (11,7 %) і (Е, Е) — фарнезол (8 %). Антимікробну активність олії неролі щодо 6 бактерій (3 грампозитивних і 3 грамнегативних), 2 дріжджових і 3 грибних культур визначали методом дифузії в агар. Встановлено яскраво виражену антибактеріальну дію щодо всіх досліджуваних бактерій, особливо *P. aeruginosa* [16]. Крім того, олія неролі (672 мг/мл) проявляла антифунгальну активність (зона затримки росту тест-культур до 22 мм) [16].

Автори [17] виявили у складі олії, одержаної із рослини родини гарбузових *Citrullus lanatus*, диетаноламідні і сульфатовані диетаноламідні ПАР, що у концентрації 600 мг/мл проявляли антибактеріальну дію [17]. Встановлено, що ефективність диетаноламідів була вищою, ніж у сульфатованих ПАР і за їх додавання спостерігали максимальні зони затримки росту *P. aeruginosa* (31 мм), *Staphylococcus aureus* (40 мм), *Klebsiella pneumonia* (20 мм) і *E. coli* (20 мм) [17].

Поверхнево-активні речовини. Мікробні поверхнево-активні речовини розглядаються багатьма дослідниками як альтернатива антимікробним агентам [18]. За хімічною природою ПАР мікробного походження є гліколіпідами, ліпопептидами, софороліпідами тощо [19]. Найбільш вивченими ПАР з антимікробними властивостями є ліпопептиди, синтезовані представниками родів *Pseudomonas* та *Bacillus* [18, 19]. Ліпопептиди — це високомолекулярні ПАР, які можуть бути ліпополісахаридами, ліпопротеїдами або комплексами цих сполук [18]. Цікаво, що до ліпопептидів одночасно відносяться сполуки як з поверхнево-активними властивостями, так і антибіотики, наприклад, граміцидин S.

Вважається, що механізм антимікробної дії ліпопептидів, як і інших мікробних ПАР, полягає у їх впливі на мембрану клітин. З літературних джерел відомо [18, 13, 20], що ПАР мікробного походження проявляють антимікробну дію щодо про- та еукаріот, у тому числі й фітопатогенних бактерій.

*Bacillus subtilis* В38 синтезує ліпопептиди, ефективні проти штамів *C. albicans*, виділених із поверхні нігтів [18]. Із синтезованих *B. subtilis* В38 речовин було ідентифіковано три сполуки (а1, а2 та а3), для яких визначали мінімальну інгібуючу концентрацію (МІК) за оптичною густиною та мінімальну фунгіцидну концентрацію (МФК) методом дифузії в агар [18]. Встановлено, що довжина ланцюга жирних кислот, що входять до складу ліпопептидів, впливає на їх антимікробні властивості: чим довший ланцюг, тим сильніше проявляється антифунгальна дія. Найефективнішою виявилася сполука а3, для якої МІК та МФК різних штамів *C. albicans* перебували в межах 7,38—59,07 мМ [18].

Ще однією групою вчених [20] було досліджено ліпопептиди, синтезовані *Bacillus cereus* NK1. Встановлено, що за внесення препарату *B. cereus* NK1 у вигляді супернатанту культуральної рідини (15 мг/м) діаметр зони інгібува-

ння росту культур *Enterococcus fergusonii*, *Klebsiella varicolla*, *E. coli*, *B. subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Sacharomyces cerevisiae* становив 9—12 мм [20].

У [21] досліджено антимікробну дію циклічного ліпопепиду псевдофактину II *Pseudomonas fluorescens* BD5, виділеного з прісних водойм арктичного архіпелагу Шпіцберген. Як тест-культури використовували штами мікроорганізмів, ізольовані з кишково-шлункового тракту тварин і медичного обладнання. Найефективніше псевдофактин II діяв у концентрації 0,5 мг/мл на *E. coli* ATCC 25922, *E. coli* ATCC 10536, *E. coli* ATCC 17-2 (зниження виживання на 30 %), *E. faecalis* ATCC 29212, *Enterococcus faecalis* JA/3, *E. hirae* ATCC 10541 (20 %), *S. epidermidis* KCTC 1917 (100 %), *P. mirabilis* ATCC 21100 (40 %) та дріжджів *C. albicans* ATCC 20231, *C. albicans* SC5314 (20 %) [21].

Вчені [22] досліджували антимікробну дію ПАР *Pseudomonas syringae* 31R1 щодо *Rhodotorula pilimanae*, *Rhizoctonia solani* 1556, *Bacillus megaterium* 51S та *Trichoderma harzianum* T22 [22]. Встановлено, що за додавання очищених препаратів ПАР (0,03 мг/мл) зони інгібування росту *B. megaterium* 51S, *R. pilimanae*, *R. solani* 1556 та *T. harzianum* T22 становили 8—17 мм [22].

У [23] показано здатність *B. subtilis* R14 до синтезу різноманітних поверхнево-активних речовин (сурфактин, ітурин, бациломіцин тощо) з антибактеріальною дією. Як тест-культури використовували різні штами *P. aeruginosa*, *E. coli*, *S. aureus* і *E. faecalis* [23]. Антимікробні властивості синтезованих ПАР *B. subtilis* R14 визначали методом дифузії в агар. Встановлено, що ліпопептиди ефективніше діяли на грампозитивні коки, ніж грамнегативні бактерії. Так, максимальні зони затримки росту спостерігалися для *Staphylococcus aureus* (28,1 мм), тоді як для *E. faecalis*, *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* — 9,8—14,6 мм [23].

## Висновки

Отже, у світі ведуться активні пошуки ефективних антимікробних препаратів природного походження, які б замінили антибіотики. При цьому вчені звертають увагу на добре відомі антимікробні речовини, зокрема ефірні олії, та досліджують нові поверхнево-активні речовини мікробного походження, бактеріоцини тощо.

## Література

1. Gagnon S., Lévesque S., Lefebvre B., Bourgault A.M., Labbé A.C., Roger M. VanA-containing *Enterococcus faecium* susceptible to vancomycin and teicoplanin because of major nucleotide deletions in Tn1546 // J. Antimicrob Chemother. — 2011. — V. 66, N 1. — P. 2758—2762.
2. Poeta P., Igrejas G., Costa D. et al. Antimicrobial activity and occurrence of bacteriocin structural genes in *Enterococcus* spp. of human and animal origin isolated in Portugal // J. Basic. Microbiol. — 2008. — V. 48, N 5. — P. 385—392.
3. Abriouel H, Franz CM, Ben Omar N, Gálvez A. Diversity and applications of *Bacillus* bacteriocins // FEMS Microbiol Rev. — 2011. — V. 35, N 1. — P. 201—321.
4. Andreatti Filho R.L., Higgins J.P., Higgins S.E., Gaona G., Wolfenden A.D., Tellez G. Ability of bacteriophages isolated from different sources to reduce *Salmonella enterica* serovar enteritidis in vitro and in vivo // Poult Sci. — 2007. — V. 86, N 9. — P. 1904—1909.

5. Barnes B., Sidhu H., Gordon D.M. Host gastro-intestinal dynamics and the frequency of colicin production by *Escherichia coli* // *Microbiology* — 2007. — V. 53, N 1. — P. 2823—2827.
6. Cascales E., Buchanan S.K., Duché D., Kleanthous C., Lloubès R., Postle K., Riley M., Slatin S., Cavard D. Colicin biology // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* — 2007. — V. 71, N 1. — P. 158—229.
7. Hatfull G.F. Mycobacteriophages: genes and genomes // *Annu. Rev. Microbiol.* — 2010. — V. 64, N 1. — P. 331—356.
8. K. Habjani, S. Mato. Antimicrobial activity — the most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria // *Food Technol. Biotechnol.* — 2010. — V. 48, N 3. — P. 296—307.
9. O. Gillor, A. Etzion, M. A. Riley. The dual role of bacteriocins as anti- and probiotics // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* — 2008. — V. 81, N 1. P. 591—606.
10. Oppegård C., Rogne P., Emanuelsen L., Kristiansen P.E., Fimland G., Nissen-Meyer J. The two-peptide class II bacteriocins: structure, production, and mode of action // *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* — 2007. — V. 13, N 4. — P. 210—219.
11. Orlova E. Bacteriophages // *Immunology and Microbiology book* edited by Ipek Kurtboke, ISBN 978-953-51-0272-4, Published: March 14, 2012 under CC BY.
12. Stern N.J., Svetoch E.A., Eruslanov B.V. Isolation and purification of enterocin E-760 with broad antimicrobial activity against gram-positive and gram-negative bacteria // *Antimicrob. Agents Chemother.* — 2008. — V. 52, N 1. — P. 1094—1100.
13. Wolska K.I., Grześ K., Kurek A. Synergy between novel antimicrobials and conventional antibiotics or bacteriocins // *Pol. J. Microbiol.* — 2012. — V. 61, N 2. — P. 95—104.
14. De Vuyst L., Leroy F. Bacteriocins from lactic acid bacteria: production, purification, and food applications // *J. Mol. Microbiol. Biotechnol.* — 2007. — V. 13, N 4. — P. 194—199.
15. Adams A., Kumar S., Clauson M., Sahi S. Anti-yeast activities of *Origanum* oil against human pathogenic yeasts // *Advances in Bioscience and Biotechnology*. — 2011. — Vol. 2. — P. 103—107.
16. Ammar A.H., Bouajila J., Lebrihi A., Mathieu F., Romdhane M., Zagrouba F. Chemical composition and in vitro antimicrobial and antioxidant activities of *Citrus aurantium* flowers essential oil (Neroli oil) // *Pak. J. Biol. Sci.* — 2012. — Vol. 21. — P. 1034—1040.
17. Agyare C., Bempah S. B., Boakye Y. D., Ayande P. G., Adarkwa-Yiadom M., Mensah K. B. Evaluation of antimicrobial and wound healing potential of *Justicia flava* and *Lannea welwitschii* // *Based. Complement. Alternat. Med.* — 2013. — Epub of print.
18. Tabbenel O., Kalail L., Slimene I. B., Karkouch I., Elkahoui S., Gharbi A., Cosette P., Mangoni M.-L., Jouenne T., Limam F. Anti-Candida effect of bacillomycin D-like lipopeptides from *Bacillus subtilis* B38 // *Microbiol. Lett.* — 2011. — Vol. 316. — P. 108—114.
19. Janek T., Lukaszewicz M., Krasowska A. Antiadhesive activity of the biosurfactant pseudofactin II secreted by the Arctic bacterium *Pseudomonas fluorescens* BD5 // *BMC Microbiol.* — 2012. — Vol. 13, № 1. — P. 108—115.

20. Sriram M.I., Kalishwaralal K., Deepak V., Gracerosepat R., Srisakthi K., Gurunathan S. Biofilm inhibition and antimicrobial action of lipopeptide biosurfactant produced by heavy metal tolerant strain *Bacillus cereus* NK1 // *Colloids Surf. B. Biointerfaces*. — 2011. — Vol. 85, № 2. — P. 174—181.

21. Janek T., Lukaszewicz M., Krasowska A. Antiadhesive activity of the biosurfactant pseudofactin II secreted by the Arctic bacterium *Pseudomonas fluorescens* BD5 // *BMC Microbiol.* — 2012. — Vol. 13, № 1. — P. 108—115.

22. Fiore A., Mannina L., Sobolev A. P., Salzano A. M., Scaloni A., Grgurina I., Fullone M. R., Gallo M., Swasey C., Fogliano V., Takemoto J. Y. Bioactive lipopeptides of ice-nucleating snowbacterium *Pseudomonas syringae* strain 31R1 // *FEMS Microbiol. Lett.* — 2008. — Vol. 286. — P. 158—165.

23. Vicente Fernandes P. A., Arruda I. R., Santos A. F. A. B., Araújo A. A., Maior A. M. S., Ximenes E. A. Antimicrobial activity of surfactants produced by *Bacillus subtilis* R14 against multidrug-resistant bacteria // *Brazilian J. of Microbiology*. — 2007. — Vol. 38, № 1. — P. 704—709.

24. Shokri D. Antimicrobial activity of a UV-stable bacteriocin-like inhibitory substance (BLIS) produced by *Enterococcus faecium* strain DSH20 against vancomycin-resistant *Enterococcus* (VRE) strains / D. Shokri, S. Zaghian, F. Khodabakhsh [et al] // *J. Microbiol. Immunol. Infect.* — 2013. — V. 6, N 1. — P. 111—132.

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ АНТИБИОТИКАМ АНТИМИКРОБНЫЕ ВЕЩЕСТВА ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

**К.В. Панасюк, Я.В. Андрущенко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье проанализированы недостатки использования бактериофагов и пробиотических препаратов в качестве альтернативы антибиотикам, а также преимущества и перспективы создания антимикробных препаратов на основе бактериоцинов, эфирных масел и поверхностно-активных веществ микробного происхождения. Данные могут быть использованы в медицинской практике с целью создания перспективных антимикробных препаратов для борьбы с патогенами родов *Salmonella*, *Hafnia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Candida* и *Pseudomonas*.*

**Ключевые слова:** эфирные масла, бактериоцины, бактериофаги, антимикробное действие, поверхностно-активные вещества, медицина.

## TECHNOLOGICAL ASPECTS OF PREPARING PROBIOTICS

S. Starovoytova, O. Skrotskaya, Yu. Penchuk, Yu. Doroshko  
*National University of Food Technologies*

|   |   |
|---|---|
| <b>Key words:</b><br><i>Probiotic</i><br><i>Pure cultures</i><br><i>Adhesion</i><br><i>Antagonistic ability</i> | <b>ABSTRACT</b><br>Modern aspects of preparing pro-biotic agents are considered in this study. Increasing the efficiency of a domestic production of probiotics is an actual task which requires developing the technological unification. The main stages of preparing the pro-biotic preparations involving the accumulation of microbic biomass and its stabilization are the objects of constant study. Development and practical application of the same nutrient mediums for cultivation of production strains of bacteria and protective environments for a liofilization of preparations reflect modern level of unification of technology of preparing probiotics. |
| <b>Article history:</b><br>Received 23.07.2014<br>Received in revised form 05.08.2014<br>Accepted 18.08.2014    |   |
| <b>Corresponding author:</b><br>O. Skrotskaya<br><b>E-mail:</b><br>Skrotska@yandex.ru                           |   |

## ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОДЕРЖАННЯ ПРОБІОТИКІВ

С.О. Старовойтова, О.І. Скроцька, Ю.М. Пенчук, Ю.М. Дорошко  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті розглянуто сучасні аспекти одержання пробіотичних препаратів. Підкреслено, що підвищення ефективності вітчизняного виробництва пробіотиків є актуальним завданням, для вирішення якого необхідна розробка елементів технологічної уніфікації. Основні стадії отримання пробіотичних препаратів, що пов'язані з накопиченням мікробної біомаси та її стабілізацією, є об'єктами інтенсивних досліджень. Розробка й практичне застосування однотипових поживних середовищ для культивування виробничих штамів бактерій і захисних середовищ для ліофілізації препаратів відображають сучасний рівень уніфікації технології пробіотиків.*

**Ключові слова:** *пробіотик, чисті культури, адгезія, антагоністична здатність.*

Термін «пробіотик» широко використовується вже понад 50 років. Визначення його уточнювалося в процесі накопичення експериментальних даних. Останнє було запропоноване канадським професором мікробіології та імунології Г. Рейдом (2003 р.): пробіотики — це живі мікроорганізми, застосування яких в адекватних дозах призводить до покращення здоров'я хазяїна [1, 2].

Сучасні методи корекції порушень у мікробній екосистемі людини базуються на використанні широкого спектра бактеріотерапевтичних препаратів і

продуктів функціонального харчування, збагачених пробіотичними мікроорганізмами (табл. 1).

*Таблиця 1. Препарати і продукти для відновлення нормальної мікрофлори [3]*

| № п/п | Група препаратів (продуктів)  | Діючі компоненти   |
|-------|---|--|
| 1     | Пробіотики (фармацевтичні препарати, спеціальні продукти та біологічно активні добавки) | Жива біомаса фізіологічної мікрофлори  |
| 2     | Препарати на основі інактивованих мікроорганізмів                                       | Інактивована біомаса пробіотичної мікрофлори   |
| 3     | Пребіотики  | Речовини, що сприяють селективному збільшенню популяції фізіологічної мікрофлори у кишечнику           |
| 4     | Синбіотики  | Комплекс пробіотика та пребіотика  |
| 5     | Препарати метаболітного типу  | Фізіологічно активні метаболіти пробіотичної мікрофлори  |
| 6     | Продукти функціонального харчування   | Живі мікроорганізми, їхні метаболіти та/або інші сполуки, що позитивно впливають на кишкову мікрофлору |
| 7     | Нутрицевтики  | Поживні субстрати, що сприяють оздоровленню кишечника  |

Незважаючи на достатньо широкий асортимент імпорتنих і вітчизняних пробіотиків, актуальними залишаються проблеми їх вдосконалення, які полягають у:

- дослідженні фізіології перспективних виробничих штамів з метою підбору поживних середовищ для їх культивування;
- визначенні процесів сорбції пробіотичних бактерій як загальнобіологічного процесу;
- вивченні ролі продуктів метаболізму та біологічно активних речовин мікробної клітини для визначення природи адгезинів, механізму антагоністичної активності;
- розробці технології виготовлення комплексних препаратів на основі консорціумів бактерій з широким спектром антагоністичної активності;
- дослідженні синергічної та інгібіторної дії різних видів і штамів пробіотичних бактерій;
- розробці оптимальної форми випуску препаратів (порошок, таблетки із захисним покриттям, капсули, гранули, суппозиторії, мазі, гелі тощо), яка б забезпечувала збереження біологічних властивостей пробіотиків та простоту і зручність їх застосування;
- вдосконаленні методів контролю антагоністичної активності препаратів, що містять життєздатні мікробні клітини, та розробці методів визначення вмісту живих мікроорганізмів [2, 4—8].

Серед науково-практичних напрямків, пов'язаних з мікробною екологією, перспективними для розробки та реалізації є:

- розробка експресних молекулярних методів дослідження складу й активності мікробіоценозів людини і тварин;
- пошук нових пребіотичних функціональних субстанцій;

- дослідження й деталізація молекулярних, біохімічних та інших механізмів ефективності пробіотиків, пребіотиків і синбіотиків у профілактиці, лікуванні та збільшенні термінів ремісії за різних захворювань, асоційованих з дисбалансом мікробної екології травного тракту;

- поглиблена оцінка нешкідливості пробіотичних препаратів і продуктів харчування, які використовуються людиною;

- дослідження можливості використання представників нормальної мікрофлори як носіїв для конструювання різного роду бактеріальних і вірусних вакцин;

- створення сучасних біотехнологічних підприємств з виготовлення пробіотиків, пребіотиків, синбіотиків, стартерних заквасок прямого внесення, антибіотиків, імуномодуляторів, вітамінів, біогенно активних пептидів, біосенсорів тощо на основі представників нормальної анаеробної мікрофлори людини й тварин [2, 7, 9—11].

За однією з класифікацій препарати пробіотиків, які використовуються нині у клінічній практиці, поділяються на 7 поколінь (табл. 2).

*Таблиця 2. Пробіотичні препарати різних поколінь [5]*

| Пробіотики  | Склад мікрофлори   | Концентрація клітин, КУО/дозу |
|---|--|-------------------------------|
| I покоління — пробіотики на основі монокультур облігатної або факультативної нормофлори               |  |                               |
| Біфідумбактерин   | <i>Bifidobacterium bifidum</i>   | 10 <sup>9</sup>               |
| Колібактерин  | <i>Escherichia coli</i>  | 10 <sup>9</sup>               |
| Лактобактерин   | <i>Lactobacillus fermentum</i> або<br><i>Lactobacillus plantarum</i>                                     | 10 <sup>8</sup>               |
| II покоління — 2-4-компонентні пробіотики на основі облігатної, факультативної або транзиторної флори |  |                               |
| Біфікол   | <i>B. bifidum, E. coli</i>   | 10 <sup>8</sup>               |
| Біфіформ  | <i>Bifidobacterium longum, Enterococcus faecium</i>  | 10 <sup>7</sup>               |
| Лінекс  | <i>Bifidobacterium infantis, Lactobacillus acidophilus, E. faecium</i>                                   | 10 <sup>7</sup>               |
| Капсули йогурту   | <i>L. acidophilus, Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus, B. bifidum, Streptococcus thermophilus</i> | 10 <sup>9</sup>               |
| Симбіолакт композитум   | <i>L. acidophilus, Lactobacillus casei, B. bifidum, Lactococcus lactis sp. lactis</i>                    | 10 <sup>9</sup>               |
| III покоління — пробіотики на основі транзиторних мікроорганізмів                                     |  |                               |
| Бактисубтил   | <i>Bacillus cereus</i>   | 10 <sup>9</sup>               |
| Біоспорин   | <i>Bacillus subtilis, Bacillus licheniformis</i>   | 10 <sup>9</sup>               |
| Ентерол-250   | <i>Saccharomyces boulardii</i>   | 10 <sup>7</sup>               |
| А-бактерин (Аеробакт)   | <i>Aerococcus viridans</i>   | 10 <sup>8</sup>               |
| Лактовіт форте  | <i>Lactobacillus sporogenes, Bacillus coagulans</i>  | 10 <sup>8</sup>               |
| IV покоління — синбіотики (комбінація пробіотиків і пребіотиків) та іммобілізовані пробіотики         |  |                               |

| Пробіотики  | Склад мікрофлори  | Концентрація клітин, КУО/дозу     |
|---|---|-----------------------------------|
| Екстралакт  | <i>L. acidophilus</i>   | 10 <sup>8</sup>                   |
| Біфілакт-екстра   | <i>B. bifidum</i>   | 10 <sup>8</sup>                   |
| Біфідумбактерин-форте   | <i>B. bifidum</i>   | 10 <sup>7</sup>                   |
| Пробіфор  | <i>B. bifidum</i>   | 10 <sup>8</sup>                   |
| V покоління — препарати на основі рекомбінантних генно-інженерних штамів        |   |                                   |
| Субалін   | <i>B. subtilis</i>  | 10 <sup>9</sup>                   |
| VI покоління — полікомпонентні пробіотики на основі лактобацил і біфідобактерій |   |                                   |
| Probiotic   | <i>Lactobacillus</i>  | 10 <sup>9</sup>                   |
| Symbiolact  | <i>Lactobacillus, Bifidobacterium</i>                                 | 10 <sup>10</sup>                  |
| Біфідум-Мульти-1,2,3  | <i>Bifidobacterium</i>  | 10 <sup>9</sup>                   |
| Полібактерин  | <i>Lactobacillus, Bifidobacterium</i>                                 | 10 <sup>9</sup>                   |
| VII покоління — мультипробіотики  |   |                                   |
| Симбітер  | <i>Bifidobacterium, Lactobacillus, Propionibacterium, Lactococcus</i> | 10 <sup>9</sup>                   |
| Симбітер концентрований   |   | 10 <sup>13</sup>                  |
| Симбітер-2  |   | 10 <sup>12</sup>                  |
| Симбітер-М  |   | 10 <sup>9</sup> —10 <sup>12</sup> |
| Апібакт   |   | 10 <sup>12</sup>                  |

Нині пробіотики випускаються у таких формах: ліофільно висушена біомаса у флаконах або ампулах; ліофільно висушена біомаса у желатинових капсулах; супозиторії ректальні та вагінальні з ліофільно висушеної біомаси; ліофільно висушена біомаса, пресована в таблетки, вкриті розчинною у кишечнику оболонкою; лінгвальні таблетки, що розсмоктуються під язиком [1, 3, 4, 5, 8, 12—16].

Мікробіологічна практика свідчить, що ефективні середовища для культивування виробничих штамів бактерій можуть бути приготовлені із застосуванням поживних основ з досить широкого кола взаємозамінних субстратів тваринного, рослинного або іншого походження. Поживну основу, що містить необхідні нутрієнти для метаболізму різних мікроорганізмів, можна використовувати як універсальний базовий компонент при конструюванні поживних середовищ різного призначення. При цьому з'являється можливість розробки уніфікованих комплексів поживних середовищ для виробничого застосування. Поживне середовище як структурна одиниця уніфікованого комплексу повинне складатися з двох частин: постійної (універсальної), що включає базовий субстрат, а також змінної (специфічної), що залежить від потреб конкретного виробничого штаму бактерій. Приготування такого середовища може включати окрему підготовку обох частин, а їх змішування можна здійснювати безпосередньо перед або в ході культивування мікроорганізмів [17].

Алгоритм конструювання уніфікованих комплексів поживних середовищ для промислового виробництва пробіотиків включає кілька необхідних етапів:

- попередній вибір поживних субстратів з урахуванням критеріїв біологічної цінності, доступності й економічності;
- отримання поживних основ та оцінка їх ефективності на моделі регламентованих поживних середовищ;



- розробка й оцінка способів отримання поживних основ з урахуванням критеріїв технологічності і трудомісткості;

- балансування складу поживних середовищ [1, 4, 5, 7, 17].

Прикладом такого підходу в практиці отримання пробіотиків є казеїново-дріжджові середовища. Це пов'язано з тим, що вони відповідають вимогам промислового виробництва за сукупністю біологічних, технологічних і економічних параметрів [4, 5, 7].

Більшість пробіотиків випускаються у ліофілізованій формі (порошки, таблетки, капсули, супозиторії). Суха форма характеризується високим терміном зберігання, зручністю транспортування та зберігання, не вимагає суворого дотримання температурного режиму. Підвищення ефективності використання сублімаційного обладнання при традиційному випуску пробіотиків у вигляді сухої біомаси у флаконах та ампулах припускає застосування захисних середовищ, що дозволяють при збереженні життєздатності клітин забезпечити необхідну структуру (зовнішній вигляд) сухого препарату в умовах нетривалого та інтенсивного режиму висушування. Практика розробки захисних середовищ свідчить, що для мінімізації загибелі клітин і відходів продукції за фізичними властивостями склад кріопротектора для кожного виду бактерій повинен включати якісно і кількісно збалансований набір компонентів [1, 4, 5, 7, 8, 11].

Уніфікація захисних середовищ, що використовуються у виробництві пробіотиків, передбачає обмеження кількості компонентів, які необхідні у складі кріопротекторів для «жорстких» режимів сублімації. При таких режимах висушування негативний біологічний і структуродеформуючий ефект нівелюється збільшенням концентрації кріопротектора у мікробній суспензії. При цьому досягти поліпшення структури сухої біомаси значно складніше, ніж отримати необхідну кількість живих клітин у сухому препараті. Вирішити вказані проблеми вдалося при використанні сахарозо-желатино-молочних захисних середовищ, що застосовуються в даний час у виробництві більшості пробіотичних препаратів [4, 5, 7, 17].

Проте ліофілізовані форми пробіотиків мають низку недоліків, зокрема характеризуються тривалим виходом мікробних клітин із стану анабіозу (8—10 год в оптимальних умовах культивування, які можна забезпечити лише в лабораторних умовах). В умовах шлунково-кишкового тракту (ШКТ) за цей проміжок часу більша частина пробіотичних клітин може елімінуватися, не встигнувши активізуватися, тому виробництво пробіотиків у сухій формі більше пов'язано з комерційним інтересом фірм-виробників, ніж із забезпеченням високої якості препаратів. В організмі людини значна частина ліофілізованої мікрофлори гине ще до реактивації в агресивних умовах ШКТ [5, 6].

Технологічні прийоми, які полягають у введенні до складу препарату пробіотиків з метою стимуляції пробіотичної флори, не завжди можуть змінити ситуацію. По-перше, кількість пребіотика, яку можна ввести до складу дози препарату, є надто незначною для проявлення помітного ефекту. По-друге, під час транзиту через біотопи проксимальної ділянки ШКТ у більшості випадків пребіотик метаболізується [5].

Використання кислотостійких капсул не вирішує проблеми підвищення ефективності пероральних пробіотиків, оскільки висока кислотність ШКТ є лише однією з багатьох перешкод. Причому значимість цієї перешкоди нівелюється, якщо пероральний пробіотик приймається з їжею, яка є потужним фактором захисту мікрофлори від шлункового соку. Заслужують на увагу та все ширше використовуються ректальні пробіотики [1, 4, 5].

Значно ефективнішими є «живі» пробіотики у вигляді рідкої суспензії у спеціальному захисному середовищі. У таких препаратах бактерії перебувають у фізіологічно активній формі та можуть діяти відразу після прийому препарату. Пробиотичні мікроорганізми у вигляді рідкої форми є активнішими, життєздатнішими в агресивних умовах ШКТ, не потребують тривалої реактивації, проявляють свою дію одразу після введення в організм. Крім того, така форма пробіотиків є найзручнішою для дітей [5].

Інноваційною лікарською формою пробіотиків є лінгвальні (пористі швидкорозчинні) таблетки, які одержують за технологією сублімаційного формування. Це дає змогу отримувати бактеріальні препарати з високорозвиненою внутрішньою поверхнею (пористістю). Перевагою технології сублімаційного формування є одностадійне отримання таблетованої форми пробіотика з високою біологічною активністю, у той час як традиційна технологія багата стадійна і включає висушування та подрібнення біомаси, змішування порошка із допоміжними речовинами (наповнювачами, розпушувачами, зв'язуючими речовинами, барвниками тощо) та пресування під тиском. Технологія виготовлення таблеткової форми бактеріального препарату зводиться до однієї операції — сублімаційного висушування розлитої по формах-матрицях суспензії клітин у складному захисному середовищі з додаванням в нього не менше 7—9 % баластних речовин (структурутворювачів, біопротекторів). Виробництво пористих таблеток не вимагає спеціального обладнання для вивільнення з форм, оскільки внаслідок ущільнення біоматеріалу у процесі висушування під вакуумом відбувається його відшарування від стінок форми-матриці, що дає змогу виймати сухі таблетки струшуванням [4].

Розробка методу конструювання пробіотиків у вигляді міцних мутуалістичних мультисимбіозів є значним прогресом у галузі удосконалення засобів бактеріальної терапії. Під час отримання інших комплексних пробіотиків певні монокультури просто змішуються у визначених пропорціях із дотриманням єдиної умови — відсутності антагонізму між компонентами. Такі комбінації штамів, вирощені у стандартних лабораторних умовах, є не правилом, а винятком з існування мікроорганізмів. Потрапляючи у біотопи людини в умови жорсткої конкуренції з іншою, добре адаптованою мікрофлорою, вони або гинуть, перетворюючись на їстівний субстрат, або значно знижують свою активність [5, 18—20].

Необхідною умовою під час розробки технології і виробництва пробіотиків є збереження їх стабільності впродовж тривалого часу. Бактерійні препарати, що містять живі мікроорганізми, є найменш стійкими, оскільки їх активність може знижуватися внаслідок загибелі клітин. Мікроорганізми через низький рівень біологічної організації залишаються життєздатними навіть за умови повного обезводнення, у цьому разі в клітинах лише зворотно упові-

льнюються або зупиняються обмінні процеси. Для подовження життєздатності бактерій доцільно здійснювати їх сублімаційне висушування, яке відбувається за низької температури та глибокого вакууму (незначної концентрації кисню). Через гігроскопічність закупорювання сухих біопрепаратів здійснюють під вакуумом або в течії інертного газу [1, 4, 5, 7, 21].

Факторами, що впливають на виживання мікроорганізмів у препаратах сухих пробіотиків упродовж зберігання, є регламентований вміст залишкової вологи, наявність захисних середовищ, зберігання сухих препаратів у безкисневій атмосфері.

З метою захисту пробіотиків від кислого середовища шлунку на таблетовані й капсульовані форми наносять ацидорезистентні покриття або здійснюють іммобілізацію бактерій на сорбенті [1, 4, 5, 7, 17, 21].

### Висновки

Завдяки результатам численних медичних досліджень пробіотики на основі живої фізіологічної флори людини на теперішній час розглядаються як ефективний метод відновлення складу та функцій нормальних мікробіоценозів людини, а поява нової науково обґрунтованої інформації з цього питання створює величезні перспективи для поповнення арсеналу пробіотиків новими ефективними бактеріотерапевтичними препаратами. Незважаючи на відносну простоту промислового виробництва пробіотиків, що зводиться до вирощування одного або кількох мікроорганізмів-пробіонтів на відповідних поживних середовищах з подальшим висушуванням культуральної рідини за наявності захисних середовищ, кожний окремих мікроорганізм або композиція потребують ретельного дослідження, опрацювання режимів і перебігу технологічного процесу одержання пробіотичних препаратів.

### Література

1. *Chralampopoulos D., Rastall R.A.* Prebotics and Probiotics Science and Technology. — UK.: Springer, 2009. — 1265 p.
2. *Soccol C.R., Vandenberghe L.P., Spier M.R. et al.* The potential of probiotics: a review // Food. Technol. Biotechnol. — 2010. — Vol.48. — № 4. — P. 413—434.
3. *Шендеров Б.А.* Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома. — М.: ДеЛи принт, 2008. — 319 с.
4. *Петров Л.Н., Вербицкая Н.Б., Добрица В.П., Галкин Г.Н., Петров Н.Л.* Бактериальные пробиотики: биотехнология, клиника, алгоритмы выбора. — СПб.: ФГУП Гос. НИИ ОЧБ, 2008. — 136 с.
5. *Янковский Д.С., Дымент Г.С.* Микрофлора и здоровье человека. — К.: ТОВ «Червона Рута-Турс», 2008. — 552 с.
6. *Шевелева С.А.* Пробиотики, пребиотики и пробиотические продукты. Современное состояние вопроса // Вопр. питания. — 1999. — № 2. — С. 32—40.
7. *Saarela M., Mongensen G., Fonden R., Matto J., Mattila—Sandholm T.* Probiotic bacteria: safety, functional and technological properties // J. Biotechnol. — 2000. — Vol.84. — № 3. — P. 197—215.
8. *Мокин П.А., Семченко А.В., Несчисляев В.А.* Капсулированная форма пробиотических препаратов // Научно-практический журнал. Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2009. — № 4. — С. 28.

9. *Osipov G.A., Verkhovtseva N.B.* Microecology of environment and human being: Mass-spectrometry and microbial markers approach // Научно-практический журнал. Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2009. — № 4. — С. 18.

10. *Shenderov B.* Probiotics and functional foods as bases for supporting personal human being health // Научно-практический журнал. Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2009. — № 4. — С. 23.

11. *Lacroix C., Yidirim S.* Fermentation technologies for the production of probiotics with high viability and functionality // *Curr. Opin. Biotechnol.* — 2007. — Vol.18. — P. 176—183.

12. *Albertini B., Vitali B., Passerini N. et al.* Development of microcapsulate systems for intestinal delivery of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* // *Eur. J. Pharmac. Sci.* — 2010. — Vol.40. — P. 359—366.

13. *Bondarenko V.M., Rybalchenko O.V., Boldyrev A.G., Potokin I.L., Orlova O.G., Dobritsa V.P.* The use of SpheroCell adsorbents to produce immobilized probiotic preparation // Научно-практический журнал. Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2009. — № 4. — С. 4.

14. *Anal A.K., Singh H.* Recent advances in microencapsulation of probiotics for industrial application and targeted delivery // *Trends Food Sci. Technol.* — 2007. — Vol.18. — P. 240—251.

15. *Krastanov A., Blazheva D., Slavchev A., Denkova Z.* Immobilized cell technology for probiotic and prebiotic production // Научно-практический журнал. Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2009. — № 4. — С. 13—14.

16. *Гордиенко П.А., Чуешов В.И.* Разработка таблетированного синбиотика с кишечнорастворимым покрытием // Научно-практический журнал. Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2009. — № 4. — С. М10.

17. *Пирог Т.П., Игнатова О.А.* Загальна біотехнологія: Підручник. — К.: НУХТ, 2009. — 336 с.

18. *Лукьянова Е.М., Янковский Д.С., Антипкин Ю.Г., Дымент Г.С.* К вопросу о поликомпонентности пробиотиков // *Здоровье женщины.* — 2005. — № 3. — С. 186—194.

19. *Янковский Д.С., Дымент Г.С.* Мультикомпонентные пробиотики группы «Симбистер»: итоги и перспективы биоконструирования и применения в клинической практике // *Здоровье женщины.* — 2006. — №3. — С. 181—188.

20. *Янковский Д.С., Моисеенко Р.А., Дымент Г.С.* Особенности отечественных мультипробиотиков // *Современная педиатрия.* — 2009. — №3. — С. 79—86.

21. *Королюк А.М., Нынь И.В.* Биотехнологические проблемы конструирования и производства новых пробиотических средств // Научно-практический журнал. Гастроэнтерология Санкт-Петербурга. — 2009. — № 4. — С. 28.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОБИОТИКОВ

**С.А. Старовойтова, О.И. Скродкая, Ю.Н. Пенчук, Ю.Н. Дорошко**  
*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрены современные аспекты получения пробиотических препаратов. Подчеркнуто, что повышение эффективности отечественного*

*производства пробиотиков является актуальной задачей, для решения которой необходима разработка элементов технологической унификации. Основные стадии получения пробиотических препаратов, связанные с накоплением микробной биомассы и ее стабилизацией, являются объектами интенсивных исследований. Разработка и практическое применение однотипных питательных сред для культивирования производственных штаммов бактерий и защитных сред для лиофилизации препаратов отражают современный уровень унификации технологии пробиотиков.*

**Ключевые слова:** пробиотик, чистые культуры, адгезия, антагонистическое способность.

## FEATURES OF ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC MECHANISM OF CORPORATE CAPITAL CONSOLIDATION

T. Nikitina

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Consolidation of capital  
Organizational and  
economic mechanism of  
corporate capital  
consolidation*

**Article history:**

Received 13.07.2014

Received in revised form  
29.07.2014

Accepted 15.08.2014

**Corresponding author:**

T. Nikitina

**E-mail:**

npuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

This article explores the features of organizational and economic mechanism of capital consolidation. The author's interpretation of such categories as "capital consolidation" and "organizational-economic mechanism of capital consolidation" are presented. The model of organizational-economic mechanism of capital consolidation is proposed. The main reasons that motivate enterprises to implement consolidation are given. The basic risks arising in course of capital consolidation process are analysed and recommendations for overcoming such risks are provided.

## ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ КОНСОЛІДАЦІЇ КАПІТАЛУ ПІДПРИЄМСТВ

Т.А. Нікітіна

Національний університет харчових технологій

*У статті досліджено особливості організаційно-економічного механізму консолідації капіталу підприємств. Наведено авторське трактування категорій «консолідація капіталу» й «організаційно-економічний механізм консолідації капіталу». Запропоновано модель організаційно-економічного механізму консолідації капіталу підприємствами. Розглянуто основні мотиви, що спонукають підприємства до здійснення консолідації. Виявлено основні ризики, що виникають при здійсненні консолідації капіталу підприємствами та надано рекомендації щодо їх подолання.*

**Ключові слова:** консолідація капіталу, організаційно-економічний механізм консолідації капіталу.

У сучасній економіці провідні підприємства заради завоювання нових ринків збуту, одержання переваг над своїми конкурентами, підвищення ефективності власного виробництва застосовують консолідацію капіталів з іншими підприємствами шляхом створення концернів, корпорацій, трансна-

ціональних корпорацій, потужних фінансово-промислових груп, стратегічних альянсів тощо. Високий рівень консолідації фінансового, матеріального, інтелектуального та іншого капіталу надає можливість підприємствам для розробок і впровадження новітніх технологій у виробництво і, відповідно, підтвердження своєї конкурентоспроможності на світовому ринку.

Підприємства України заради покращення свого фінансово-економічного стану також намагаються використовувати консолідацію капіталів з іншими підприємствами. Але через економічні прорахунки й економічно необгрунтоване застосування консолідації капіталів, одержаний економічний ефект може бути як позитивним, так і негативним.

Таким чином, дослідження проблем, пов'язаних із формуванням та оптимізацією організаційно-економічного механізму консолідації капіталу підприємств є надзвичайно актуальним.

Вивченню різноманітних аспектів економічного механізму підприємства присвячено праці таких науковців, як С.Н. Бочаров, І.А. Бушмін, О.М. Богушко, Н.Ю. Брюховецька, Т.А. Владімірова, М.О. Кизим, Р.С. Сайфулін, А.Д. Шеремет та ін. Однак поняття організаційно-економічного механізму консолідації капіталу підприємства залишається недостатньо визначеним.

Метою статті є визначення поняття, виявлення особливостей та побудова моделі організаційно-економічного механізму консолідації капіталу підприємств.

У сучасній науковій літературі поняття «механізм консолідації капіталу підприємства» визначено недостатньо. В основному досліджуються механізми злиття та поглинання підприємств, механізми інтеграції підприємств тощо.

Так, М.О. Кизим розглядає механізм організації, стійкого функціонування і розвитку великомасштабних економіко-виробничих систем [1], таких як фінансово-промислові групи та стратегічні альянси.

Р.В. Шуляр, досліджуючи управління процесами злиття підприємств, класифікує злиття підприємств за ознакою «механізми злиття» та визначає основні механізми злиття, а саме: «...створення нового підприємства на координаційно-субординаційних засадах; злиття без створення юридичної особи на субординаційних або координаційно-субординаційних засадах»[2, с. 12].

Т.А. Владімірова зазначає, що «фінансово-економічний механізм інтеграційної взаємодії у складній системі обов'язково включає в себе узгоджену систему цілей, критеріїв та умов (в тому числі ресурсних) і базується на інформаційній підтримці, конкретних правилах фінансової, інформаційної й технологічної взаємодії елементів між собою та зовнішнім середовищем, на методах формування керуючих параметрів (важелів: планів, цін, нормативів), на методах фінансового й оперативного управління, адміністративних і фінансових обмеженнях діяльності суб'єктів господарювання всередині системи та у зовнішньому середовищі»[3, с. 13—14].

Через недостатню визначеність поняття «механізм консолідації капіталу» у досліджених джерелах постає необхідність надання авторського розуміння цієї категорії.

Консолідація капіталу — це процес об'єднання (злиття) капіталів підприємств на договірній основі або на основі права власності з метою

підвищення ефективності, максимізації прибутку компанії та посилення конкурентних переваг на ринку шляхом забезпечення якісно нового процесу приросту капіталу за рахунок його перерозподілу, зміни структури й капіталізації доходів. Отже, консолідація капіталу включає в себе не тільки поняття централізації капіталу (безпосереднього злиття підприємств), а й концернтрації капіталу, тобто якісно нового приросту капіталу, тому термін «механізм консолідації капіталу» повинен об'єднувати в собі сутність злиття (централізації), інтеграції та концентрації капіталу підприємств.

Організаційно-економічний механізм консолідації капіталу підприємства – це послідовність етапів економічної оцінки стану підприємства, формування мотивів, мети та застосування різноманітних методів для визначення доцільності консолідації, що супроводжують процес консолідації капіталу підприємств у різноманітні форми заради досягнення підприємством конкурентних переваг.

Запропонований організаційно-економічний механізм консолідації капіталу підприємств (рис.) дозволяє вирішувати певні завдання на кожному етапі послідовності прийняття економічних рішень щодо доцільності консолідації капіталу підприємства з іншими різноманітними підприємствами.

Взаємовідносини між усіма учасниками механізму забезпечуються інформаційними, фінансовими та матеріальними потоками. Підприємство одержує інформаційні потоки із зовнішнього навколишнього середовища (економічне та політичне становище країни) і з галузевого ринку. Такими інформаційними потоками можуть бути:

1. Законодавчі та ринкові обмеження щодо здійснення консолідації капіталу.

2. Стабільність політичної ситуації в країні, сприятливість органів влади щодо організації та ведення підприємницької діяльності.

3. Антимонопольні законодавчі обмеження та рівень конкуренції в галузі.

4. Галузеві фактори.

Для прийняття рішення про здійснення консолідації підприємство-ініціатор обмінюється інформацією з потенційно можливим партнером. Такі обопільні інформаційні потоки надають дані про фінансово-економічний стан підприємств і є основою для оцінки ефективності, ризиків, форми й виду консолідації та вибору потенційного партнера по консолідації капіталу.

Після здійснення консолідації і виникнення новоствореної форми консолідації капіталу (стратегічний альянс, спільне підприємство, злиття, поглинання, фінансово-промислова група тощо), відбувається обмін фінансовими (грошовий капітал), інформаційними (інтелектуальний капітал — новітні технології, інформаційні ресурси) та матеріальними (виробничий і невиробничий капітал) потоками. Напрямок цих потоків залежить від форми здійсненої консолідації капіталу підприємств. Якщо обрана форма консолідації капіталу передбачає зміну права власності, наприклад, шляхом злиття та поглинання, то фінансові, інформаційні та матеріальні потоки направлені до новоствореного підприємства. У разі обрання форми консолідації капіталу на договірній основі, наприклад, стратегічний альянс, спільне підприємство, то залежно від умов договору вищезазначені потоки — обопільні.



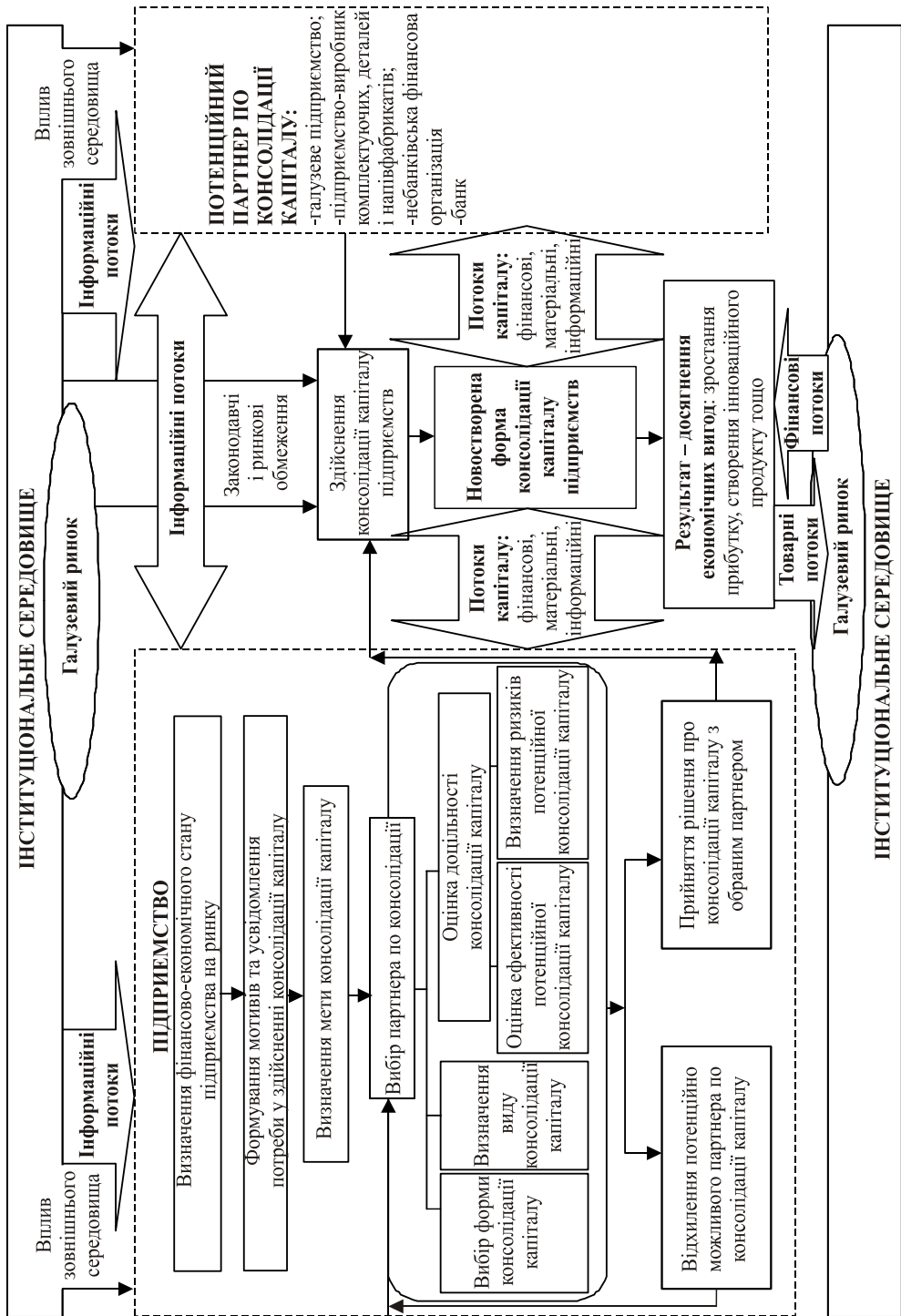


Рис. Оподаткування до та після здійснення консолідації капіталів підприємств (зміна бази оподаткування, наявність податкових пільг тощо).

У результаті своєї діяльності новостворене підприємство направляє товарні потоки (кінцевий товар, комплектуючі тощо) на галузевий ринок, навзаєм одержуючи фінансові (грошові) потоки. Таким чином, результатом здійснення консолідації капіталу підприємств повинно стати досягнення ними економічних вигод (зростання прибутку, створення інноваційного продукту, розширення/завоювання ринку збуту тощо).

Головною метою консолідації капіталу підприємств є підвищення ефективності, максимізації прибутку компанії та посилення конкурентних переваг на ринку шляхом забезпечення якісно нового процесу приросту капіталу за рахунок його перерозподілу, зміни структури та капіталізації доходів.

Реалізація послідовності прийняття підприємством рішення щодо здійснення консолідації капіталу з потенційним партнером забезпечується організаційно-економічним механізмом консолідації капіталу авіабудівельного підприємства. Прийняття рішення підприємством щодо здійснення консолідації капіталу складається з п'яти етапів: визначення фінансово-економічного стану підприємства на ринку; формування мотивів та усвідомлення потреби у здійсненні консолідації капіталу; визначення мети консолідації капіталу підприємством; вибір потенційного партнера по консолідації капіталу; прийняття рішення щодо доцільності здійснення консолідації капіталу підприємством.

На першому етапі, при визначенні фінансово-економічного стану підприємства, необхідно оцінити його фінансово-господарський стан, визначити частку ринку, що займає підприємство, рівень його конкурентоспроможності й означити перспективні напрями діяльності підприємства.

На другому етапі формуються мотиви й усвідомлюється потреба у здійсненні консолідації капіталу. Головним мотивом, що спонукає підприємство до консолідації капіталу, є переваги великого виробництва порівняно з дрібним та одержання певних конкурентних переваг від здійснення консолідації. Розглянемо докладніше основні мотиви. По-перше, метою консолідації капіталу підприємства є максимізація його прибутку та досягнення конкурентних переваг на ринку, технічні й технологічні переваги, що зумовлені значно кращими фінансовими можливостями для використання досягнень науково-технічного прогресу (НТП).

Визначальними чинниками консолідації капіталу є концентрація виробництва, зростання продуктивності праці, тобто певна зміна технології виробництва, а також активне впровадження у виробництво досягнень НТП (що, у свою чергу, вимагає збільшення авансованого капіталу), конкурентна боротьба тощо.

По-друге, мотивом до консолідації капіталу підприємства є економія від масштабу виробництва, комбінування та зайнятості. Консолідація капіталу й ефект масштабу дозволяють виробити єдину політику щодо закупівлі матеріалів, сировини, напівфабрикатів, інвестицій у НДДКР тощо, скорочуючи таким чином виробничі витрати.

По-третє, підприємства з високим рівнем консолідації капіталу в умовах кризи проявляють порівняно вищу стійкість і стабільність. Такі підприємства, як правило, не ліквідуються, а можуть змінити свою структуру або власника.

Четвертою перевагою консолідації виробництва є те, що можна скоротити кількість працюючих у новоствореній компанії та розширити функції персоналу, що залишився, за рахунок усунення дублювання й централізації низки операцій (наприклад, бухгалтерський облік, фінансовий контроль тощо).

По-п'яте, консолідація капіталу надає підприємству переваги у сфері обігу, оскільки закупівля ресурсів оптом обходиться дешевше, знижуються витрати на транспортування, зберігання та реалізацію великих партій товару.

Ще одним мотивом консолідації виробництва є те, що досягається ефект синергії, тобто одержуються переваги від поєднання ресурсів первісно незалежних економічних суб'єктів, що були їм раніше не доступні. Об'єднання наукових потенціалів компаній у взаємодоповнюючих і взаємозалежних галузях надає можливості для розробок новітніх технологій, нового товару тощо і, врешті-решт, до поліпшення конкурентних позицій компаній на ринку.

Наступним мотивом, який спонукає капітал до консолідації, є те, що у великого виробництва більше можливостей для зниження витрат, більші перспективи використання кредиту та підвищення своєї конкурентоспроможності в ринкових умовах. Також у консолідованого капіталу вища міжнародна конкурентоспроможність.

На третьому етапі прийняття рішення підприємством щодо здійснення консолідації капіталу визначається мета консолідації капіталу підприємством: збільшення прибутку; зростання інвестиційної привабливості; розширення власної частки на ринку та вихід на нові ринки збуту; створення інноваційного продукту шляхом досягнення синергійного ефекту, зокрема у наукових розробках; усунення конкурентів з ринку; зростання вартості підприємства тощо.

Відповідно до поставленої мети, на четвертому етапі відбувається безпосередньо вибір потенційного партнера по консолідації капіталу. Цей вибір складається з трьох блоків: оцінки доцільності консолідації капіталу, вибору певної форми та виду консолідації капіталу. Ці три блоки взаємопов'язані і відбуваються водночас, оскільки обрати форму та вид консолідації неможливо без врахування оцінки доцільності консолідації капіталу, особливостей партнера, і навпаки.

Як зазначалося раніше, головною метою консолідації капіталу є досягнення певних конкурентних переваг, за допомогою яких підприємства, що здійснюють консолідацію, планують своє зростання та подальший розвиток.

Цінність консолідації полягає у підвищенні конкурентоспроможності об'єднаного підприємства, збільшенні його акціонерної вартості тощо, тобто в результаті консолідації повинно з'явитися підприємство, що досягне нових вершин у своїй галузі. Досягнення таких вершин неможливе за невеликого вибору партнера по консолідації.

Невірний вибір підприємства-партнера по консолідації капіталу не призведе до економічного зростання. І навпаки, консолідація підприємств, що мають певні унікальні властивості або взаємодоповнюючі елементи (компоненти), може призвести до реальної синергії, що надасть можливість зайняти домінуючу позицію на ринку.

Вибір партнера по консолідації повинен базуватися на оцінці доцільності консолідації капіталу з певним підприємством. При оцінці потенційного

партнера по консолідації капіталу необхідно враховувати організаційно-управлінський рівень і фінансовий стан підприємства. При дослідженні організаційно-управлінського рівня необхідно врахувати такі дані, як існуюча система управління підприємством, положення підприємства на ринку, його технічне оснащення, рівень технології виробництва, стан ресурсної бази, забезпечення трудовими кадрами тощо.

Досліджуючи фінансовий стан підприємства-потенційного партнера по консолідації, необхідно врахувати такі дані, як темп зростання і норма прибутку на підприємстві, рентабельність продукції, наявність страхового забезпечення тощо.

Оцінка доцільності консолідації повинна ґрунтуватися на визначенні ефективності здійснення потенційної консолідації капіталу з урахуванням ризиків, що виникнуть для підприємства у разі здійснення консолідації. До розрахункових показників ефективності здійснення потенційно можливої консолідації капіталу підприємствами можна віднести: коефіцієнт ефективності діяльності підприємства після консолідації капіталу; порівняння вартості новоствореної компанії з вартістю окремих підприємств, що здійснюють консолідацію капіталу; синергійний ефект підприємства від проведеної консолідації капіталу; визначення потенційно максимальний прибутку підприємства після проведення консолідації капіталу.

До основних ризиків при здійсненні консолідації капіталу підприємствами можна віднести такі:

1. Політичні ризики — обумовлені міжнародним характером консолідації капіталу, можуть виникнути як у вітчизняних, так і в зарубіжних підприємств, з якими відбувається консолідація. (Наприклад, політичні ризики для підприємств України пов'язані передусім з постійною зміною курсу держави загалом та зміною підтримки промислових підприємств, зміною податкового, інвестиційного, валютного законодавства тощо).

2. Ринкові ризики — обумовлені ринковою невизначеністю (наприклад, зміною відсоткових ставок за кредитами та депозитами) й можливими відмовами від спільної діяльності підприємств, що беруть участь у консолідації, тощо.

3. Організаційні ризики — обумовлені консолідацією великої кількості підприємств, що беруть участь в проекті.

Виробничо-технічні ризики — обумовлені збоями в діяльності і можливими втратами при впровадженні нових технологій.

Для мінімізації ризиків підприємства, що виникають при консолідації капіталу, пропонується:

1. Впроваджувати заходи щодо відбору підприємств-учасників консолідації з урахуванням специфіки країни базування даного підприємства.

2. Здійснювати детальне прогнозування необхідних витрат та інвестицій, що виникнуть при проведенні консолідації.

3. Робити прогнозний розрахунок отриманих вигод від здійснення консолідації, в тому числі і песимістичний прогноз.

На підставі результатів аналізу доцільності консолідації та потенційного партнера відбувається вибір форми консолідації. Таким чином, вибір

партнера по консолідації складається з трьох взаємопов'язаних блоків: визначення доцільності консолідації капіталу, форми та виду консолідації. Грунтуючись на одержаних результатах, підприємство приймає рішення щодо доцільності здійснення консолідації капіталу.

### Висновки

На основі методичних підходів і практичних рекомендацій щодо побудови організаційно-економічного механізму консолідації капіталу підприємствами можна зробити такі висновки: консолідація капіталу підприємств — це процес об'єднання капіталів суб'єктів господарювання, що має на меті підвищення ефективності та максимізації прибутку підприємства, а також посилення конкурентних переваг підприємства на ринку через створення якісно нового приросту капіталу шляхом його перерозподілу, зміни структури й капіталізації доходів. Введення даного поняття дозволить достовірніше характеризувати нерозривні в сучасній економіці процеси концентрації та централізації капіталу підприємства.

Організаційно-економічний механізм консолідації капіталу — це сукупність суб'єктів консолідації капіталу та інформаційних, фінансових і матеріальних потоків між ними в існуючому інституціональному середовищі, що передбачає послідовність етапів економічної оцінки стану підприємства, формування мотивів, мети та застосування певних методів для вирішення питань, що супроводжують процес консолідації капіталу підприємства у визначені форми заради досягнення ним конкурентних переваг. Зроблений у статті аналіз теоретичних засад може бути використано при вирішенні питань оптимізації існуючих механізмів консолідації капіталу на підприємствах.

### Література

1. Кизим М.О. Механізми організації, стійкого функціонування і розвитку великомасштабних економіко — виробничих систем: дис. ...доктора ек. наук 08.06.02 [Текст] / Кизим Микола Олександрович. — Дніпропетровськ, 2001. — 203с.
2. Шуляр Р.В. Економічна оцінка та управління процесами злиття підприємств: автореф. дис. ... кандидата ек. наук 08.06.01 [Текст] / Шуляр Роман Віталійович. — Львів, 2003. — 23с.
3. Владимірова Т.А. Финансово-экономический механизм интеграционного взаимодействия в сложной экономической системе: рычаги и методы. [Текст] / Т.А.Владимірова. — Новосибирск: СИФБД — 2002. — 127 с.

## ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА КОНСОЛИДАЦИИ КАПИТАЛА ПРЕДПРИЯТИЯМИ

Т.А. Никитина

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье представлены особенности организационно-экономического механизма консолидации капитала предприятий. Приведена авторская трактовка*

*категорий «консолидация капитала» и «организационно-экономический механизм консолидации капитала». Представлена модель организационно-экономического механизма консолидации капитала предприятиями. Рассмотрены основные мотивы, побуждающие предприятия к осуществлению консолидации. Выявлены основные риски, возникающие при осуществлении консолидации капитала предприятиями, даны рекомендации по их преодолению.*

**Ключевые слова:** *консолидация капитала, организационно-экономический механизм консолидации капитала.*

## MODERN ASPECTS OF SERVICE INDUSTRY MARKETING AND THEIR PRACTICAL VALUE

S. Tkachuk

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Consumer  
Service  
Marketing-mix  
Process  
Objective environment  
Staff*

---

**Article history:**

Received 22.07.2014  
Received in revised form  
03.08.2014  
Accepted 16.08.2014

---

**Corresponding author:**

S. Tkachuk  
**Email:**  
vinyarl@i.ua

---

**ABSTRACT**

The views of international scientific schools of marketing on the problems and perspectives of marketing activity in the sphere of services are analyzed. The existing approaches to understanding the peculiarities of service industry marketing and modern requirements including the need to neutralize the negative factors caused by the existing features of services and maximizing positive characteristics are investigated and systematized. By the existing views and approaches the three-dimensional multifactor model of service industry marketing is proposed; this model considers the whole necessary set of marketing instruments acting in the three-dimensional space and also the specificity of consumer's perception of actual characteristics of the proposed services.

## СУЧАСНІ АСПЕКТИ РОЗУМІННЯ СПЕЦИФІКИ МАРКЕ- ТИНГУ СФЕРИ ПОСЛУГ ТА ЇХ ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

С.В. Ткачук

*Національний університет харчових технологій*

*У статті проаналізовано погляди міжнародних наукових шкіл маркетингу на проблеми та перспективи маркетингової діяльності у сфері послуг, досліджено й систематизовано існуючі підходи до розуміння специфіки маркетингу послуг з урахуванням особливостей торгівлі послугами та сучасних вимог, в тому числі необхідності нейтралізації негативних чинників, викликаних існуючими особливостями сфери послуг і максимізацією позитивних характеристик. На основі існуючих поглядів і підходів запропоновано тривимірну багатофакторну модель маркетингу послуг, яка враховує необхідну сукупність набору маркетингових інструментів, що діють у тримірному просторі, а також особливості сприйняття споживачем наявних характеристик послуг, які пропонуються.*

**Ключові слова:** *споживач, послуга, маркетинг-мікс, процес, матеріальне оточення, персонал.*

Термін «маркетинг» зустрічається в літературі, починаючи із кінця ХІХ — початку ХХ століття і має ряд взаємодоповнюючих визначень і тлумачень. Його розглядають як процес, який у підсумку повинен призвести до максимального задоволення вимог споживачів кращими методами порівняно з конкурентами, як одну із функцій управління, як філософію сучасного бізнесу, без якої неможлива успішна діяльність жодного суб'єкта господарювання. Втім більшість праць присвячена маркетингу у сфері товарів, в той час як торгівля послугами історично виникає раніше, ніж торгівля товарами, і зараз більшість підприємств або цілком зайняті виробництвом послуг або їх продуктує, так би мовити, змішаний характер: частково товар, частково послуга.

Навіть ті підприємства, що спеціалізуються на виробництві звичайних товарів, мають тісний зв'язок зі сферою послуг як у внутрішньому, так і в зовнішньому середовищі. Продукт сфери послуг має складний характер, частина його підпадає під загальноприйнятні маркетингові закономірності, інша частина — нематеріальна — вимагає специфічного підходу [1, 3, 6]. Це породило необхідність розглядати маркетинг послуг як окреме відгалуження маркетингу. Вивченням цього питання присвячені праці представників міжнародних наукових шкіл маркетингу послуг: Д. Ратмела, Д. Маккарті, М.Д. Бітнер, К. Лавлока, П. Ейгліс, Е. Ланжеару, К. Гренроса, Ф. Котлера, В. Зейтхамль та інших. Серед найвідоміших маркетингових шкіл, які займалися розробленням теоретико-методичних і методологічних засад маркетингу послуг, можна виділити Американську школу маркетингу, Французьку школу, Північну школу «Нордік скул».

Провівши порівняльний аналіз підходів і концепцій, запропонованих представниками різних шкіл, можна виокремити основні характеристики, притаманні маркетингу у сфері послуг: наявність додаткових трьох елементів маркетинг-міксу (процес, персонал, середовище), які пов'язані зі специфікою послуг, зокрема із так званими чотирма "Н", притаманними послугі; наявність трьох складових маркетингу послуг: внутрішнього, зовнішнього та інтерактивного маркетингу; відведення однієї з головних ролей саме інтерактивному маркетингу як такому, що забезпечує взаємодію споживача із персоналом.

Утім швидкий розвиток сфери послуг, з одного боку, та специфічні риси цієї сфери — з іншого — вимагають створення комплексної багатофакторної моделі маркетингу послуг, у центрі якої стояв би інтерактивний маркетинг, а одним із ключових факторів впливу та безпосереднім фігурантом — споживач як особистість, що має певний світогляд. Частково основи для такої моделі були запропоновані Ж.-Ж. Ламбеном, хоча вона розглядалася як метод сегментації у тримірному просторі за такими критеріями, які давали відповідь на такі запитання: що, для кого та як саме пропонувати. Спробуємо взяти за основу метод Ж.-Ж. Ламбена і спроектувати тривимірну модель маркетингу послуг. Ключовими факторами цієї моделі, очевидно, мають стати такі: продукт (послуга), споживач (тип особистості споживача) та придбання послуги як процес. Запропоновані фактори за своєю суттю є трансформацією критеріїв Ж.-Ж. Ламбена: продукт (послуга) дає відповідь на питання "що саме



пропонувати споживачеві?"; тип особистості споживача є сукупністю характеристик, які надають можливість зрозуміти, для кого саме пропонується послуга; процес придбання послуги характеризує те, як саме ця послуга споживається. Назвемо запропоновану модель «S-C-P»- моделлю за першими літерами ключових факторів: service (послуга), consumer (споживач), purchasing (купівля або процес купівлі послуги). Розглянемо кожний фактор детальніше.

Послуга (перший фактор) являє собою сукупність різноманітних характеристик, які умовно можна поділити на дві групи: перша — сутнісні характеристики, вони ж є обов'язковими, такими, які передбачені технологією виробництва та споживання послуги, без них неможливе існування певної послуги взагалі; друга — додаткові характеристики, призначені для стимулювання попиту, просування. Наприклад, для медичних послуг основною характеристикою можна вважати саму сутність процедури, яка надається; додатковими характеристиками при цьому можуть бути можливість перегляду журналів або фільму під час очікування. Стає зрозумілою проблематичність чіткого відокремлення одного елемента комплексу маркетингу від іншого: товарна політика чітко прослідковується лише в основних характеристиках послуги, в додаткових характеристиках наявні елементи просування та матеріального середовища (останнє є додатковим елементом, притаманним саме сфері послуг, який запропонувала М.Д. Бітнер). Матеріальне середовище має місце і в основних характеристиках послуги: якщо звернутись до прикладу із медичними послугами, то це буде обладнання або інструменти, за допомогою яких послуга надається. Коли йдеться про характеристики послуг, варто звернутися до методики японського вченого Я. Кано, що запропонував специфічний спосіб опитування, при якому за допомогою двох протилежних запитань щодо однієї і тієї ж характеристики останню можна віднести до одного із п'яти типів: обов'язкові, кількісні, сюрпризні, неважливі, проблемні. Адаптувавши ці характеристики під «S-C-P»- модель ми зупинилися на двох названих вище групах: обов'язкових (або сутнісних), без яких споживач просто не уявляє собі конкретну послугу та додаткових. До останніх можна віднести сюрпризні, неважливі і проблемні та окремо виділити важливі характеристики. Різниця між важливими та сюрпризними характеристиками полягає в тому, що перші мають більше значення для споживача, від них у більшій мірі залежить його рішення щодо придбання послуги, другі є приємними, створюють ефект сюрпризу, але у випадку їх відсутності цінність послуги для споживача не стане меншою. Кількісні характеристики — такі, які застосовують або не застосовують залежно від зіставлення приросту доходів і витрат — окремо не виділяємо, оскільки вважаємо, що всі додаткові характеристики є кількісними самі по собі: менеджер не буде вводити таку характеристику, яка не є обов'язковою, і витрати на створення якої перевищують доходи від її існування [2, 4]. Завданням менеджера-маркетолога є мінімізація проблемних і неважливих характеристик у загальній сукупності додаткових характеристик послуги й оптимальне поєднання важливих і сюрпризних характеристик.

Другим фактором «S-C-P»- моделі є споживач. Доцільність введення споживача як безпосереднього фігуранта моделі маркетингу послуг пояснюється одночасністю виробництва послуги та її споживання. Таким чином, споживаючи, людина невідривно знаходиться у виробничому процесі (чого не можна сказати про споживання товарів). Така думка підтверджується, зокрема, трикутною моделлю маркетингу послуг, запропонованою Ф. Котлером, у якій на одному із кутів трикутника стоїть клієнт (споживач). Провідний експерт з маркетингу послуг К. Лавлок порівнює конкуренцію між фірмами із регатою човнів, де кожна фірма — це човен, у складі команди якого є 8 гребців і капітан (топ-менеджер). Кожен із восьми гребців відповідає за окремий елемент комплексу маркетингу (додатковим восьмим елементом при цьому є продуктивність і якість як єдине ціле). Фінішем у цій регаті є споживач і цільовий прибуток. Якщо ж подивитись на сучасну специфіку менталітету успішних фірм, можна відмітити, що головним для них є споживач, а оскільки через одночасність здійснення двох процесів, купуючи послугу, споживач є фігурантом процесу її виробництва, то чи не доцільно вважати, що на фініші «регати» знаходяться прибуток фірми та її імідж, а споживач стоїть на одній ланці із капітаном?

Факт важливості споживача як елемента маркетингу послуг підтверджується зокрема моделлю П. Ейгліє і Е. Лангеарда, де споживач виділяється як чинник впливу на інших споживачів, що перебувають в тому ж матеріальному середовищі. У запропонованій «S-C-P»- моделі споживач є одним із трьох головних факторів, які у сукупності своєї взаємодії утворюють модель інтерактивного маркетингу послуг. При цьому споживача доцільно розглядати як індивідуальність, яка має певні особливості сприйняття, світогляду, цінності та мотиваційні механізми здійснення купівлі послуги. Такі особливості повинні бути враховані навіть в більшій мірі, ніж при виробництві й торгівлі товарами, адже послуга, по-перше, є невідчутною, по-друге — не підлягає зберіганню. Невідчутність послуги призводить до більшої дії так званої «чорної скриньки», під якою розуміють невидимий, невідчутний і незрозумілий виробнику процес оцінювання споживачем якості послуги, його задоволеності чи незадоволеності від її споживання, сукупність індивідуальних психологічних механізмів, частково неусвідомлених самим споживачем, які на виході формують у споживача враження про послугу та фірму. Незбереженість послуги породжує той факт, що виробник майже завжди знаходиться у контакті зі споживачем в процесі її надання, час виробництва і споживання послуги збігається. Це пояснює підвищені вимоги до персоналу фірми щодо оперативного реагування на настрої і поведінку споживача, в тому числі до хоча б поверхневого розуміння особливостей його світосприйняття. В той же час повинен мати місце поділ споживачів на окремі сегменти з урахуванням вищезазначених особливостей для розроблення окремого комплексу маркетингу під конкретний сегмент.

Існує багато методів сегментації, втім при виробництві послуг варто зупинитися на таких методах, які враховували б психологічний тип споживача. Цікавий метод сегментації запропонував Г. Ган, поділивши споживачів туристичного продукту на окремі групи за ознакою стереотипу їх поведінки та

мотивації до здійснення туру. Практично в основу сегментації покладені емоції споживача, його менталітет та інтереси (захоплення). На цій основі виділено шість типів споживачів. Наприклад, споживачів, які прагнуть під час подорожі отримати «гострі» відчуття, відчуті ризик, Г. Ган пропонує називати А-типом (від німецького слова «Abenteug» — ризик), в той час, як споживачі, головним для яких є класичний відпочинок на морі, відносяться до S-типу (від німецьких «Sonne», «Sand», «See» — сонце, пісок, море). Втім така класифікація підходить лише для туристичних послуг, у запропонованій «S-C-P»-моделі необхідно дати більш класичну типізацію споживчих сегментів.

Спробуємо взяти за основу типи емоцій, запропонованих в 1987 р. Б.І. Додоновим у книзі «Емоції як цінність». Поклавши в основу класифікації потреби людини, які викликають той або інший стан і поведінку, автор виділяє 10 емоцій: альтруїстичні, комунікативні, глоричні, праксичні, пугнічні, романтичні, акізитивні, гедоністичні, гностичні, естетичні. Розподілимо споживачів послуг на шість типів, які назвемо за першими літерами емоцій, до яких прагне споживач, купуючи послугу (за аналогією з класифікацією Г. Гана): Г1-тип, Г2-тип, Е-тип, П-тип, Р-тип, К-тип (рис. 1). Додатково введемо ще один тип: Пр-тип, який не пов'язаний із класифікацією емоцій Б. І. Додонova. Такі емоції, як праксичні, акізитивні, гностичні та альтруїстичні не покладені в основу виділення певних типів, оскільки їх елементи або наявні в інших типах або сама емоція визначає не тип споживача, а взагалі споживача певної сфери послуг (наприклад, гностичні емоції породжені потребою в отриманні й оновленні інформації та викликають попит на інформаційні послуги взагалі).

Споживачі типу Г1 здійснюють придбання послуги, керуючись глоричними емоціями: покликом до слави та самоствердження; залежно від того чи іншого виду послуги, вона повинна мати певний набір характеристик, щоб привабити такого споживача. Купуючи послугу, споживач передусім прагнутиме до того, що на його думку асоціюється із самоствердженням (наприклад, послуга елітного ресторану). Г2-тип — тип споживача, який у своєму виборі керується гедоністичними емоціями: прагненням до максимального комфорту для тіла та душі. Такий споживач не купуватиме послугу, навіть дуже вишукану, якщо її елементи — первинні, вторинні і третинні — не створюють для нього максимальної зручності та затишку (наприклад, такий споживач скоріше відвідуватиме затишне, знайоме йому кафе із швидким і зручним обслуговуванням, аніж елітний ресторан із вишуканими стравами, у якому на його думку комфорт буде меншим — навіть за умови однакової ціни).

Споживач, який на перше місце ставить матеріальне оточення, характеристики середовища, у якому купуватиме послугу відноситься до Е-типу, тобто такого, яким керують естетичні емоції. У випадку придбання туристичної послуги споживач Е-типу скоріше за все надасть перевагу відвідуванню не просто цікавих місць, а таких, які на його думку є естетичними, красивими, приємними для спостереження та перебування. Подорожам із елементами екстриму або місцям відпочинку з різноманітними атракціонами, участі в змаганнях і конкурсах нададуть перевагу споживачі П-типу, для яких визначальними є пугнічні емоції. Останні виникають на основі потреби у подо-

ланні небезпеки, цікавості до боротьби. До цього типу відносяться люди, схильні до ризику та екстриму. У туристичній подорожі їх привабить можливість зайняття лижним спортом, сходження на скелі або екстремальні види спорту на воді тощо. Споживачі Р-типу у чомусь схожі із споживачами П-типу, але разом з тим мають відмінні характеристики. Це люди, якими керують романтичні емоції, тобто такі, які виникають на основі прагнення до надзвичайного й таємничого. Такі споживачі можуть проявляти інтерес до подорожей в історичні місця, навколо яких існує ряд легенд та уявлень, до відвідування та участі у специфічних місцевих святах і традиціях тощо.

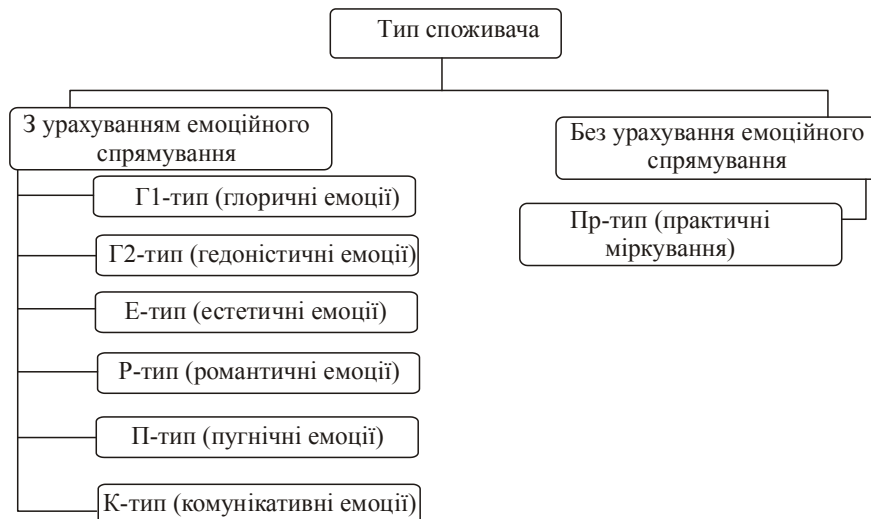


Рис. 1. Класифікація споживачів сфери послуг

Ще одним типом споживача, елементи якого можуть бути наявні або відсутні в усіх перерахованих вище типах, є К-тип. До нього належать споживачі, у яких переважають комунікативні емоції, що виникають на основі потреби у спілкуванні. Такі люди менше прагнуть до усамітнених, нехай навіть затишних місць, ними керуватиме інтерес до знайомства з новими людьми, обміну враженнями, які справила на них туристична подорож або відвідування музею. Споживачі цього типу більш прихильні до фірм, де продавець послуги матиме не тільки професіоналізм та етику, але й вміння цікаво вести бесіду.

Шість перерахованих вище типів були виділені на основі класифікації емоцій Б.І. Додонова, і хоча приклади наводились переважно із сфери туристичних або готельних послуг запропоновані типи підходять для ряду інших сфер: сфери послуг салонів краси та перукарень, спортивних закладів, ресторанів, послуг театрів, музеїв, телебачення тощо. Недоліком такої класифікації є те, що її важко застосувати для деяких інших послуг, наприклад, банківських, фінансових, вантажних тощо. Це пояснюється тим, що при придбанні таких послуг мало керуються емоціями і більшу перевагу надають практичним характеристикам виробника.

Втім, навіть купуючи послуги тих сфер, для яких запропонована класифікація матиме сенс, не можна відкинути практичну складову, яка може проявлятися в усіх запропонованих типах. Якщо ж практична складова стоїть на першому місці, переважає над емоціями, то, очевидно споживач буде відноситися до іншого типу, не пов'язаного із емоційними складовими. Для цього виділимо сьомий тип, Пр-тип, коли в основі прийняття рішення про здійснення покупки для споживача лежать практичні міркування: ціна, якість, зручність. На відміну від Г2-типу, для якого зручність і комфорт на першому місці, для споживача Пр-типу на першому місці є ціна, співвідношення ціни та якості. І щодо зручності, то розуміння цієї категорії, її бачення у цих типів неоднакове: споживач, що керується гедоністичними емоціями, поняття зручності пов'язує з максимальним комфортом і не лише для тіла, але й для душі; споживач, який керується практичними переконаннями, зручність вбачає у практичній необхідності певних елементів послуги, у відсутності зайвих, на його думку, характеристик і повному мінімальному наборі необхідних, першочергових характеристик. Наприклад, для споживача Г2-типу додатковою цінністю, яка стимулює його до здійснення покупки, може бути приємний краєвид із вікна готелю, такий, який заспокоює, робить комфорт для душі; для споживача Пр-типу цей же краєвид може бути лише сюрпризною характеристикою, але однозначно не буде схилити його до придбання послуги, особливо якщо ціна за неї буде дещо вищою. Щодо класифікації споживачів, не можна забувати, що елементи різних типів можуть переплітатися і тип в чистому вигляді існує лише умовно.

Розглянемо третій фактор «S-C-P»- моделі: процес придбання послуги. Його пропонується розглядати як три додаткові взаємопов'язані елементи, запропоновані М. Бітнер: процес, персонал, середовище. При цьому матиме місце не лише розповсюдження, як це було б при продажі товару, але й просування, оскільки послуга виробляється і споживається одночасно, і три вказані вище елементи не просто забезпечують процес продажу, але й формують якості послуги, на основі яких споживач приймає рішення: продовжувати її купувати чи відмовитись просто зараз та чи купувати послугу конкретного виробника в подальшому [5]. Так само, як послугу, середовище її виробництва та споживання пропонується розглядати як сукупність двох груп складових: обов'язкових, без яких неможливо обійтись, і додаткових, які покликані справити позитивний вплив на споживача конкретного типу.

Три фактори «S-C-P»- моделі у сукупності взаємодії формують модель інтерактивного маркетингу послуг на основі якісної, швидкої й обґрунтованої взаємодії між споживачем послуги та її виробником (рис. 2). Виробник на рисунку розміщений в блоці "Придбання послуги" як персонал. Додатково до трьох названих факторів до моделі інтерактивного маркетингу необхідно додати інші, класичні фактори впливу на діяльність будь-якої фірми: фактори зовнішнього та внутрішнього середовища. Перші визначають можливості та загрози, другі — сили й слабкості підприємства, і завданням інтерактивного маркетингу також є оптимальне застосування сильних сторін для використання можливостей і подолання або мінімізації загроз та нейтралізація слабких сторін.



Рис. 2. Багатофакторна модель інтерактивного маркетингу послуг

### Висновки

Розглянувши існуючі погляди на специфіку сфери послуг взагалі, а також на особливості маркетингу послуг і систематизувавши моделі, запропоновані представниками різних міжнародних шкіл маркетингу, нами запропоновано тривимірну багатофакторну модель інтерактивного маркетингу, у центрі якої — сам процес взаємодії всіх наявних факторів. У результаті такої взаємодії має бути досягнута найбільша ефективність маркетингу, покращання показників діяльності підприємства, зміцнення іміджу, в тому числі за рахунок нейтралізації або мінімізації негативних характеристик послуг і максимізації позитивних. Серед факторів, які приводять в дію механізм інтерактивного маркетингу послуг, виділено такі: сама послуга: її обов'язкові (сутнісні) та специфічні характеристики; споживач: його приналежність до конкретного психологічного типу; процес придбання послуги, включаючи персонал, матеріальне оточення та засоби просування; загальноприйняті фактори внутрішнього і зовнішнього середовища.

### Література

1. Азарян Е.М. Диагностика силы взаимодействия в маркетинговой бизнес-системе / Е.М. Азарян, А.А. Криковцев // Торговля та ринок України: зб. наук. праць. — Донецьк, 2013. — № 35. — С. 9—18.
2. Еволюція концепцій маркетингу взаємин: пріоритети, концептуальна база, домінуюча логіка / П.А. Петриченко // Бізнес-інформ. — 2013. — № 3. — С. 367—372.
3. Карягін Ю.О. Маркетинг турпродукту : підручник / Ю.О. Карягін, З.І. Тимошенко, Т.О. Демура, Г.Б. Мунін. — К. : Кондор, 2009. — 394с.
4. Король О.Д. Менеджмент туризму: навч. посіб. / О.Д. Король, М.П. Крачило. — Чернівці : Рута, 2008. — 240 с.

5. Радкевич Л.А. Формування поведінки споживача в маркетингово-орієнтованій структурі управління підприємства / Л.А. Радкевич, І.А. Луговська // Торгівля та ринок України : зб. наук. праць. — Донецьк, 2012. — Зб. 34. — С. 59—66.

6. Скрынникова И.А. Маркетинг в сфере услуг: учеб. пособие для студ. вузов // И.А. Скрынникова. — Москва : Изд-во Моск. ун-та, 2012. — 203 с.

7. Трансформація концепції маркетингу в ХХІ сторіччі / Т.О. Окландер // Бізнес-інформ. — 2011. — № 7. — С. 134—136.

## **СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ПОНИМАНИЯ СПЕЦИФИКИ МАРКЕТИНГА В ОБЛАСТИ УСЛУГ И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

**С.В. Ткачук**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье проанализированы взгляды международных научных школ маркетинга на проблемы и перспективы маркетинговой деятельности в сфере услуг, исследованы и систематизированы существующие подходы к пониманию специфики маркетинга услуг с учетом особенностей торговли услугами и современных требований, в том числе необходимости нейтрализации отрицательных факторов, вызванных существующими особенностями сферы услуг и максимизации положительных факторов. На основе существующих взглядов и подходов предложена трехмерная многофакторная модель маркетинга услуг, которая учитывает необходимую совокупность набора маркетинговых инструментов, действующих в трехмерном пространстве, а также особенности восприятия потребителем имеющихся характеристик предлагаемых услуг.*

**Ключевые слова:** *потребитель, услуга, маркетинг-микс, процесс, материальное окружение, персонал.*

УДК 631.17.004.9

## ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF MOBILE POWER VEHICLES WITH ELECTRIC DRIVES

V. Gavrish

*Nikolaev National Agrarian University*

V. Nitsenko

*Odessa State Agrarian University*

---

**Key words:**

*Electromechanical  
transmission  
Economic efficiency  
Environmental efficiency  
Reduced costs*

**Article history:**

Received 26.07.2014  
Received in revised form  
13.08.2014  
Accepted 20.08.2014

**Corresponding author:**

V. Gavrish

**E-mail:**

npnuht@ukr.net

**ABSTRACT**

The reduction of production cost is an important issue for agricultural producers. This goal can be achieved as well by reducing the energy intensity of manufacturing operations and by improving their environmental component. It is shown that it is possible to achieve the same goal as well by stepless transmissions of mobile energy resources by using the traction electric drive. The present state of development and technical and economic performance of vehicles with hybrid power plant, tractors with electric and electromechanical transmission is analyzed. There is a comparison with traditional techniques and an electric motor drive. The methodical approach for defining the resulted costs is given, taking into account air pollution by exhaust gases. The scope of work is defined, for which the use of the given method by agrarian formations may be appropriate.

---

## ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ

В.І. Гавриш

*Миколаївський національний аграрний університет*

В.С. Ніценко

*Одеський державний аграрний університет*

*Для сільськогосподарських товаровиробників актуальним є зменшення собівартості продукції, що досягається, у тому числі, шляхом зменшення енергоємності технологічних операцій і покращення їх екологічної складової. У статті показано, що досягнути цього можливо і за рахунок безступеневого регулювання трансмісій мобільних енергетичних засобів шляхом використання тягового електричного приводу. Розглянуто сучасний стан розвитку й техніко-економічні показники автомобілів з гібридною енергетичною установкою, тракторів з електричною й електромеханічною трансмісією. Проведено порівняння техніки з традиційним та електричним тяговим приводом. Наведено методичний підхід до визначення приведених витрат з урахуванням забруднення атмосфери відпрацьо-*



ваними газами. Визначено обсяги робіт, за яких їх використання аграрними формуваннями може бути доцільним.

**Ключові слова:** електромеханічна трансмісія, економічна ефективність, екологічна ефективність, приведені витрати

Трактори з традиційною механічною трансмісією мають ряд недоліків, а саме:

- буксування при русі і виконанні технологічних операцій;
- неможливістю плавного регулювання швидкості руху в заданих діапазонах;
- нерівномірний знос циліндропоршневої групи двигуна, внаслідок різних режимів роботи двигуна, що передбачає більш частий ремонт двигуна.

Зважаючи на це, у світі тривають роботи із застосування тягового електроприводу, у тому числі електромеханічних трансмісій, який має низку переваг порівняно з іншими трансмісіями.

Багаторічна експлуатація автомобілів БелАЗ, в яких застосовується така трансмісія, показала свою надійність і ефективність. Це обумовлено роботою двигуна в оптимальних умовах, що продовжує його термін експлуатації і напруження на відмову. Застосуванню електродвигунів у мобільних машинах сприяла надійність, простота в обслуговуванні й екологічність. Це дало поштовх до розвитку нової гілки розвитку автомобілебудування — гібридів, яким притаманні високі динамічні характеристики, низька витрата палива, великий запас ходу. Зважаючи на це, актуальним є економічне й екологічне обґрунтування застосування таких мобільних енергетичних засобів.

Аналіз світових тенденцій розвитку мобільних енергетичних засобів показує, що вдосконалення техніки здійснюється в напрямку енергозбереження, ресурсозбереження й створення машин з екологічно безпечними параметрами. Основним критерієм створення нової вітчизняної сільськогосподарської техніки стає її конкурентоспроможність порівняно із зарубіжними виробниками.

У світі приділяється багато уваги розробці сільськогосподарських машин з електричним приводом [5—9]. Дослідження, проведені в США, показали, що при покупці нової техніки найбільш важливими факторами були такі: надійність, ціна, паливна економічність, можливість виконати ремонт самостійно й екологічні показники. Знаходження надійності на першій сходинці обумовлено специфікою аграрного виробництва [10].

Для забезпечення впровадження сільськогосподарської техніки з високими екологічними й економічними показниками необхідне обґрунтування доцільності використання перспективних видів мобільних енергетичних засобів.

Метою дослідження є аналіз стану мобільних енергетичних засобів, в яких використовується електрична енергія трансмісії, та розробка методики оцінки їх еколого-економічної ефективності.

Схема дизель — генератор — електромотор — редуктор — ведучий міст [1] має найпростіший алгоритм керування. Це пояснюється тим, що генератор — електромотор відповідають безступеневій коробці передач [2, 3]. Подібна схема має мінімальну кількість силової електричної апаратури і тому вона досить проста та дешева.

Розглянемо трактори та вантажні автомобілі, які використовують електричну енергію в трансмісії.

На МТЗ створено трактор з електромеханічною трансмісією МТЗ-3023, який пройшов випробування у 2008 році. Випробування показали, що за рахунок безступеневого регулювання швидкості, продуктивність орного машинно-тракторного агрегату на 2 % більша, а витрата палива на 18 % менша порівняно з серійним трактором Беларус-3022ДВ, який обладнано механічною трансмісією (табл. 1) [4].

*Таблиця 1. Результати порівняльних випробувань*

| <b>Показник</b>                                 | <b>Беларус-3023</b> | <b>Беларус-3022ДВ</b> |
|---|---------------------|-----------------------|
| Вага трактора експлуатаційна, кг                | 12440               | 11385                 |
| Шини:   |                     |                       |
| заднього мосту                                  | 580/70R42           | 580/70R42             |
| переднього мосту                                | 580/70R30           | 580/70R30             |
| Марка плуга                                     | ВВ-100-8            |                       |
| Глибина оранки, см                              | 22,4                | 22,5                  |
| Середня ширина захвату, м                       | 3,47                | 3,47                  |
| Середня робоча швидкість, км/год                | 9,37                | 8,34                  |
| Продуктивність за годину основного часу, га/год | 2,93                | 2,89                  |
| Погодинна витрата палива, кг/год                | 31,7                | 38,2                  |
| Питома витрата палива, кг/га                    | 10,81               | 13,2                  |

Проводяться роботи з підвищення техніко-економічних показників сільсько-господарських тракторів і в Україні. Так, у Харківському національному технічному університеті сільського господарства імені Петра Василенка запропоновано встановлення електромеханічної трансмісії на трактор тягового класу 30 кН. Математичне моделювання роботи трактора ХТЗ-17022 показало, що запропонована трансмісія дозволяє зменшити питому витрату палива (20,4 %) при незначному збільшенні продуктивності (6,7 %) (табл. 2).

*Таблиця 2. Порівняння орного машинно-тракторного агрегату на базі ХТЗ-17022 з механічною й електромеханічною трансмісією*

| <b>Показник</b>                                 | <b>Значення</b>             |                                    |
|---|-----------------------------|------------------------------------|
|   | <b>Механічна трансмісія</b> | <b>Електромеханічна трансмісія</b> |
| Склад машинно-тракторного агрегату              | ХТЗ-17022+ПЛН-5-35          |                                    |
| Вид роботи                                      | Оранка                      |                                    |
| Тип ґрунту                                      | Чорнозем суглинок           |                                    |
| Площа поля, га                                  | 126                         |                                    |
| Довжина гону, м                                 | 1012                        |                                    |
| Робоча швидкість, км/год                        | 2,3                         | 2,4                                |
| Продуктивність за годину основного часу, га/год | 1,78                        | 1,9                                |
| Питома витрата палива, кг/га                    | 22,6                        | 18,0                               |

Тривають роботи зі створення трактора з електромеханічною трансмісією на базі К-9520 з потужністю двигуна 450 к.с. (Росія). За рахунок трансмісії нового

типу очікується зменшення витрати палива на величину від 30 до 50 %, залежно від виду робіт. Сьогодні ціна трактора з електромеханічною трансмісією перевищує ціну його аналога з механічною трансмісією приблизно на 20—30 % [12].

Для потреб аграрного виробництва створюються трактори з електричною трансмісією. Як джерело живлення вони використовують дизель-генератори, акумуляторні батареї та паливні елементи.

Прикладом першого напрямку може слугувати такий трактор, як Rigitrac EWD120. Джерелом електричного струму є генератор потужністю 85 кВт. У кожному колесі трактора встановлено електричний мотор потужністю 33 кВт з електронним керуванням [13].

Прикладом другого напрямку є трактор, створений компанією MOBEL на базі трактора «Беларус-920». Джерелом енергії є літій-іонні батареї ємністю 56 кВт·год. Зазначений трактор приводиться в дію електричним двигуном потужністю 60 кВт. Тривалість роботи після зарядки батареї — 4 години, час зарядки — 30 хвилин [14].

Третій напрям представляє трактор, розроблений на базі New Holland T600. Трактор обладнаний паливними елементами, який характеризуються екологічною чистотою та високим ККД перетворення хімічної енергії палива в електричну енергію [15]. Новинка оснащена двома електричними моторами потужністю 100 кВт: один — для забезпечення руху (75 кВт); другий для приводу валу відбору потужності. Для живлення паливних елементів використовують водень, який зберігається у балоні високого тиску об'ємом 500 л. Безперебійність живлення забезпечує акумуляторна батарея ємністю 12 кВт·год. Розробники стверджують, що енергетична ефективність трактора сягає 96 %. Однак за це доводиться платити, адже ціна трактора перевищує USD350 тис.

Розглянемо досвід використання електричної енергії в трансмісії вантажних автомобілів. Більшість виробників вантажних автомобілів виробляють гібридні моделі. Це такі виробники, як Volvo, Mack Trucks, Peterbilt, Mercedes-Benz, Renault, Mitsubishi. За даними фірми Volvo, можлива економія палива становить 8 %. Більшість виробників зазначеної техніки бачать перспективи при середній швидкості 30 км/год і частих гальмуваннях, що близько до умов роботи в аграрному бізнесі. За таких умов економія палива сягає 40 %. Дані деяких гібридних автомобілів наведено в табл. 3 (за даними рекламних буклетів).

*Таблиця 3. Техніко-економічні характеристики гібридних автомобілів*

| <b>Показник</b>                      | <b>DAF LF45-10 Hybrid</b> | <b>MAN TGL 12.220 Hybrid</b> | <b>Renault Premium Hybrys</b> | <b>Peterbilt Model 335</b> |
|--------------------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Колісна формула                      | 4x2                       | 4x2                          | 6x2                           | 6x4                        |
| Повна вага, т                        | 12                        | 12                           | 26                            | 26                         |
| Потужність двигуна, к.с.             | 160                       | 220                          | 310                           | 300                        |
| Потужність електричного двигуна, кВт | 44                        | 60                           | 70 (макс. 120)                | 44                         |
| Вага гібридного приводу, кг          | 300                       | 200                          | 220                           | 340                        |

| Показник                | DAF LF45-10 Hybrid | MAN TGL 12.220 Hybrid | Renault Premium Hybrys | Peterbilt Model 335 |
|-------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|
| Додаткова вартість, EUR | -                  | 25000                 | -                      | -                   |
| Економія палива, %      | 20                 | 18,1                  | 20                     | 28                  |

Можна констатувати, що створені й експлуатуються гібридні автомобілі з показниками, які прийнятні для сільськогосподарського виробництва. Так, наприклад, зерновоз вітчизняного виробництва КрАЗ-6230С4 за потужністю двигуна (266 кВт) та колісною формулою [11] подібний до Peterbilt Model 335.

Досвід експлуатації гібридних вантажних автомобілів фірмою Coca-Cola засвідчив покращення експлуатаційних показників транспортних засобів (табл. 4). Покращуються й екологічні показники [16].

*Таблиця 4. Витрати на одну милю*

| Тип автомобіля                   | Експлуатаційні витрати, USD/миля | Витрати на паливо, USD/миля | Загальні витрати, USD/миля |
|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Традиційна енергетична установка | 0,29                             | 0,68                        | 0,97                       |
| Гібридна енергетична установка   | 0,14                             | 0,6                         | 0,74                       |
| Різниця, %                       | -51                              | -12                         | -24                        |

При виконанні економічного аналізу ефективності використання мобільних енергетичних засобів електричною, електромеханічною або гібридною трансмісією потрібно враховувати капітальні вкладення, витрати палива й екологічний фактор. Приведені витрати визначаються за формулою:

$$P = P + Z + BG + C \cdot B + E_n \cdot K ,$$

де  $P$  — витрати на поточний та капітальний ремонт;  $Z$  — заробітна плата;  $C$  — ціна палива;  $B$  — витрата палива;  $BG$  — економічний збиток від забруднення атмосфери токсичними компонентами відпрацьованих газів;  $E_n$  — нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;  $K$  — капітальні вкладення.

Забруднення атмосфери призводить до значних соціально-економічних і матеріальних збитків. Економічні збитки від забруднення атмосферного повітря визначається за такою залежністю [17]:

$$BG = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot M ,$$

де  $\gamma$  — нормативна константа для переведення відпрацьованих газів у грошову оцінку, у.о./у.т;  $\sigma$  — показник відносної загрози забруднення атмосфери;  $f$  — поправка, яка враховує характер розсіювання токсичних компонентів в атмосфері;  $M$  — приведення маси відпрацьованих газів до  $CO$  з урахуванням агресивності, т.

Приведена маси річних викидів відпрацьованих газів можна визначити за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n m_i \cdot A_i,$$

де  $m_i$  — маса річних викидів  $i$ -го компоненту відпрацьованих газів;  $A_i$  — коефіцієнт відносної агресивності  $i$ -го компоненту відпрацьованих газів;  $n$  — загальна кількість компонентів відпрацьованих газів.

Ціна компонентів відпрацьованих газів, що забруднюють атмосферу, коливається у широких межах. Показники агресивності та ціни деяких компонентів наведено в табл. 5.

*Таблиця 5. Показники агресивності і ціна компонентів відпрацьованих газів*

| Парникові гази                     | Показник агресивності | Ціна, EUR/т |
|------------------------------------|-----------------------|-------------|
| Вуглекислий газ (CO <sub>2</sub> ) | 1                     | 32          |
| Метан (CH <sub>4</sub> )           | 23                    | 161         |
| N <sub>2</sub> O                   | 296                   | 2072        |

Розрахунки показують, що для економічної доцільності використання мобільних енергетичних засобів у сільськогосподарському виробництві, необхідно завантажувати техніку значними обсягами робіт. Так, додаткові витрати на придбання трактора Беларус-3023 будуть економічно доцільними за річного завантаження не менше 870 га. Вантажні автомобілі з гібридною енергетичною установкою будуть доцільними за річного пробігу не менше 22000 км. Таким чином, техніка, яка використовує електричну енергію в трансмісії може бути доцільною у великих аграрних формуваннях.

### **Висновки**

Застосування тягового електрообладнання в тракторах має багато переваг. Особливо це стосується потужних (понад 250 к.с.), енергонасичених тракторів, де вартість трансмісії в загальній ціні трактора має меншу частку.

У світовій практиці автомобілебудування проводяться роботи зі створенню ефективних гібридних автомобілів. Найбільші автомобільні компанії світу розробляють електромобілі. Застосування електроприводу дозволяє принципово вирішити екологічні й енергетичні проблеми сучасного аграрного виробництва.

У результаті виконаного комплексу досліджень розроблено критерії і параметри оцінки ефективності заходів екологічного спрямування. Застосування тягового електроприводу дозволяє істотно зменшити викиди токсичних компонентів з відпрацьованими газами порівняно з традиційними енергетичними установками мобільних енергетичних засобів.

### **Література**

1. *Beunk H. Stepless changing with diesel-electric power / H. Beunk // Profi International. — 1999. — № 12. — P. 28—30.*

2. *Ксенович И.П.* Механические трансмиссии с бесступенчатым регулированием передаточных чисел между смежными ступенями коробки передач / И.П. Ксенович // Мобильная техника. — 2004. — № 1. — С. 21—29.

3. *Ксенович И.П.* Идеология проектирования электромеханических систем для гибридной мобильной техники / И.П. Ксенович, Д.Б. Изосимов // Тракторы и сельхозмашины. — 2007. — № 2. — С. 12—20.

4. *Флоренцев С.Н.* Серебряная медаль сельскохозяйственной выставки AGRITECHNICA—2009 — трактору с электромеханической трансмиссией переменного тока / С.Н. Флоренцев, Д.Б. Изосимов, Л.Н. Макаров. // Электротехника. — 2010. — № 1 — С. 43 — 49.

5. *Götz M.* Elektrification of a tractor and implement / M. Götz, A.M. Müller, M. Abele // The ZF project ElecTra. Land.Technik AgEng, 2011. — P.15—20.

6. *Prankl H.* Multi-Functional PTO Generator for Mobile Electric Power Supply of Agricultural Machinery / H.Prankl, M.Nadlinger, F.Demmelmayr, M.Schrödl, T.Colle, G.Kalteis, // Land.Technik AgEng, 2011. — P. 7—13.

7. *Mousazadeh H.* Life-cycle assessment of a solar assist plug-in hybrid electric tractor (sapht) in comparison with a conventional tractor / H.Mousazadeh, A.Keyhani, A.Javadi, H.Mobli, K.Abrinia // Energy Conversion and Management. — 2011. — # 52(3). — P. 1700—1710.

8. *Xu P.* Chinese consumers' willingness to pay for green- and eco-labeled seafood / P. Xu, Y. Zeng, Q. Fong, T. Lone, Y. Liu // Food Control. — 2012. — # 28(1). — P. 74—82.

9. *Granovskii M.* Economic and environmental comparison of conventional, hybrid, electric and hydrogen fuel cell vehicles / M.Granovskii, I.Dincer, M.Rosen // Journal of Power Sources. — 2006. — #159(2). — P. 1186—1193.

10. *Flint Justin.* Preliminary Market Analysis for a New Hybrid Electric Farm Tractor / Justin Flint, Daming Zhang, Pei Xu // International Conference on Global Economy, Commerce and Service Science (GECSS 2014). — P. 98—102.

11. *Україне* — новий зерновоз от ПАО «АвтоКрАЗ» // Аграрна техніка та обладнання. — 2012. — №4. — С. 58—59.

12. *Макаренко М.* Удосконалення тракторних трансмісій / М. Макаренко // The Ukrainian Farmer. — 2011. — Лютий. — С. 86—88.

13. *Гольцяпин В.Я.* Новые направления использования электрической энергии на тракторах / В.Я. Гольцяпин // Аграрна техніка та обладнання. — 2012. — №4. — С. 18—19.

14. *Третьак В.* Энергоэффективный трактор / В. Третьак // The Ukrainian Farmer. — 2013. — Лютий. — С. 94—96.

15. *Spiegel Colleen.* Designing and Building Fuel Cells / Colleen Spiegel. — New York: McGraw-Hill, 2007 — 422 p.

16. *Walkowicz K.* Coca-Cola Refreshments Class 8 Diesel Electric Hybrid Tractor Evaluation: 13-Month Final Report / K. Walkowicz, M. Lammert, P. Curran // Technical Report, NREL/TP—5400—53502. — August 2012. — 48 p.

17. *Ерохов В.И.* Оценка экологической безопасности современных транспортных средств / В.И. Ерохов, А.В. Николаенко // Транспорт на альтернативном топливе. — 2009. — №1. — С. 66—70.

## **ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ**

**В.И. Гавриш**

*Николаевский национальный аграрный университет*

**В.С. Ниценко**

*Одесский государственный аграрный университет*

*Для сельскохозяйственных товаропроизводителей актуальным является уменьшение себестоимости, которое достигается, в том числе, путем уменьшения энергоемкости технологических операций и улучшения их экологической составляющей. В статье показано, что достичь этого возможно и за счет бесступенчатого регулирования трансмиссий мобильных энергетических средств путем использования тягового электрического привода. Рассмотрено современное состояние развития и технико-экономические показатели автомобилей с гибридной энергетической установкой, тракторов с электрической и электромеханической трансмиссией. Проведено сравнение техники с традиционным и электрическим тяговым приводом. Разработан методический подход определения приведенных затрат с учетом загрязнения атмосферы отработанными газами. Определены объемы работ, при которых их использование аграрными формированиями может быть целесообразным.*

**Ключевые слова:** *электромеханическая трансмиссия, экономическая эффективность, экологическая эффективность, приведенные затраты.*

## SCIENTIFIC BASIS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

**O. Zakharchenko**

*Odessa State Academy of Civil Construction and Architecture*

---

**Key words:**

*Sustainable development  
Developing countries  
Developed countries*

**Article history:**

Received 15.07.2014  
Received in revised form  
20.07.2014  
Accepted 01.08.2014

**Corresponding author:**

O. Zakharchenko

**E-mail:**

npuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The study is based on the analysis of such notion as “sustainable development”. It was found that the countries in terms of optimal development can be divided into two groups: those which are on this path (USA, Japan, and EU) and those in which such processes are just beginning (Asia, Latin America and Africa). The range of issues and factors that affect the sustainable development, especially in developing countries, is given. The principles of sustainable development are defined. It has been established that the main components of sustainable development are economic, social and environmental ones; they should be considered only in their interrelation. The model of the component connection of sustainable development is demonstrated. The main strategic trends that underpin sustainable development planning are listed.

---

## НАУКОВІ ОСНОВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

**О.В. Захарченко**

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*

*У статті на основі проведеного аналізу наведено визначення поняття «сталого розвитку». З'ясовано, що країни за рівнем оптимального розвитку можна поділити на дві групи: які стали на цей шлях (США, Японія, ЄС) і в яких цей шлях тільки починається (країни Азії, Латинської Америки, Африки). Визначено коло проблем і чинників, які негативно впливають на збалансований розвиток, особливо країн, що розвиваються. Розкрито принципи, на яких ґрунтується концепція сталого розвитку. Встановлено, що серед основних компонент сталого розвитку виділяють економічну, соціальну й екологічну, розгляд яких ґрунтується тільки у взаємозв'язку. Наведено модель взаємозв'язку складових сталого розвитку. Перераховано основні стратегічні тенденції, на яких базується планування стійкого розвитку.*

**Ключові слова:** *сталий розвиток, країни, що розвиваються, розвинені країни.*

Останнім часом увага вчених прикута до питання збалансованого розвитку суспільства усієї земної кулі. Розгляд даної проблеми проводиться на рівні окремих міст, регіонів, країн, їх угруповань, континентів, світу в цілому.

Необхідність досліджень пов'язана також з нерівномірним розподілом ресурсів, населення, якості його життя, впливом на навколишнє природне середовище, можливостями, сподіваннями та загрозами щодо розвитку майбутніх поколінь.



Мета статті полягає у розгляді наукових підходів до сталого розвитку.

Проблемам сталого розвитку в Україні і світі приділяється велика увага з боку науковців. Вагомий внесок у наукові основи сталого розвитку зробили такі зарубіжні науковці: Г. Айрес, К. Боулдінг, Н. Джорджеску-Роген, Л. Кохрсен та ін. Вітчизняні вчені (Л. Масловська, А. Садовенко, В. Серета, Т. Тимочко [9]) розкривають питання сталого розвитку суспільства; В. Шевчук — макроекономічні проблеми сталого розвитку [10]; колектив авторів за редакцією М. Хвесика — наукові основи національної стратегії сталого розвитку [5]; Л. Мельник, Л. Хенса та ін. — соціально-економічний потенціал сталого розвитку [7] тощо. Однак зміни, що відбуваються у світі, потребують додаткових досліджень впливу на збалансований розвиток.

Термін «сталий розвиток» офіційно був прийнятий на Всесвітній конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку, що проходила у Ріо-де-Жанейро в 1992 році. Термін «сталий розвиток» є офіційним українським відповідником англійського терміна «sustainable development», дослівний переклад якого з урахуванням контексту звучить так: «життєздатний розвиток», а за своєю суттю — це «самопідтримуваний розвиток». Інколи цей термін тлумачать як всебічно збалансований розвиток. За визначенням Комісії ООН зі сталого розвитку, мета сталого розвитку — задовольняти потреби сучасного суспільства, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої потреби. Теорія сталого розвитку є альтернативою парадигмі економічного зростання, яка ігнорує екологічну небезпеку від розвитку за екстенсивною моделлю [3, с. 4].

У 2012 р. Організація Об'єднаних Націй організувала Конференцію з питань сталого розвитку, також відому під назвою «Ріо-2012» або «Ріо +20», яка пройшла в Ріо-де-Жанейро (Бразилія). Перша в історії Конференція ООН з навколишнього середовища і розвитку – Саміт Землі – проходила також у Ріо-де-Жанейро в 1992 році. Захід організовано Департаментом ООН з економічних і соціальних питань [11].

Сталий розвиток — це керований розвиток. Основою його керованості є системний підхід і сучасні інформаційні технології, які дозволяють дуже швидко моделювати різні варіанти напрямків розвитку, з високою точністю прогнозувати їх результати та вибрати найбільш оптимальний.

Водночас з'явилися дослідження американського вченого Н. Джорджеску-Рогена, який пов'язує розвиток економіки з природними обмеженнями та робить спроби поєднати термодинаміку з економікою довкілля. Дослідження Н. Джорджеску-Рогена проводились незалежно від К. Боулдинга, який у 1966 р. був визнаний за обґрунтування довкільних проблем принципу рівноваги речовини, а також від Г. Айреса і Л. Кохрсена, які використовували підхід балансу матеріалів та вхідних і вихідних систем [1].

Науковці вважають дану концепцію розвитку людства найбільш перспективною течією серед інших ідеологій, які є фрагментарними і неспроможні забезпечити збалансований розвиток суспільства. Варто відзначити, що досягнення оптимального варіанта розвитку декларують ряд країн, у кожній країні свій шлях розвитку. В одних цей шлях «тільки

починається, в інших вже розпочався, треті вже стали на шлях сталого економічного розвитку (США, Японія, країни Європейського Союзу)» [10].

Однак концепцію не можна вважати панацеєю від усіх проблем, тому що надвисокий рівень доходів, споживання продуктів харчування, умови життя та захисту населення розвинених країнах (США, Японія, ЄС) оберненопропорційні показникам країн Африки, Азії, Латинської Америки.

Проблема полягає ще й у тому, що неможливо підняти рівень споживання бідних країн до рівня споживання заможних і розвинених країн, повторюючи шлях останніх — не вистачить ресурсів Землі. Потрібні нові, нестандартні підходи на основі сучасних технологій, інформаційної революції, ключі від якої знаходяться у технологічно розвинених країнах. Чи готові вони поділитися результатами технологічних новацій з бідними, недостатньо розвиненими країнами? Однозначної відповіді на це запитання, на жаль, немає [9, с. 18—19].

Основними причинами виникнення проблем стійкого розвитку є:

- сировинно-орієнтована спрямованість структур національних економік країн, що розвиваються;
- застосування екстенсивних технологій, що призводить до неефективного використання природних ресурсів;
- використання застарілих технологій виробництва продукції, що не відповідають світовим стандартам споживання сировини та витрачання електроенергії;
- низький рівень використання та переробки вторинних відходів;
- зменшення біорізноманіття на Землі;
- зростання антропогенного навантаження на екосистему країн, що розвиваються;
- інтенсивне забруднення всіх елементів екосистеми;
- зростання населення земної кулі;
- незадовільний стан матеріального забезпечення населення, зниження стандартів якості його життя в країнах, що розвиваються тощо.

До головних чинників, що «створюють серйозну загрозу сталому розвитку народів», разом з економічними й екологічними були віднесені такі глобальні проблеми, як: хронічний голод; недостатнє харчування; іноземна окупація; збройні конфлікти; проблеми, пов'язані з незаконними наркотиками; організована злочинність; корупція; стихійні лиха; незаконний обіг зброї; торгівля людьми; тероризм; нетерпимість і підбурювання до расової, етнічної, релігійної та іншої ненависті; ксенофобія, а також ендемічні, заразні та хронічні хвороби (ВІЛ/СНІД, малярія й туберкульоз) [2, с. 14].

Концепція сталого розвитку ґрунтується на п'яти головних принципах:

1. Людство дійсно може надати розвитку сталого і довготривалого характеру для того, щоб він відповідав потребам людей, які живуть зараз, не втрачаючи при цьому можливості майбутнім поколінням задовольняти свої потреби.

2. Обмеження, які існують в галузі експлуатації природних ресурсів, відносні. Вони пов'язані з сучасним рівнем техніки і соціальної організації, а також із здатністю біосфери до самовідновлення.

3. Необхідно задовольнити елементарні потреби всіх людей і всім надати можливість реалізувати свої надії на гідне життя. Без цього сталий і довготривалий розвиток просто неможливий. Одна з головних причин виникнення екологічних та інших катастроф — злидні, які стали у світі звичайним явищем.

4. Необхідно узгодити рівень життя тих, хто користується надмірними засобами (грошовими і матеріальними), з екологічними можливостями планети, зокрема це стосується використання енергії.

5. Розміри і темпи росту населення повинні бути погоджені з виробничим потенціалом глобальної екосистеми Землі, що змінюється [8].

Збалансований розвиток як концепція ґрунтується на об'єднанні трьох складових: економічної, екологічної, соціальної.

Під економічною складовою розуміється оптимальне використання природних ресурсів і використання екологічних технологій, включаючи видобуток і переробку сировини, створення екологічно прийнятної продукції, мінімізацію, переробку і знищення відходів.

Соціальна складова сталого розвитку орієнтована на людину і спрямована на збереження стабільності соціальних і культурних систем, у тому числі на скорочення числа руйнівних конфліктів між людьми. Важливим аспектом цього підходу є справедливий розподіл благ. Бажаним також є збереження культурного капіталу і різноманіття в глобальних масштабах.

Екологічна складова повинна забезпечувати цілісність біологічних і фізичних природних систем. Особливе значення має життєздатність екосистем, від яких залежить глобальна стабільність усієї біосфери. Основна увага приділяється збереженню здатностей до самовідновлення і динамічної адаптації таких систем до змін, а не збереження їх в «ідеальному» статичному стані. Деградація природних ресурсів, забруднення довкілля і втрата біологічної різноманітності скорочують здатність екологічних систем до самовідновлення [7].

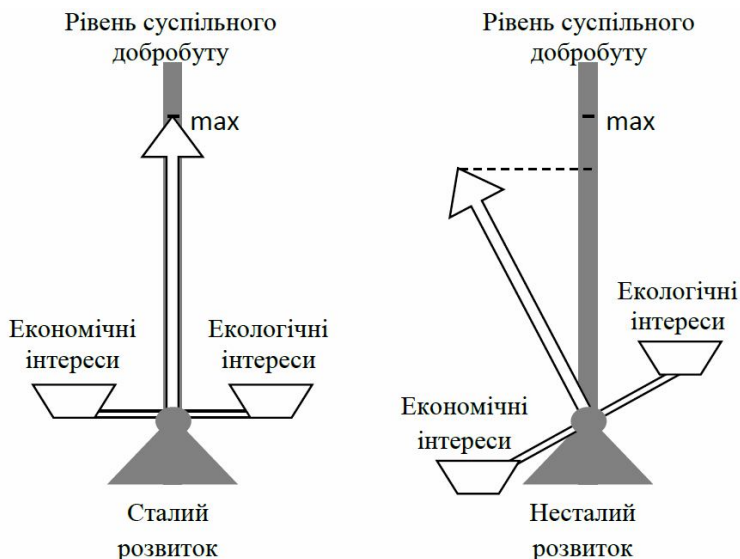
Так, С. Мартиновим при аналізі складових системи сталого розвитку визначена модель взаємозв'язку складових сталого розвитку (рис. 1.), де головними компонентами є економічні й екологічні інтереси. При порушенні рівноваги між вказаними компонентами, стрілочка, що показує рівень суспільного добробуту, відхиляється в бік економічних інтересів [4].

Сталий розвиток може бути виражений в інтегральних показниках, які характеризують: якість соціального розвитку суспільства в межах певної території; якість навколишнього природного середовища; показники еколого-економічної ефективності виробництва і споживання; якість життя населення.

Під якістю життя слід розуміти інтегральну характеристику якості фізичного, психічного і соціального функціонування людини. Її складовими (та характеристиками) є фізична (енергія, сон, відпочинок, втома, біль, дискомфорт), психологічна (емоції, мислення, пам'ять, увага, ставлення до себе), соціальна (особистісні взаємини, суспільна безпека, медичний і соціальний захист, доступ до освіти), екологічна (стан навколишнього природного середовища).

Показники сталого розвитку необхідні для встановлення ступеня відповідності їхніх значень критеріям сталого розвитку і визначаються у процесі

моніторингу реальних змін у соціально-економічній сфері, навколишньому природному середовищі для корегування управлінських рішень щодо забезпечення переходу країни та її регіонів до сталого розвитку [5, с. 14—15].



**Рис. 1. Модель взаємозв'язку складових сталого розвитку Джерело: [4].**

У теперішній час еволюція ідей сталого розвитку призвела до того, що в галузі забезпечення економічних, екологічних і соціальних імперативів сталого розвитку системи світового господарства сучасні науковці виділяють п'ять основних стратегічних тенденцій [6, с. 10—11]:

- людство здатне надати розвитку стійкого і довгострокового характеру так, щоб він відповідав сьгоднішнім потребам людей, не позбавляючи при цьому майбутні покоління можливості задовольняти свої потреби;

- існуючі обмеження в галузі експлуатації природних ресурсів відносні, вони пов'язані з нинішнім рівнем техніки і соціальних організацій, а також здатністю біосфери справлятися з наслідками людської діяльності;

- необхідно задовольнити елементарні потреби всіх людей і надати можливість реалізувати свої надії на більш гідне життя, без чого стійкий і довгостроковий розвиток просто неможливий;

- слід узгодити спосіб життя тих, хто володіє більшими засобами (грошовими і матеріальними), з екологічними можливостями планети, зокрема це стосується споживання енергії;

- розміри і темпи збільшення кількості населення повинні узгоджуватися із змінним продуктивним потенціалом глобальної екосистеми Землі.

### **Висновки**

Парадигма сталого розвитку запропонована провідними зарубіжними і вітчизняними вченими, є вагомим внеском у вдосконалення ланцюга «економіка - суспільство - екологія». Саме людство під впливом інноваційних

досягнень науки і техніки знижує антропогенне навантаження на екосистему, витрачання паливо-мастильних та енергетичних ресурсів, матеріало-, енергомісткість продукції, що виробляється, впроваджує безвідходне виробництво тощо. Однак неможливо змінити тільки одну із компонент сталого розвитку, оскільки зміна однієї з них не може покращити або погіршити становище іншої.

Вченими запропоновано механізми соціально-економічного й еколого-економічного зростання, реалізація яких ускладнюється через значний відрив у розвитку економік розвинених країн і країн, що розвиваються.

З цією метою розробка національних доктрин збалансованого розвитку повинна стати домінуючою при визначенні стратегії світового розвитку, враховувати особливості розташування території, запас природних ресурсів і ступінь їх використання, структуру економіки, задоволення першочергових потреб людей, темпи приросту населення, стан навколишнього природного середовища.

Таким чином, концентрація зусиль науковців повинна фокусуватися на вирішенні проблем соціально-економічного характеру країн, що розвиваються, за активної участі, донорства, трансферту технологій розвинених країн.

### Література

1. *Гринів Л.С.* Екологічно збалансована економіка: проблеми теорії. Монографія / Л.С. Гринів. — Львів: ЛНУ ім. І.Франка, 2001. — 240 с.

2. *Декларація* та план виконання рішень Всесвітньої зустрічі на вищому рівні зі сталого розвитку. 26 серпня — 4 вересня 2002 року. Йоганнесбург, Південна Африка / Видання друге. — К.: ПРООН/МПВСР, 2007.

3. *Коробко Б.* Енергетика та сталий розвиток: Буклет / Б. Коробко. — К.: ВЕГО «Мама-86», 2007. — 44 с.

4. *Мартинов С.В.* Забезпечення сталого розвитку аграрного сектору регіону: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук: спец. 08.07.02 / С.В. Мартинов. — 2005. — 22 с.

5. *Наукові основи національної стратегії сталого розвитку України* / [за наук. ред. акад. НААН України, д.е.н., проф. М.А. Хвесика]; Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України». — К.: ДУ ІСПСР НАН України, 2013. — 40 с.

6. *Національна парадигма сталого розвитку України* / за заг. ред. академіка НАН України, д.т.н., проф., засл. діяча науки і техніки України Б.Є. Патона. — К.: Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України», 2012. — 72 с.

7. *Соціально-економічний потенціал устійливого розвитку: Учебник* / под. ред. проф. Л.Г. Мельника (Україна) и проф. Л. Хенса (Бельгія). — 2-е изд., стер. — Сумы: ИТД «Университетская книга», 2008. — 1120 с.

8. *Сталий розвиток* // Вікіпедія [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://uk.wikipedia.org/wiki/%D1%F2%E0%EB%E8%E9\\_%F0%EE%E7%E2%E8%F2%EE%EA#cite\\_note-korobko-3](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D1%F2%E0%EB%E8%E9_%F0%EE%E7%E2%E8%F2%EE%EA#cite_note-korobko-3).

9. *Сталий розвиток суспільства: навч. посіб.* / А. Садовенко, Л. Масловська, В. Серета, Т. Тимочко. — 2 вид. — К.; 2011. — 392 с.

10. Шевчук В.Я. Макроекономічні проблеми сталого розвитку / В.Я. Шевчук. — К.: Гео-принт, 2006. — 200 с.

11. *Implementation of Agenda 21, the Programme for the Further Implementation of Agenda 21 and the outcomes of the World Summit on Sustainable Development: A/RES/64/236: 64/236* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.un-documents.net/ares64-236.pdf>.

## **НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**А.В. Захарченко**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

*В статье на основе проведенного анализа приведено определение дефиниции «устойчивого развития». Выяснено, что страны по уровню оптимального развития можно разделить на две группы: которые стали на этот путь (США, Япония, ЕС) и в которых этот путь только начинается (страны Азии, Латинской Америки, Африки). Приведен круг проблем и факторов, негативно влияющих на сбалансированное развитие, особенно развивающихся стран. Раскрыты принципы, на которых основывается концепция устойчивого развития. Установлено, что среди основных компонент устойчивого развития выделяют: экономическую, социальную и экологическую; рассмотрение которых основывается только во взаимосвязи. Представлена модель взаимосвязи составляющих устойчивого развития. Перечислены основные стратегические тенденции на которых базируется планирования устойчивого развития.*

**Ключевые слова:** *устойчивое развитие, развивающиеся страны, развитые страны.*

УДК 681.52

## **EMPLOYMENT OPPORTUNITIES AS ONE OF THE PROGRESSIVE TRENDS FOR PROVIDING THE EXISTENCE OF DECENT WORK PLACES IN UKRAINE**

N. Ilyenko

*Research Institute of labour and employment Ministry of social policy and the NAS of Ukraine*

---

**Key words:**

*Decent work  
Employment  
Unemployment  
Employment in the  
informal sector of  
economy*

---

**Article history:**

Received 19.07.2014  
Received in revised form  
29.07.2014  
Accepted 09.08.2014

---

**Corresponding author:**

N. Ilyenko  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article describes the main problems of employment opportunities, which will help to overcome the difficulties on the way to decent work. The analysis of normative framework is conducted to ensure employment opportunities in accordance with international standards. The status and dynamics of socio-economic indicators of employment opportunities in Ukraine are investigated, according to ILO. Positive and negative trends in this field are traced for 2002—2012 years. A general tendency of employment level growing and reduction of the overall level of unemployment in the country is shown.

## **МОЖЛИВОСТІ ЗАЙНЯТОСТІ — ОДИН ІЗ ПРОГРЕСИВНИХ НАПРЯМІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГІДНОЇ ПРАЦІ В УКРАЇНІ**

Н.О. Ільєнко

*НДІ праці і зайнятості населення Мінсоцполітики і НАН України*

*У статті розглянуто основні проблеми можливостей зайнятості, подолання яких є ключовим на шляху до гідної праці. Здійснено аналіз нормативно-правової бази щодо забезпечення можливостей зайнятості в Україні згідно з останніми змінами у законодавстві та з міжнародними нормами. Досліджено стан і динаміку соціально-економічних показників щодо можливостей зайнятості в Україні за методологією МОП. Простежено позитивні та негативні тенденції у цій сфері впродовж 2002—2012 років. Виявлено загальну тенденцію до збільшення зайнятості та зниження загального рівня безробіття в країні.*

**Ключові слова:** *гідна праця, зайнятість, безробіття, зайнятість у неформальному секторі економіки.*

З 2006 р. Міжнародна організація праці (МОП) співпрацює з Україною в напрямку реалізації Концепції гідної праці, яка розроблена її експертами. У червні 2012 р. у Женеві був підписаний «Меморандум про взаєморозуміння між Міністерством соціальної політики України, Всеукраїнськими об'єднаннями профспілок та Всеукраїнськими об'єднаннями організацій роботодавців та Міжнародною організацією праці щодо Програми гідної праці на 2012—2015 роки».

Така співпраця з державними органами (зокрема, Мінсоцполітики та Держстат України), організаціями працівників і роботодавців, науководослідними інститутами має на меті посилення здатності країн, що розвиваються, та країн з перехідною економікою до самостійного контролю й оцінки процесів на шляху до гідної праці.

Метою роботи є виявлення проблем і сучасних викликів та їх оцінювання щодо можливостей зайнятості на шляху до гідної праці.

Конвенція МОП № 122 про політику в галузі зайнятості 1964 р. Ратифікована Україною у 1968 році. Питання зайнятості населення займають провідне місце у соціальній політиці держави та регулюються такими нормативно-правовими актами: Законом України «Про зайнятість населення» (у редакції від 05.07.2012 № 5067—VI), Законом України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття» (02.03.2000 № 1533—III), Указом Президента України «Про вдосконалення державного регулювання у сфері зайнятості населення та ринку праці в Україні» (11.07.2005 № 1073).

Для забезпечення регулювання ринку праці та соціального захисту громадян на випадок безробіття в 2012 р. Верховною Радою України прийняті закони України: «Про професійний розвиток працівників», «Про стимулювання інвестиційної діяльності в пріоритетних галузях економіки з метою створення нових робочих місць».

Для забезпечення збалансування ринку праці та ринку освітніх послуг Верховною Радою України у 2012 р. прийнято Закон України «Про формування та розміщення державного замовлення на підготовку фахівців, наукових, науково-педагогічних і робітничих кадрів, підвищення кваліфікації та перепідготовку кадрів».

Постановою Кабінету Міністрів України від 15.10.2012 № 1008 затверджена Програма сприяння зайнятості населення та стимулювання створення нових робочих місць на період до 2017 року.

Щорічно затверджуються програми державної політики зайнятості та заходи щодо їх виконання. Урядом схвалена Концепція державної міграційної політики, прийняті постанови Кабінету Міністрів України: від 13.03.2013 № 153 «Про затвердження Порядку компенсації роботодавцям частини фактичних витрат, пов'язаних із сплатою єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування», від 20.03.2013 р. № 175 «Про затвердження Порядку організації громадських та інших робіт тимчасового характеру», від 20.03.2013 № 198 «Про затвердження Порядку реєстрації безробітних та ведення обліку осіб, які шукають роботу», від 20.03.2013 № 207 «Про затвердження Порядку видачі ваучерів для підтримання конкурентоспроможності осіб на ринку праці»,



від 15.04.2013 № 270 «Про затвердження Порядку формування та використання резерву коштів Фонду загальнообов'язкового державного соціального страхування на випадок безробіття», від 27.05.2013 № 437 «Про затвердження Порядку видачі, продовження дії та анулювання дозволу на застосування праці іноземців та осіб без громадянства».

Загальною тенденцією рівня зайнятості населення віком 15—70 років є її зростаючий характер. За період з 2002 р. до 2012 р. рівень зайнятості збільшився на 3,7 в.п., досягнувши 59,7 %, зростання відбувалося до 2008 р. (59,3 %). Винятком стали 2009—2010 рр., коли рівні зайнятості населення знизилися до 57,7 % та 58,5 %. Така ж тенденція характерна окремо для чоловіків і для жінок. Зростання рівня зайнятості чоловіків у 2009—2010 рр. змінюється спадом на 3,1 та 2,1 в.п. (з 65,2 % до 62,1 % та 63,1 %). Жінок це стосувалося в меншій мірі, зниження рівня зайнятості відбулося лише у 2009 р. на 0,1 в.п. (з 54,0 % до 53,9 %), у 2010р. продовжувалося зростання рівня зайнятості жінок.

Зростаючою, але меншими темпами, є тенденція рівня зайнятості населення віком 15—64 роки. За період обстеження — з 2002 р. до 2012 р. — рівень зайнятості цієї категорії населення зріс на 3,3 в.п., досягнувши 62,4 %. У 2008 р. його значення було максимальним — 63,4 %, а в 2009 р. через спад виробництва він становив 61,0 %. Слід зауважити, що і у чоловіків, і в жінок спостерігаються схожі тенденції.

Для категорій віком 15—70 років і 15—64 роки більш стабільний рівень зайнятості відзначається у жінок, для чоловіків річні коливання є суттєвішими. Зростання рівня зайнятості населення з 2010 р. для обох вікових категорій відображає покращення ситуації в цьому напрямку.

Чисельність економічно активного населення у віці 15—70 років за період з 2002 р. до 2012 р. має тенденцію до зниження, при чому в обох статевих групах. У зазначений період вона зменшилась на 503,1 тис. осіб або на 2,4 %. Тенденцію зниження економічно активного населення можна пояснити від'ємним сальдо чисельності населення країни. Крім того, трудова міграція громадян на заробітки в інші регіони України та за кордон, особливо із західних областей, має тривалий характер.

Рівень безробіття населення у віці 15—70 років за 2002—2012 рр. знизився з 9,6 % до 7,5 %. Найнижчим його значення було у 2007 та 2008 роках (6,4 %). В 2009 р. рівень безробіття під впливом фінансової кризи зріс до 8,8 %, а починаючи з 2010 р. знову відбувається його стале зниження: у 2010 р. до 8,1 %, у 2011 р. до 7,9 %, у 2012 р. до 7,5 %. У чоловіків і жінок цієї вікової категорії тенденції схожі. У 2012 р. рівень безробіття був нижчим за відповідний показник по країнах ЄС (9,7 %). Так, за відповідний період він склав: в Угорщині — 10,9 %, в Ірландії — 14,4 %, в Словаччині — 13,5 %, в Естонії — 12,5 %, в Іспанії — 21,7 %.

Рівень безробіття серед населення віком 15—64 роки (за діапазоном, визначеним МОП) за характером змін подібний до рівня безробіття серед населення віком 15—70 років. Зниження його за період з 2002 р. до 2012 р. склало 2,2 в.п. — з 9,8 % до 7,7 %. Рівні безробіття статевих груп серед населення віком 15—70 років і серед населення віком 15—64 роки є практично однаковими.

Молодь залишається тією категорією, яку криза робочих місць вразила найбільше. В Україні рівень зайнятості серед осіб віком 15—24 роки складає третину від чисельності населення. Найвищого значення він досяг у 2008 р. — 37,3 %, надалі він зменшився і у 2010 р. становив 33,5 %, у 2011 р. — 33,9 %, у 2012 р. — 33,7. При цьому частка молоді, що не навчалася і не працювала, зменшилася несуттєво: з 18,2% у 2002 р. до 17,3% у 2012 р. У 2002 р. перевищення рівня безробіття серед молоді відносно зазначених вище категорій населення склало 1,9 раз, у 2012 р. — 2,2 раз.

*Таблиця 1. Можливості щодо зайнятості*

|  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|  | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
| Рівень зайнятості населення віком 15—70 років, % <sup>1</sup>                              | 56,0 | 56,2 | 56,7 | 57,7 | 57,9 | 58,7 | 59,3 | 57,7 | 58,5 | 59,2 | 59,7 |
| чоловіки   | 60,1 | 60,3 | 60,9 | 62,8 | 63,5 | 64,3 | 65,2 | 62,1 | 63,1 | 64,4 | 65,2 |
| жінки  | 52,2 | 52,6 | 52,9 | 53,1 | 53,0 | 53,7 | 54,0 | 53,9 | 54,4 | 54,5 | 54,8 |
| Рівень зайнятості населення віком 15—64 роки, % <sup>1</sup>                               | 59,1 | 59,7 | 60,4 | 61,5 | 62,1 | 62,9 | 63,4 | 61,0 | 61,5 | 61,9 | 62,4 |
| чоловіки   | 62,9 | 63,2 | 64,1 | 66,1 | 67,1 | 67,9 | 68,6 | 64,8 | 65,6 | 66,7 | 67,5 |
| жінки  | 55,7 | 56,5 | 56,9 | 57,3 | 57,5 | 58,3 | 58,5 | 57,6 | 57,8 | 57,5 | 57,8 |
| Рівень безробіття серед населення віком 15—70 років, % <sup>1</sup>                        | 9,6  | 9,1  | 8,6  | 7,2  | 6,8  | 6,4  | 6,4  | 8,8  | 8,1  | 7,9  | 7,5  |
| чоловіки   | 9,8  | 9,4  | 8,9  | 7,5  | 7,0  | 6,7  | 6,6  | 10,3 | 9,3  | 8,8  | 8,5  |
| жінки  | 9,5  | 8,7  | 8,3  | 6,8  | 6,6  | 6,0  | 6,1  | 7,3  | 6,8  | 6,8  | 6,4  |
| Рівень безробіття серед населення віком 15—64 роки, % <sup>1</sup>                         | 9,8  | 9,2  | 8,8  | 7,4  | 7,0  | 6,5  | 6,5  | 9,1  | 8,3  | 8,0  | 7,7  |
| чоловіки   | 10,0 | 9,6  | 9,0  | 7,7  | 7,2  | 6,8  | 6,8  | 10,5 | 9,5  | 8,9  | 8,6  |
| жінки  | 9,6  | 8,9  | 8,5  | 7,0  | 6,8  | 6,2  | 6,3  | 7,5  | 7,0  | 7,0  | 6,6  |
| Молодь, що не навчається і не працює, віком 15—24 роки, % <sup>1</sup>                     | 18,2 | 16,6 | 18,0 | 17,1 | 16,2 | 15,8 | 16,0 | 18,7 | 17,4 | 17,9 | 17,3 |
| чоловіки   | 16,0 | 13,8 | 16,3 | 14,3 | 12,8 | 12,9 | 12,5 | 16,8 | 17,8 | 18,6 | 18,1 |
| жінки  | 20,5 | 19,4 | 19,8 | 20,1 | 19,6 | 18,8 | 19,7 | 20,8 | 16,7 | 18,7 | 16,1 |
| Зайнятість у неформальному секторі економіки (за національним визначенням), % <sup>1</sup> | 17,3 | 17,2 | 19,4 | 21,5 | 22,3 | 22,3 | 21,8 | 22,1 | 22,9 | 23,1 | 22,9 |

|   | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| чоловіки  | 16,9  | 16,9  | 20,2  | 21,2  | 22,2  | 22,3  | 22,2 | 23,1 | 24,1 | 24,1 | 24,0 |
| жінки   | 17,8  | 17,4  | 18,6  | 21,7  | 22,4  | 22,3  | 21,3 | 21,1 | 21,7 | 22,2 | 21,6 |
| Питома вага найманих працівників серед зайнятих поза сільськогосподарським сектором, % <sup>1</sup> | 89,5  | 91,3  | 92,0  | 93,1  | 93,8  | 94,7  | 95,3 | 95,6 | 96,1 | 96,5 | 96,3 |
| Співвідношення чисельності незайнятих громадян і кількості вакансій, особи <sup>2</sup>             | 9     | 7     | 6     | 5     | 5     | 4     | 10   | 8    | 9    | 8    | 11   |
| Частка безробітних за освітою, % <sup>2</sup> :<br>повна вища                                       |       |       |       |       | 9,7   | 10,3  | 11,3 | 14,4 | 16,4 | 17,3 | 18,6 |
| базова та неповна вища  |       |       |       |       | 17,9  | 17,6  | 17,6 | 19,0 | 19,4 | 19,4 | 19,7 |
| професійно-технічна   |       |       |       |       | 30,9  | 32,4  | 32,5 | 33,6 | 33,5 | 33,9 | 33,8 |
| повна загальна середня  |       |       |       |       | 36,4  | 35,4  | 34,4 | 28,9 | 27,0 | 25,6 | 24,1 |
| базова загальна середня   |       |       |       |       | 4,9   | 4,2   | 4,1  | 4,0  | 3,6  | 3,7  | 3,7  |
| початкова   |       |       |       |       | 0,2   | 0,1   | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,1  |
| Вакансії на кінець року, тис. робочих місць <sup>2</sup>  | 123,9 | 138,8 | 166,5 | 186,6 | 170,5 | 169,7 | 91,1 | 65,8 | 63,9 | 59,3 | 48,6 |

*Джерело:* <sup>1</sup> вибіркове обстеження населення (домогосподарств) щодо економічної активності населення в Україні за даними Держстату; <sup>2</sup> дані Державної служби зайнятості

Такий низький рівень зайнятості серед молоді порівняно із зайнятістю всього населення пояснюється тим, що молодь у такому віці не має стійких конкурентних переваг на ринку праці. Для вирішення цієї проблеми уряд спрямовує дії на стимулювання створення робочих місць для випускників вищих та професійних навчальних закладів і на підвищення рівня конкурентоспроможності таких випускників, шляхом забезпечення взаємозв'язку ринку праці й професійної освіти. Роботодавець побоюється, що молодим людям потрібно надавати додаткові пільги (з охорони праці, навчальна відпустка), вони можуть звільнитися у зв'язку із службою в армії, молоді жінки можуть брати відпустки по вагітності та пологах, лікарняні з тимчасової непрацездатності через хворобу дитини.

**Зобов'язання уряду щодо повної зайнятості**

Конституція України, КЗпП (від 10.12.1971 №322—VIII), Господарський кодекс України (від 16.01.2003 № 436—IV), Цивільний кодекс України (від 16.01.2003 № 435—IV), Закон України «Про зайнятість населення» (від 05.07.2012 № 5067—VI),

Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття» (від 02.03.2000 №1533—III) та інші акти законодавства регулюють питання та цілі державної політики в сфері зайнятості населення. За КЗпП (ст.2) право громадян на працю, включаючи право на вільний вибір професії, роду занять і роботи, забезпечується державою. Держава створює умови для ефективної зайнятості населення, сприяє працевлаштуванню, підготовці і підвищенню трудової кваліфікації, а при необхідності забезпечує перепідготовку осіб, вивільнюваних у результаті переходу на ринкову економіку. Постановою Кабінету Міністрів України від 15.10.2012 № 1008 затверджено Програму сприяння зайнятості населення та стимулювання створення нових робочих місць на період до 2017 року.

Забезпечення державою прав зайнятості інвалідів регулюється КЗпП, Законом України «Про основи соціальної захищеності інвалідів в Україні» (від 21.03.91 № 785—XII) та іншими законодавчими актами. Застосування праці інвалідів гарантується, зокрема, покладанням на роботодавців (ст.172 КЗпП) організацію навчання, перекваліфікації та працевлаштування інвалідів відповідно до медичних рекомендацій, встановлення на їх прохання неповного робочого дня (тижня) чи пільгових умов праці. Підприємства, установи і організації створюють спеціальні робочі місця для працевлаштування інвалідів, адаптуючи їх з урахуванням обмежених можливостей інваліда. Одним із основних завдань Фонду соціального захисту інвалідів є реалізація в межах своєї компетенції заходів щодо забезпечення зайнятості та працевлаштування інвалідів.

**Джерело:** національне законодавство

Згідно з чинним законодавством у рамках державного замовлення випускникам навчальних закладів надається перше робоче місце на підготовку кваліфікованих робітників і спеціалістів, бронюються робочі місця, але на практиці ці норми не завжди виконуються.

В Україні частка найманих працівників у загальній кількості населення зайнятого економічною діяльністю зменшилася з 88,0 % у 2002 р. до 81,2 % у 2012 р. або на 6,8 в. п.

Для зайнятого населення, що відноситься до категорії самозайнятих, за період обстеження характерною ознакою є його стала тенденція до незначного збільшення (в межах 0,3—0,4 в. п.). У чоловіків і в жінок тенденція змін має такий же характер. У загальній структурі зайнятих спостерігалось зменшення питомої ваги найманих працівників і збільшення частки працюючих у секторі самостійної зайнятості.

Частка працівників, зайнятих у неформальному секторі економіки, зросла з 17,3 % у 2002 р. до 22,9 % у 2012 р., що свідчить про наявність деформації соціально-трудових відносин, зловживань з боку роботодавців при оформленні на роботу найманих працівників і порушення ними КЗпП. Щодо зайнятості у неформальному секторі економіки чоловіків і жінок, то серед них зберігається загальна тенденція. Особливо характерною ця форма зайнятості є для сільських жителів. У сільському господарстві частка неформально зайнятого населення склала 64,8 % зайнятих у цьому секторі економіки. Основними працюючими у неформальному секторі економіки є особи працездатного віку, частка яких у

2012 р. склала 82,5 % загальної кількості зайнятого населення. Найвищий рівень участі населення у неформальному секторі економіки спостерігався серед осіб віком від 15 до 24 років та у віці 60—70 років.

З 2002 р. по 2012 р. кількість вакансій, що обліковувалися в ДСЗ, зменшилась у 2,5 раза, відбулися суттєві зміни у структурі вакансій за видами економічної діяльності. Питома вага вакансій на підприємствах добувної промисловості скоротилася з 8,7 % до 2,8 %, переробної промисловості — з 29,1 % до 21,7 %. Проте одночасно відбулося зростання питомої ваги потреби у торгівлі та ремонті (з 7,8 % до 10,7 %), у сфері державного управління (з 7,0 % до 15,7 %) та у сфері охорони здоров'я та соціальної допомоги (з 6,0 % до 9,7 %). Станом на кінець 2012р. за розділами класифікації професій найбільше вакансій пропонується — для кваліфікованих робітників з інструментом (19,9 %) та для професіоналів (16,7 %).

З 2001 р. до 2012 р. також відбулися суттєві зміни у структурі вакансій за розділами класифікації професій. Зокрема, питома вага вакансій для кваліфікованих працівників з інструментом скоротилася з 39,0 % до 19,9 %, для робітників з обслуговування, експлуатації та контролю за роботою технологічного устаткування й машин — з 23,0 % до 13,8 %. Одночасно відбулося зростання питомої ваги вакансій для законодавців, вищих державних службовців, керівників, менеджерів (з 4,8 % до 8,9 %), для професіоналів (з 9,5 % до 16,7 %), для фахівців (з 9,3 % до 12,2 %), для працівників торгівлі (з 5,0 % до 10,4 %), для представників найпростіших професій (з 6,9 % до 14,1 %).

Регіональні диспропорції посилюються у розрізі окремих видів економічної діяльності: понад 75 % вакансій по підприємствах добувної промисловості зосереджено у Дніпропетровській, Донецькій і Луганській областях; кожна четверта вакансія переробної промисловості сконцентрована у Дніпропетровській області, 10,4 % — у м. Києві; чверть вакансій у будівництві зосереджена у м. Києві; кожна четверта вакансія по підприємствах торгівлі та ремонту сконцентрована у м. Києві; більше половини вакансій транспорту та зв'язку — у Харківській, Полтавській, Дніпропетровській областях та м. Києві; майже 60 % вакансій у фінансовій діяльності пропонується у м. Києві; більше 40 % вакансій сфери охорони здоров'я та соціальної допомоги зосереджені у АР Крим, Дніпропетровській області та м. Києві.

Державною службою зайнятості (ДСЗ) фіксується значна кількість вакансій із заробітною платою на рівні МЗП. У середньому по Україні їх питома вага становила 26 %, а у двох третинах регіонів ситуація була ще більш складною. Зокрема, у Чернівецькій, Кіровоградській, Тернопільській, Рівненській, Чернігівській та Житомирській областях частка таких вакансій становила 40 % — 50 %. В той же час, у м. Києві, Донецькій, Луганській та Одеській областях питома вага вакансій із заробітною платою вищою за МЗП, склала понад 85 %. Ситуація щодо рівня оплати праці, що пропонується у вакансіях, є віддзеркаленням загальної ситуації із заробітною платою працівників та її значною диференціацією серед регіонів. Це стримує працевлаштування громадян.

Упродовж 2001—2012 рр. відбулися суттєві зміни у структурі причин незайнятості. Так, питома вага осіб, вивільнених у зв'язку зі змінами в органі-

зації виробництва та військовослужбовців, звільнених із скороченням чисельності або штату без права на пенсію, скоротилася з 13,7 % до 4,5 %, частка осіб, звільнених за власним бажанням, скоротилася з 27,3 % до 14,2 %. Одночасно відбулося зростання питомої ваги осіб, звільнених за угодою сторін або закінченням строку договору, — з 27,9 % до 55,6 %.

### **Страховання на випадок безробіття**

Соціальне страхування на випадок безробіття регулюється Законом України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття» (від 02.03.2000 № 1533—III), Законом України «Про зайнятість населення» (від 05.07.2012 № 5067—VI) та Законом України «Про збір та облік єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування» (від 08.07.2010 № 2464—VI). Державний нагляд у сфері страхування на випадок безробіття здійснює центральний орган виконавчої влади у сфері соціальної політики.

Розмір допомоги по безробіттю залежить від страхового стажу: за умови, коли страховий стаж становить не менше шести місяців протягом 12 місяців, що передували реєстрації особи як безробітної, та нараховується в певних відсотках до середньої заробітної плати (доходу), а коли страховий стаж менше шести місяців — у мінімальному розмірі. В разі, коли стаж роботи складає до 2-х років, допомога виплачується в розмірі 50 %; від 2-х до 6-ти років — 55 %; від 6-ти до 10-ти років — 60 %; понад 10-ть років — 70 %. Допомога по безробіттю виплачується залежно від тривалості безробіття у відсотках до визначеного розміру: перші 90 календарних днів — 100 %, наступні 90—80 %; у подальшому — 70 %. Загальна тривалість виплати не може перевищувати 360 календарних днів протягом двох років, а для молоді, яка закінчила або припинила навчання у загальноосвітніх, професійно-технічних і вищих навчальних закладах, звільнилась із строкової або альтернативної (невійськової) служби, яка потребує сприяння у працевлаштуванні на перше робоче місце — 180 календарних днів. Для осіб передпенсійного віку (за 2 роки до настання права на пенсію) тривалість виплати допомоги по безробіттю не може перевищувати 720 календарних днів. Допомога по безробіттю особам у разі настання перерви страхового стажу з поважних причин виплачується у мінімальному розмірі, який встановлюється правлінням ФССБ виходячи з його реальних можливостей.

Для організації підприємницької діяльності безробітним виплачується одноразова допомога по безробіттю у розмірі допомоги по безробіттю, розрахованої у розрахунку на рік. Допомога на поховання у разі смерті безробітного або особи, яка перебувала на його утриманні, виплачується особам, які здійснювали поховання, у розмірі прожиткового мінімуму.

Допомога по безробіттю виплачується з 8-го дня після реєстрації застрахованої особи в установленому порядку в ДСЗ; особам, що звільнилися з останнього місця роботи за власним бажанням без поважних причин виплата починається з 91-го календарного дня. Максимальний розмір допомоги по безробіттю не може перевищувати чотирикратного розміру прожиткового мінімуму для працездатних осіб, встановленого законом.

Право на допомогу по безробіттю та соціальні послуги мають застраховані особи, визнані у встановленому порядку безробітними. Право на забезпечення та соціальні послуги має також молодь, яка закінчила або припинила навчання у загальноосвітніх, професійно-технічних і вищих навчальних закладах, звільнилася із строкової військової або альтернативної (невійськової) служби і яка потребує сприяння у працевлаштуванні на перше робоче місце, у разі реєстрації в установленому порядку відповідних осіб як безробітних.

Члени особистого селянського та фермерського господарства, якщо вони не є найманими працівниками, громадяни України, які працюють за межами України та не застраховані в системі соціального страхування на випадок безробіття країни, в якій вони перебувають, мають право на забезпечення за умови сплати страхових внесків, якщо інше не передбачено міжнародним договором України, згода на обов'язковість якого надана Верховною Радою України.

Працюючі пенсіонери у разі звернення до ДСЗ за сприянням у працевлаштуванні мають право на соціальні послуги щодо пошуку підходящої роботи, перенавчання та підвищення кваліфікації, а також на інформаційні та консультаційні послуги, пов'язані з працевлаштуванням.

**Джерело:** національне законодавство

Серед незайнятих громадян, які перебували на обліку у 2012 р., понад чверть шукачів роботи мала обмежені можливості щодо працевлаштування внаслідок наявності лише середньої освіти. Крім того, у більшості безробітних, що мають професійну освіту, відсутні необхідні уміння, навички, а також досвід роботи. Порівняно з попередніми роками збільшилась питома вага безробітних осіб з повною вищою освітою (з 9,7 % у 2006 р. до 18,6 % у 2012 р.), з базовою та неповною вищою освітою (відповідно з 17,9 % до 19,7 %), з професійно-технічною (відповідно з 30,9 % до 33,8 %) та зменшилась питома вага осіб з повною й базовою загальною середньою освітою (відповідно з 41,3 % до 27,8 %). Це свідчить про розбалансованість ринку праці й освітніх послуг, унаслідок чого виникли перекоси в кількісно-якісній структурі ринку праці та невідповідність рівня кваліфікації.

Збільшення обсягів і підвищення якості послуг ДСЗ впливають на скорочення середньої тривалості зареєстрованого безробіття, яка у 2012 році становила 6 місяців проти 12 місяців у 2001 році. Станом на кінець 2012 р. на 1 вакансію в середньому по Україні претендувало 11 осіб, що шукали роботу (2011 р. — 8 осіб, 2010 р. — 9 осіб, 2009 р. — 8 осіб, 2008 р. — 10 осіб, 2007 р. — 4 особи). У більшості видів економічної діяльності ситуація залишається гіршою, ніж у докризовому періоді. На одну вакансію у сільському госпо-дарстві претендує 52 особи, у рибальстві та рибництві — 51 особа, у фінансовій діяльності — 23 особи.

Законом України «Про основи соціальної захищеності інвалідів в Україні» для роботодавців, які використовують найману працю, установлюється норматив робочих місць для працевлаштування інвалідів у розмірі 4 % середньо-облікової чисельності штатних працівників облікового складу за рік, а якщо працює від 8 до 25 осіб, — у кількості одного робочого місця. Підбір робочого місця (в тому числі шляхом розумного пристосування існуючого або створення

нового робочого місця) здійснюється переважно підприємством, установою, організацією, фізичною особою, яка використовує найману працю, де настала інвалідність, з урахуванням наявних в інваліда професійних навичок і знань, а також індивідуальної програми реабілітації. Верховна Рада України ухвалила Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо зайнятості інвалідів», яким збільшені штрафні санкції для роботодавців, що використовують найману працю, за невиконання норм чинного законодавства.

ДСЗ відповідно до законів України «Про зайнятість населення» та «Про основи соціальної захищеності інвалідів в Україні» сприяє трудовій реабілітації та працевлаштуванню громадян з особливими потребами з урахуванням рекомендацій МСЕК на вільні та новостворені або пристосовані для них робочі місця, заявлені підприємствами. З цією метою постійно ведеться облік осіб з інвалідністю, які звертаються за сприянням у працевлаштуванні, та облік робочих місць, на які, за інформацією підприємства, можуть бути працевлаштовані громадяни цієї категорії.

ДСЗ, використовуючи сучасні інформаційні технології, реалізує нові інструменти для прискорення працевлаштування інвалідів. На Інтернет-медіа-порталі ДСЗ «Труд» ([www.trud.gov.ua](http://www.trud.gov.ua)) розміщується загальнодержавна база вакансій і резюме шукачів роботи, запроваджені спеціальні позначення резюме осіб, які мають інвалідність. Такий підхід значно розширить можливості укомплектування вакансій, призначених для осіб з інвалідністю, адже роботодавець зможе самостійно проаналізувати резюме таких осіб, а за бажанням навіть зателефонувати та запросити на співбесіду.

Для допомоги інвалідам в Україні створено досить розвинену систему реабілітаційних установ, розроблена та реалізується низка соціальних програм і заходів. Так, Всеукраїнський центр професійної реабілітації інвалідів у с. Лютіж (Київська обл.), який був створений у 2001 р. в межах Національної програми професійної реабілітації та зайнятості інвалідів України, за консультативної й матеріальної підтримки МОП, здійснює професійну реабілітацію за 15 робітничими професіями в спеціально обладнаних класах і майстернях. На сьогодні випускниками Центру є майже 2700 інвалідів з усіх регіонів України.

Усього в Україні працює 12 центрів професійної реабілітації інвалідів, навчання здійснюється за 58 професіями. Вони розраховані на дітей-інвалідів віком від 16 років та інвалідів, які не досягли пенсійного віку. На початок 2013 р. чисельність працюючих інвалідів склала 717,317 тис. осіб (26 % усіх інвалідів). Це на 5,8 % працюючих інвалідів більше, ніж на початок 2012 року

## **Висновки**

Проведений аналіз показників зайнятості свідчить про її загальну тенденцію до збільшення за останні роки, рівень безробіття населення відносно найбільш провального кризового року (2009 р.) поступово знижується, крім рівня безробіття молоді. Рівень зайнятості населення віком 15—70 років щорічно зростає (крім 2009 р.). У 2012 р. порівняно з 2002 р. він збільшився на 3,7 в. п. та становив 59,7 %. Частка молоді, що не навчається і не працює віком 15-24 роки, залишається високою, має тенденцію до



збільшення — 17,3 % у 2012 р. Порівняно з 15,8 % докризового 2007 р., що гальмує накопичення національного людського капіталу.

Можливості щодо зайнятості поступово скорочуються через скорочення вакансій і збільшення на них навантаження. Це надає можливість роботодавцям пропонувати шукачам роботи оплату праці на рівні МЗП, що призводить до бідності працюючого населення та поглиблення розшарування населення за доходами. Наявність значного про шарку тіньової зайнятості обумовлена неконтрольованістю багатьох процесів соціально-трудової сфери, зниженням рівня соціальної захищеності працівників. Це, у свою чергу, призводить до недоодержання коштів у державному бюджеті та фондах загальнообов'язкового державного соціального страхування, а також соціальної нестабільності в суспільстві.

Так, зниження обсягів виробництва у 2012 р. призвело до збільшення навантаження на одне вільне вакантне робоче місце до 11, що є найбільшим показником за останні 11 років. Зростання зайнятості населення можливо за умови розвитку реального виробництва, а також якісних змін української економіки: поліпшення інвестиційного клімату, створення вигідних умов для залучення інвестицій, впровадження інновацій, створення нових технологічних робочих місць, спрощення умов ведення бізнесу, розширення можливостей для кредитування реального сектору економіки, пільгове кредитування підприємств для підтримки їх діяльності тощо.

Політика на ринку праці в Україні на даному етапі зосереджена на пом'якшенні впливу економічної кризи, зокрема, одним із напрямків, що дозволить вирішувати цю проблему, є завдання щодо створення нових якісних робочих місць, продовження економічних реформ. Так, прийнята Національна тристороння угода про зайнятість і робочі місця визначає 17 стратегічних завдань, реалізація яких дозволить збільшити в Україні зайнятість через розвиток промисловості, малого й середнього бізнесу та підвищити рівень кваліфікації зайнятого населення. Реалізація угоди передбачає до 2017 р. збільшення рівня зайнятості населення у віці 15—70 років до 64,3 % порівняно з 59,2 % у 2011 р., в тому числі працездатного населення — до 68,5 % з 66,5 % у 2011 році. Також очікується, що 23 % зайнятих українців зможуть отримати професії, що будуть затребувані на ринку праці.

Провідним місцем у політиці зайнятості населення має стати питання регулювання трудової міграції та вирішення пов'язаних з нею проблем. Для покращення ситуації в цьому напрямку слід більшу увагу приділяти розвитку підприємницької діяльності з метою зацікавлення повернення громадян з трудової міграції.

Особливу увагу слід приділяти працевлаштуванню молоді, гарантуванню у забезпеченні її першим робочим місцем. На сьогодні роботодавці надають перевагу більш кваліфікованим працівникам, тому молодь залишається неконкурентною категорією населення. Для цього необхідно посилити роботу в сфері освіти з метою збалансування попиту роботодавців і надання освітніх послуг.

Крім того, необхідно знайти консенсус між роботодавцями, профспілками та державою стосовно покращення ситуації у сфері соціально-трудових відносин, легалізації зайнятості, скорочення бідності серед працюючого населення й справедливого розподілу доходів.

**Література**

1. *Конвенція* МОП № 122 про політику в галузі зайнятості, 1964р.
2. *Закон* України «Про зайнятість населення» (у редакції від 05.07.2012 № 5067—VI).
3. *Закон* України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття» (02.03.2000 № 1533—III).
4. *Указ* Президента України «Про вдосконалення державного регулювання у сфері зайнятості населення та ринку праці в Україні» (11.07.2005 № 1073).
5. *Програма* сприяння зайнятості населення та стимулювання створення нових робочих місць на період до 2017р., затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 15.10.2012 № 1008.
6. *Постанова* Кабінету Міністрів України від 13.03.2013 № 153 «Про затвердження Порядку компенсації роботодавцям частини фактичних витрат, пов'язаних із сплатою єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування».
7. *Постанова* Кабінету Міністрів України від 20.03.2013р. № 175 «Про затвердження Порядку організації громадських та інших робіт тимчасового характеру».
8. *Постанова* Кабінету Міністрів України від 20.03.2013 № 198 «Про затвердження Порядку реєстрації безробітних та ведення обліку осіб, які шукають роботу».
9. *Постанова* Кабінету Міністрів України від 20.03.2013 № 207 «Про затвердження Порядку видачі ваучерів для підтримання конкурентоспроможності осіб на ринку праці».
10. *Постанова* Кабінету Міністрів України від 15.04.2013 № 270 «Про затвердження Порядку формування та використання резерву коштів Фонду загальнообов'язкового державного соціального страхування на випадок безробіття».
11. *Постанова* Кабінету Міністрів України від 27.05.2013 № 437 «Про затвердження Порядку видачі, продовження дії та анулювання дозволу на застосування праці іноземців та осіб без громадянства».
12. *Меморандум* про взаєморозуміння між Міністерством соціальної політики України, Всеукраїнськими об'єднаннями профспілок та Всеукраїнськими об'єднаннями організацій роботодавців та Міжнародною організацією праці щодо Програми гідної праці на 2012—2015 роки.
13. *Вибіркове* обстеження населення (домогосподарств) щодо економічної активності населення в Україні за даними Держстату.

**ВОЗМОЖНОСТИ ЗАНЯТОСТИ — ОДНО ИЗ  
ПРОГРЕССИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ПО  
ОБЕСПЕЧЕНИЮ ДОСТОЙНОГО ТРУДА В УКРАИНЕ**

**Н.О. Ильенко**

*НИИ труда и занятости населения Министерства труда и НАН Украины*

*В статье рассмотрены основные проблемы возможностей занятости, преодоление которых является ключевым на пути к достойному труду. Осуще-*

*ствлен анализ нормативно-правової бази забезпечення можливостей зайнятості в відповідності з міжнародними нормами. Досліджені стан і динаміка соціально-економічних показників можливостей зайнятості в Україні за методологією МОТ. Відслідковані позитивні і негативні тенденції в цій сфері за 2002—2012 рр. Виявлена загальна тенденція до збільшення зайнятості і зниження загального рівня безробіття в країні.*

**Ключевые слова:** *достойный труд, занятость, безработица, занятость в неформальном секторе экономики.*

## ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC BACKGROUND OF FORMING AN EFFECTIVE INFORMATION SYSTEM OF AN ENTERPRISE

I. Markina, D. Diachkov

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

---

**Key words:**

*Information capacity of  
an enterprise  
Corporate information  
systems  
Automated management  
information system of an  
enterprise  
Automatic process  
control system  
ERP-systems of  
businesses*

**Article history:**

Received 21.07.2014  
Received in revised form  
31.07.2014  
Accepted 07.08.2014

**Corresponding author:**

I. Markina  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article defines causation basic of information provision of enterprises. Preconditions to the widespread introduction of information systems are analyzed. The deficiencies of ERP-systems in the activities of domestic enterprises were determined; in particular, ERP-systems do not provide timely management of operations, showing only strategic planning, which leads to the existence of significant functional gap between ERP and the level of automated process control system. The main groups of barriers for implementation of ERP-systems in the enterprises are: non-implementation of technical tasks of pre-production and operational management; incorrect timing of implementation and the lack of fiscal capacity; complete cessation of the investment project. Organizational and economic prerequisites for the formation of an effective information system of companies in Ukraine are considered.

---

## ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА

І.А. Маркіна, Д.В. Дячков

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

*У статті визначено причинно-наслідковий зв'язок основних проблем інформаційного забезпечення підприємств. Розглянуті передумови до широкого впровадження інформаційних систем на підприємствах. Визначено недоліки впровадження ERP-систем у діяльність вітчизняних підприємств, зокрема те, що ERP-системи не забезпечують оперативного управління виробництвом, обмежуючись стратегічним плануванням, що зумовлює існування значного функціонального розриву між рівнем ERP і рівнем автоматизованої системи управління технологічним процесом. Здійснено узагальнення основних груп бар'єрів при впровадженні на підприємстві ERP-*

*систем: невиконання завдань технічної підготовки виробництва й оперативного управління підприємством; неправильний розрахунок часу впровадження і брак бюджетної потужності; повне припинення інвестування проекту. Розглянуто організаційно-економічні передумови формування ефективної системи інформаційного забезпечення підприємств в Україні.*

**Ключові слова:** *інформаційний потенціал підприємства, корпоративна інформаційна система, автоматизована інформаційна система управління підприємствами (АІСУП), автоматизована система управління технологічним процесом (АСУТП), ERP-системи підприємств.*

Наприкінці ХХ в. в економіці України відбулися великі зміни. Підприємства країни стали функціонувати у новому ринковому середовищі. З'явилися приватні підприємства, великі холдинги та корпорації. Однак сучасні методи управління багатьох вітчизняних підприємств досі засновані на методах централізованої економіки. З метою досягнення світового рівня конкурентоспроможності українськими підприємствам необхідно освоювати методи управління, які адекватні сучасному ринковому середовищу та використовуються підприємствами країн із розвинутою економікою.

Сучасні ефективні методи управління бізнесом вимагають збору й аналізу інформації про всі факти господарської діяльності підприємства та зміни зовнішнього середовища, що впливають на організацію й ведення бізнесу.

У системі управління сучасним підприємством автоматизовані операції інформаційного процесу повинні бути інтегровані з функціями управління, вибудовуючи потужний інформаційний потенціал підприємства.

Теоретичним і прикладним аспектам вирішення багатогранних проблем формування ефективної системи інформаційного забезпечення промислових підприємств присвячені праці українських і зарубіжних учених: О. Алімова, О. Амоші, Б. Чечнева, В. Барканова, Т. Бауліної, І. Бистрякова, М. Блауг, В. Гейця, О. Демешок, Дж. Ходжсон, С. Захаріна, Ш. Ібатулліна, М. Корецького, О. Кузьміна, Л. Ладонько, М. Порат, В. Микитенко, М. Паламарчука, М. Пека, А. Степаненка, Г. Хакен, Р. Хартлі, М. Хвесика, Є. Хлобистова, М. Чумаченка, К. Шеннон, С. Шкарлета, Ю. Шрейдер та інших. Проте, віддаючи належне теоретичній і практичній цінності попередніх наукових здобутків, існує гостра потреба у системному дослідженні питання розробки системи інформаційного забезпечення підприємств з метою формування ефективного інформаційного потенціалу.

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні організаційно-економічних передумов формування системи інформаційного забезпечення підприємств, що сприятиме ефективному управлінню інформаційним потенціалом.

Більшість українських підприємств різних галузей промисловості і типів виробництва мають такі слабкі місця [5]:

- значні грошові кошти, виражені в запасах (готова продукція, незавершене виробництво, матеріали, комплектуючі та сировина);

- можливості збільшення прибутку, що не використовуються: зниження собівартості готової продукції, підвищення рівня обслуговування клієнтів, збільшення пропускної здатності чи обсягу випуску.

Основні причини фінансово-господарських проблем підприємства такі [3]:

1. Планування та здійснення продажів без урахування можливостей виробництва та за відсутності чітких процедур роботи з прийомом і змінами замовлень клієнтів (це, у свою чергу, обумовлює часту зміну плану виробництва, що призводить до зупинки одних завдань і запуску інших. Результат — зростання незавершеного виробництва і собівартості продукції. У цих умовах служба постачання змушена забезпечувати виконання виробничої програми за будь-яку ціну і, не маючи достовірних планів продажів і виробництва, закуповує стільки, «на скільки грошей дадуть», що призводить до завищення запасів матеріалів і комплектуючих); без урахування того, як зміна планів виробництва впливає на виконання раніше прийнятих замовлень клієнтів.

2. Планування й управління виробництвом: без адекватного інструменту (інформаційної системи) стає неможливим швидко скласти оптимальні (із точки зору виконання замовлень клієнтів і собівартості готової продукції) виробничі програми. Це призводить до неможливості швидкого й оптимального перепланування виробництва.

3. Конструкторсько-технологічний супровід виробництва: часті зміни конструкції та/або технології (у разі відсутності чітких процедур впровадження цих змін) призводять до збоїв у виробництві та неможливості планування закупівель необхідних матеріалів і комплектуючих.

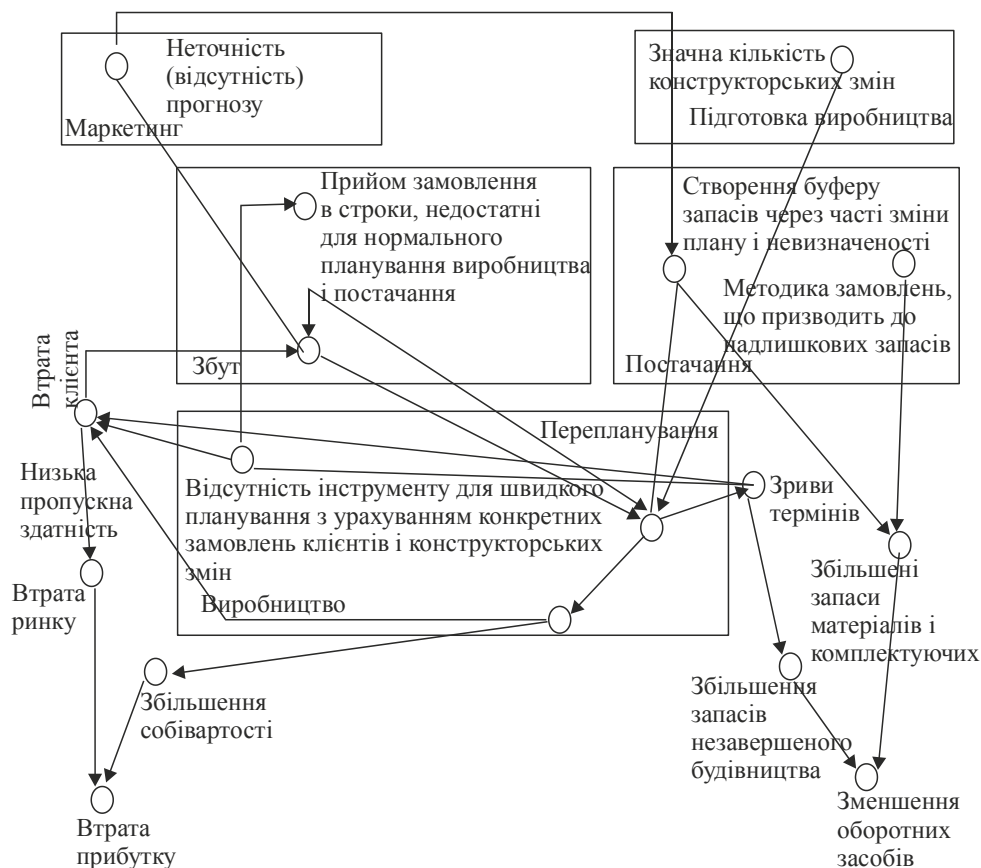
4. Планування й управління постачанням зі спробами застрахуватися від частих змін планів продажів і виробничих планів або за рахунок створення наднормативних запасів, або шляхом установки завищених нормативів; із використанням методик, що не забезпечують оптимальний рівень запасів на складі (наприклад, планування по точці перезамовлення поповнення основних матеріалів).

5. Інформація: відсутність оперативних (у режимі реального часу) і достовірних даних про стан підприємства. Очевидно, що всі перераховані вище проблеми і причини, які до них призвели, можуть бути вчасно виявлені підприємством тільки за наявності інформаційної системи, яка відповідає потребам підприємства. Без інформаційної підтримки керівництво може тільки здогадуватися, що відбувається на підприємстві й чому. Усі ці причини у кінцевому рахунку призводять до зниження конкурентоспроможності промислового підприємства.

У цих умовах автоматизовані інформаційні системи стають дієвими інструментами управління підприємствами, невід'ємною частиною інфраструктури бізнесу й основою формування інформаційного потенціалу підприємств.

Однак формування інформаційного потенціалу підприємств — це складний, тривалий і багатоетапний процес, що вимагає значних ресурсів, постійного контролю з боку як вищого менеджменту, так і персоналу управління підприємством. Тому персонал управління повинен не тільки вміти працювати з комп'ютерною технікою, а й розбиратися у сучасних комп'ютерно-орієнтованих технологіях управління і визначати їх конкурентні переваги, знати основи побудови й функціонування

автоматизованих інформаційних систем управління підприємствами (АІСУП), порядок робіт із розгортання та вводу в експлуатацію тимчасових комп'ютерних систем і реорганізації управління. Слід зазначити, що тільки завдяки АІСУП керівництво може отримувати оперативну та достовірну інформацію, необхідну для прийняття якісних управлінських рішень, що забезпечують підвищення конкурентоспроможності підприємства [2, с. 19].



**Рис. 1. Типові проблеми промислових підприємств в Україні (систематизовано автором)**

Ефективність бізнес-рішень дозволяє забезпечити одночасні зміни в менеджменті, технологіях, організації управління підприємством. Конкурентне середовище зумовлене змінами у глобальній економіці, трансформацією індустріальної економіки в інформаційну, що базується на знаннях та інформації. Це призводить до формування кіберкорпорації — організації, в якій практично всі важливі бізнес-процеси і взаємозв'язки замовників, постачальників і співробітників реалізовані в електронній формі й управління основними корпоративними ресурсами, також здійснюється в електронній формі.

Бізнес-процеси зводяться до унікальних способів, за допомогою яких робота організується, координується і фокусується на виробництві товару або послуги, що представляють цінність для споживача.

Для підвищення якості управління менеджменту підприємства необхідні сучасні та багатофункціональні інструменти, які дозволяють аналізувати велику кількість економічних параметрів і приймати грамотні управлінські рішення, адекватні ситуації, що склалася на ринку. Одним із таких інструментів є інформаційні системи.

Передумови до широкого впровадження інформаційних систем на вітчизняних промислових підприємствах [5]:

- у ринковому середовищі значно ускладнюється структура зовнішніх зв'язків підприємства, а отже, зростають розгалуженість і потужність інформаційних потоків;

- висока невизначеність і динамічність зовнішнього середовища створюють проблеми, пов'язані з вибором оптимальних управлінських рішень та їх реалізацією в мінімальні терміни;

- успішна робота підприємства в умовах конкурентного ринку неможлива без регулярного й оперативного моніторингу фінансово-господарської діяльності її структурних підрозділів із широкого кола показників і представлення її показників у системі управлінського обліку;

- для ефективного управління всіма бізнес-процесами підприємства необхідна їхня повна автоматизація.

Більшість сучасних корпорацій — це віртуальні підприємства, куди входять різні відділи та департаменти, замовники, стратегічні партнери, постачальники, субпідрядники тощо. Усі вони беруть участь у виробництві продукції або послуг. Для забезпечення працездатності такої складної структури необхідно зрозуміти, що потрібно для ефективної роботи в такому середовищі, і розширити концепцію ефективної колективної роботи за межі одного підприємства (коли електронні засоби зв'язку можуть дати найбільшу ефективність) [6, с. 220]. У такому випадку підприємству не обійтися без єдиного інформаційного простору, архіву даних, електронної системи, зв'язку тощо. Це призводить до формування нового способу мислення, коли створювана автоматизована інформаційна система стає єдиним можливим способом забезпечення діяльності підприємства. Процес впровадження комплексної корпоративної інформаційної системи, інакше кажучи — автоматизація системи управління підприємством, повинен розглядатися невідривно від процесу її оптимізації.

Розвиток інформаційних систем і технологій — це складова частина розвитку підприємства. На більшості українських підприємств інформаційна система підготовки виробництва, яка функціонує, не дає необхідного ефекту з огляду на те, що самі виробничі процеси автоматизовані в набагато меншому ступені. Немає можливості здійснювати оперативні зміни у діючій технології й оперативно контролювати виробничі процеси. Швидкість обробки інформації настільки відстає від ритму виробничої системи, що часто ці відомості не можуть бути використані для прийняття управлінського рішення. Особливо це помітно під час організації міжфункціональної взаємодії. Недостатня оперативність під час збору й обробки інформації ускладнює прийняття рішень щодо наскрізного коригування відхилень параметрів матеріального потоку від заданих.



У багатьох випадках відсутність єдиних вимог і умов збору інформації, а також якісно організованого обліку та звітності призводить до отримання випадкових даних, що не відображають реального стану справ. Через перевантаженість працівників обчислювальними роботами допускаються помилки у розрахунках, а потім і в прийнятих управлінських рішеннях. На їх виявлення та виправлення потрібні додаткові зусилля і час. Зайва кількість планово-облікової й технічної інформації часто є наслідком неупорядкованості даних. У результаті кваліфіковані фахівці відволікаються на пошук і обробку даних, показників і документів, що не завжди є необхідним. Великий обсяг документів, що циркулюють усередині підприємства, часто свідчить про недостатньо чітке розмежування функцій і відповідальності за їх виконання.

Різні періоди отримання й обробки даних у різних підрозділах підприємства часто не дозволяють провести достовірний порівняльний аналіз планових і звітних показників. Через трудомісткий перерахунок великої кількості взаємопов'язаних показників часто не забезпечується відповідність між планованими витратами на виробництво і запланованим випуском продукції.

Традиційні автоматизовані системи управління допомагають організувати циркуляцію документів підприємства, необхідних для формування бухгалтерської й управлінської звітності. Як правило, такі системи надають статичні «зрізи» інформації про стан підприємства, яка швидко втрачає актуальність. Однак на основі такої занадто агрегованої інформації складно побачити деталі процесу й запобігти небажаній події або хоча б вчасно зреагувати на неї. Іншими словами, немає можливості оперативно отримати достовірну інформацію. З огляду на це, підприємство потребує корпоративної інформаційної системи, що пронизує всі рівні управління підприємством і встановлює взаємозв'язок між ними.

Ідеться про такі рівні:

- контролю й управління технологічними процесами — цехами, ділянками, технологічними лініями тощо;
- виробничої діяльності (керівники виробництва, служби головного механіка, головного технолога та ін.) — на цьому рівні необхідна підтримка поопераційного планування, контролю якості продукції, контролю терміну виконання замовлення, контролю продуктивності;
- функціонального управління — комерційний бік діяльності підприємства, де необхідна підтримка фінансового обліку, логістики, планування в масштабах цілого підприємства тощо;
- управління — визначається стратегія розвитку підприємства, де необхідно використовувати системи підтримки прийняття рішень.

Впровадження комплексної автоматизованої інформаційної системи управління необхідне не для негайних економічних вигод, а для виживання і розвитку корпорації. Ключове питання в тому, перейде підприємство в нову якість у зв'язку з впровадженням інформаційної системи чи ні, чи отримає воно конкурентні переваги від впровадження [6, с. 21].

Використання стандартних систем планування ресурсів підприємства (ERP-системи) за принципом коробкового впровадження на вітчизняних

підприємствах не принесли очікуваного ефекту. До того ж, як показує досвід, відсоток успішного впровадження систем класу ERP у фінансових, адміністративних і торгових підприємствах порівняно вищий, ніж у промисловості [6, с. 122].

Основний недолік цих систем полягає у тому, що вони спочатку занадто орієнтовані на підтримку бізнес-процесів і не можуть оперативного реагувати на реальні внутрішньозаводські проблеми виробництва, які зазвичай на підприємстві непередбачувані. Системи автоматизованого управління і планування виробництвом розвивалися з бухгалтерськими системами, вони добре виконують облікову роль, реєструючи витрати, але не показують шляхи підвищення ефективності фінансово-господарської діяльності та конкурентоспроможності.

На виробничому рівні у даний час домінує «клаптева» автоматизація. Тут відсутнє єдине інформаційне середовище, яке змогло б стати основою системи оперативного обліку й управління ресурсами виробництва на рівні ділянки, цеху та підприємства в цілому. На функціональному рівні у межах ERP-системи здійснюється облік кожної фінансової операції і кожного документа, на рівні виробництва подібного детального контролю не забезпечується, але ж саме на цьому рівні народжується додаткова вартість, здійснюються основні витрати і приховані головні джерела економії, забезпечуються виробничий план і потрібна якість продукції, а також працюють багато інших чинників, що визначають ефективність і рентабельність підприємства. Таким чином, із контуру автоматизованого контролю та управління підприємством випадає основна ланка — виробничий блок [6, с. 405].

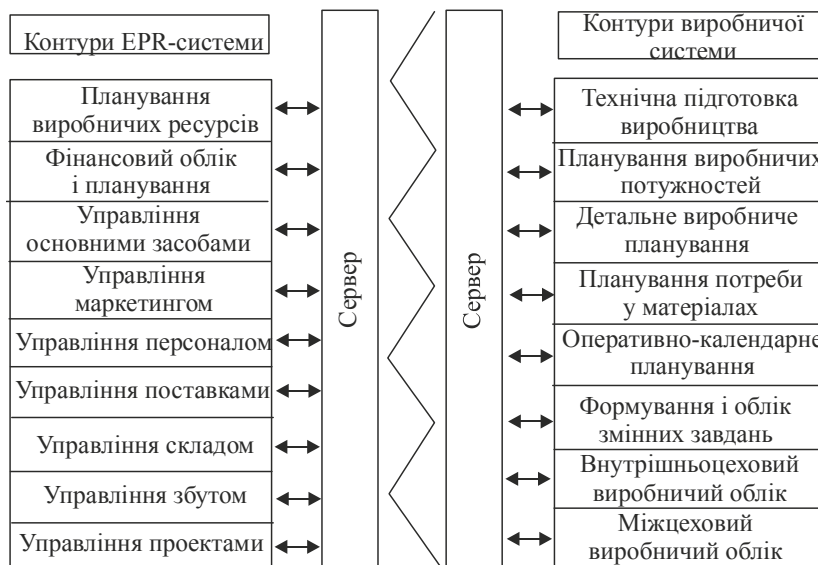
Для своєчасного вирішення проблем необхідна система оперативного управління виробничими процесами з урахуванням фактичної ситуації, яка схильна до значних і швидких змін (рис. 2).



**Рис. 2. Проблеми управління виробництвом за допомогою використання ERP-системи (систематизовано автором)**

У більшості реалізованих проєктів, пов'язаних зі створенням автоматизованих систем управління підприємством, існує ціла низка функцій, що не забезпечуються класом ERP.

На умовній моделі підприємства (рис. 3) показано, що ERP-системи не забезпечують оперативного управління виробництвом, обмежуючись стратегічним плануванням, що зумовлює існування значного функціонального розриву між рівнем ERP і рівнем автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП) [6, с. 346]. У неохопленому інформаційними технологіями просторі оперативного управління виробництвом знаходяться життєво важливі для підприємства виробничі процеси, що створюють додаткову вартість і мають значний вплив на ефективність підприємства в цілому.



**Рис. 3. Функціональний розрив між ERP та АСУТП (складено автором)**

Основною причиною труднощів впровадження на підприємствах ERP-систем є явне відхилення у бік автоматизації та інформатизації бізнес-процесів і відкладання на потім (або ігнорування) основних завдань автоматизації технічної підготовки й управління виробничими процесами [2, с. 100].

Причини неуспіху під час впровадження на підприємстві ERP-систем можна розділити на три основні групи: невиконання завдань технічної підготовки виробництва й оперативного управління підприємством; неправильний розрахунок часу впровадження і брак бюджетної потужності; повне припинення інвестування проєкту.

Щоб процес виробництва став контрольованим і керованим, потрібно вирішити принаймні два завдання: створити систему вимірювання, що забезпечує об'єктивний та оперативний контроль поточного стану технологічних і виробничих процесів і наявних у розпорядженні виробничих ресурсів та знайти адекватний інструмент управління виробничими процесами й ресурсами [4].

Корпоративна інформаційна система надає можливість об'єднати інформацію про діяльність підприємства — дані про виробництво, фінанси, закупівлі, збут. В інформаційній системі підприємства також повинні бути реалізовані єдина технологія обробки та подання інформації, забезпечення одноразового введення даних в місці їх виникнення, масштабованість, достовірність і несуперечність, оперативність введення й отримання інформації. Останніми роками зростає потреба замовників в аналітичних можливостях інформаційних систем. Ще одним важливим аспектом структури попиту на функціональність інформаційних систем є консолідація інформації, що надходить із філій до центрального офісу підприємств, а також проведення дистанційного моніторингу стану підрозділів.

Окрім найбільш поширеної останнім часом проблеми неконкурентоспроможності продукції вітчизняних підприємств все виразніше виявляється також загроза ізоляції вітчизняної продукції на ринку, незалежно від попиту на неї. Причина цього — вимоги міжнародного ринку про введення електронного обміну інженерною інформацією протягом життєвого циклу продукції (пакет міжнародних стандартів CALS) [5].

Використання технології інформаційної підтримки бізнес-процесів в Україні пов'язане з низкою проблем: найгостріший дефіцит фахівців у галузі менеджменту якості та сучасних інформаційних технологій; низька ефективність більшості підприємств, обумовлена застарілими системами організації праці й організаційно-управлінськими технологіями, слабкою орієнтацією на задоволення запитів споживачів; слабкі знання, а часто нерозуміння потенційних вигод від комплексної інтегрованої автоматизації бізнес-процесів.

### **Висновки**

Таким чином, на підставі проведеного аналізу можна зробити такі висновки:

Інформаційний потенціал підприємств в Україні не має науково-методичного забезпечення, внаслідок чого відсутня концепція побудови та розвитку інформаційних систем, що призводить до відсутності їх цілісності. Інформаційні системи являють собою набір малопов'язаних між собою інформаційних ресурсів і процедур управління ними, що призводить до зниження ефективності управління підприємством.

Використання різноманітних інформаційних технологій обробки і передачі інформації, відсутність єдиних стандартів зберігання даних, відмінність їх від загальносвітових призводить до стримування процесів інтеграції інформаційних потоків між різними рівнями управління підприємством.

Невисокі рівні автоматизації інформаційного процесу в підрозділах підприємства призводять до незбалансованості виробничого процесу і знижують його якість, що зумовлює зниження конкурентоспроможності підприємства.

Відсутність професійно підготовлених до використання новітніх інформаційних технологій фахівців, пов'язаних з основною діяльністю підприємства, низька мотивація персоналу під час вдосконалення бізнес-процесів відображається на неефективному використанні аналітичної інформації.

Невирішення даних проблем призводить до зриву термінів виконання затверджених планів, зростання виробничих витрат, зниження якості виробів, додатковим погодженням із замовником змін до конструкції виробу і, внаслідок цього, до уточнення технологічного процесу. Усе це знижує конкурентоспроможність підприємства і дає привід клієнту для розміщення замовлення на виробництво на інших підприємствах.

### **Література**

1. *Дубейковский В.И.* Компьютеризация информационной системы промышленного предприятия. / В.И. Дубейковский. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.interface.ru/fset.asp/misc/rmd/komp.htm](http://www.interface.ru/fset.asp/misc/rmd/komp.htm)
2. *Захарін С.В.* Інвестиційне забезпечення інноваційно-технологічної діяльності у промисловості України: структурний аналіз, посткризові виклики, перспективи державної підтримки / С.В.Захарін // Економічний вісник університету. — Переяслав-Хмельницький, 2011. — № 16/2. — С. 99—105.
3. *Захарін С.В.* Проблеми інвестування сфери високих технологій / С.В.Захарін // Проблеми науки. — 2009. — № 5. — С. 10—15.
4. *Ковшов А.Н.* Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров, И.М. Ибрагимов, А.Д. Никифоров. — М.: Академия, 2007. — 304 с.
5. *Левковська Л.В.* Корпоративне управління сталим регіональним розвитком України: [монографія] / Л.В. Левковська. — К.: ДЕГУП, 2011. — 300 с.
6. *Лодон Дж.* Лодон К. Управление информационными системами. 7-е изд. /Пер. с англ. под ред. Д.Р. Трутнева. — СПб.: Питер, 2005. — 912 с.
7. *Шуремов Е.Л., Чистов Д.В., Лямова Г.В.* Информационные системы управления предприятиями. / Е.Л. Шуремов, Д.В. Чистов, Г.В. Лямова. — М.: Изд-во «Бухгалтерский учет», 2006. — 112 с.

## **ОРГАНИЗАЦИОННО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ**

**И.А. Маркина, Д.В. Дячков**

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

*В статье определена причинно-следственная связь основных проблем информационного обеспечения предприятий. Рассмотрены предпосылки к широкому внедрению информационных систем на предприятиях. Определены недостатки внедрения ERP-систем в деятельность отечественных предприятий, в частности, то что ERP-системы не обеспечивают оперативного управления производством, ограничиваясь стратегическим планированием, которое обуславливает существование значительного функционального разрыва между уровнем ERP и уровнем автоматизированной системы управления технологичес-*

ким процесом. Осуществлено обобщение основных групп барьеров по внедрению на предприятии ERP-систем: невыполнение задач технической подготовки производства и оперативного управления предприятием; неправильный расчет времени внедрения и недостаток бюджетной мощности; полное прекращение инвестирования проекта. Рассмотрены организационно-экономические предпосылки формирования эффективной системы информационного обеспечения предприятий в Украине.

**Ключевые слова:** *информационный потенциал предприятия, корпоративная информационная система, автоматизированная информационная система управления предприятиями (АИСУП), автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП), ERP-системы предприятий.*

## THEORETICAL EXPENDITURES APPROACH OF ESSENCE OF CAPITAL

N. Korz

Vinnitsa Trade and Economic Institute KNTEU

---

**Key words:**

*Capital*  
*Capital theory*  
*Economic capital*  
*Financial capital*  
*Labor capital*

**Article history:**

Received 15.06.2014  
Received in revised form  
18.07.2014  
Accepted 05.08.2014

**Corresponding author:**

N. Korz  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article describes the main characteristics of capital, as well as theoretical approaches to the definition of capital. Functional, monetarist and socio-economic approaches to the definition of capital are characterized in detail; the interdependence of the concepts “capital”, “labor”, and “production” is shown. The concept of capital is characterized from the point of view of financial and economic approaches. The differences in the interpretation of capital from these positions are determined.

## ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ СУТНОСТІ КАПІТАЛУ

Н.В. Корж

Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ

*У статті розглянуто основні характеристики капіталу, а також теоретичні підходи до визначення капіталу. Охарактеризовано предметно-функціональний, монетаристський, соціально-економічний підходи до визначення капіталу, взаємозалежність понять «капітал», «праця», «виробництво». Охарактеризовано погляди на капітал з точки зору фінансового й економічного підходів і визначено відмінності в тлумаченні капіталу з цих позицій.*

**Ключові слова:** *капітал, теорія капіталу, економічний капітал, фінансовий капітал, трудовий капітал*

В умовах обмеження притоку інвестицій та уповільнення темпів оновлення основних засобів на інноваційній основі нагальними стають питання більш повного використання наявних ресурсів корпорацій, усіх складових капіталу, забезпечення підвищення ефективності використання капіталу, формування сучасних методів оцінювання та прогнозування напрямів забезпечення максимальної віддачі наявного капіталу. Вирішення

цієї проблеми можливе за умови детального вивчення існуючого наукового доробку й аналізу існуючих теоретичних підходів до формування та використання капіталу.

Питаннями формування та використання капіталу присвячено праці багатьох економістів. Актуальність цього питання не зменшується протягом десятиріч і сьогодні науковці звертаються до нього, щоб визначити напрями підвищення управління капіталом, забезпечити високий рівень віддачі на вкладений капітал, створити передумови забезпечення якісно нових параметрів його використання. Теорія капіталу розглядається як у працях класиків економічної теорії, так і сучасних науковців, таких як: А.Богданов, Д. Крисанов, Ф.Кене, Н. Кондраков К. Маркс, С.Мочерний, В. Немчинов, А.Орлеанський, В. Поздняков, С. Покропивний, В. Сопко, П. Сузі, І. Трахтенберг, Г.Фельдман, Ш. Хошимура та ін.

В економічній теорії сформувалися такі підходи до визначення сутності капіталу:

1. Предметно-функціональний підхід. Згідно з цим підходом капітал ототожнюється з накопиченою працею, тобто всім тим, що використовується у виробництві, з метою виготовлення реалізованої продукції й отримання прибутку.

2. Монетаристський (грошовий) підхід. Згідно з цим підходом капітал розглядається як фінансовий ресурс, що приносить дохід його власникові у вигляді відсотків. Прихильники монетаристської концепції виходять з того, що капітал — це гроші або їх замітники — кредитні гроші, які пов'язані з отриманням доходу.

3. Соціально-економічний підхід. Згідно з цим підходом, капітал розглядається як економічна категорія, специфічні суспільні відносини, що виникають за певних історичних умов.

Розглянемо погляди на капітал у сучасних термінологічних економічних словниках. С.В. Мочерний у [1, с. 301] визначає капітал як сукупність капіталістичних відносин економічної власності, за яких засоби праці, певні матеріальні блага, гроші, об'єкти інтелектуальної власності та різні види цінних паперів тощо є знаряддям привласнення частини чужої неоплаченої праці. Таким чином, в основу даного визначення покладено відносини власності, а не форма капіталу.

В глосарії в Інтернеті [2] капітал визначають в широкому значенні як акумульовану (сукупну) суму товарів, майна, активів, які використовуються для одержання прибутку, багатства.

У Вікіпедії [3] капітал за визначенням класичної економічної теорії розглядається як один із факторів виробництва, тобто все те, що використовується для виробництва, але безпосередньо не споживається в ньому (за винятком повільної амортизації). На відміну від інших факторів виробництва, землі й природних ресурсів, капітал складається з раніше виробленого продукту. Капітал в економіці — це чинник виробництва у вигляді вартості, здатної приносити прибуток або збиток. Але потрібно розуміти, що капітал не тотожний будь-якому засобу праці, який часто розглядається як фізичний капітал. Засіб праці може стати капіталом



(збільшувати або зменшувати свою вартість) тільки тоді, коли його власники вступають у певні відносини з власниками інших чинників виробництва. Ці відносини називаються економічними.

Найголовнішим, що характеризує поняття “капітал”, є таке [4]:

1. Природна енергія не розглядається як фактор (блага), що витрачається на створення нових благ. Такий фактором виступає праця, хоча як капітал вона не розглядається, та й не може виступати в такій ролі. Отже, найважливіший фактор — природна енергія, що забезпечує створення життєвих благ.

2. Благами, що створюють капітал, розглядаються тільки відчужувані матеріальні блага, товари, тобто речі. Здібності людини, передусім інтелектуальні, які фактично утворюють трудовий процес, як блага, що створюють людський капітал, також не розглядаються.

Отже, з терміном «капітал» нерозривно пов'язані такі поняття, як «праця», «виробництво». Хоча переважна більшість авторів-економістів наголошують на існування лише майнового капіталу.

Капітал, як будь-яка економічна категорія, має свій речовий зміст і суспільну форму. У їх діалектичній єдності розкривається глибинна сутність цієї категорії. Фахівці різних економічних дисциплін по-різному розглядають тлумачення капіталу, тут існує певна неоднозначність. У сучасній економічній літературі можна виділити два підходи до визначення капіталу: фінансовий і економічний.

Фінансове трактування капіталу пов'язане з фінансовою діяльністю підприємства. З позицій фінансового менеджменту капітал підприємства характеризує загальну вартість засобів у грошовій, матеріальній і нематеріальній формах, інвестованих у формування його активів. Трактування включає розуміння сутності формування, розподілу, використання й обґрунтування структури фінансових ресурсів суб'єктів господарювання і пов'язане з бухгалтерським балансом підприємства. Н.П. Кондраков [5, с. 13] показує, що капіталом організації є його майно. Відповідно до Міжнародних бухгалтерських стандартів, опублікованих Комітетом з міжнародних бухгалтерських стандартів у листопаді 1982 р., капітал являє собою різницю між активами і пасивами [6]. За П(С)БО 1 власний капітал — це частина в активах підприємства, що залишається після вирахування його зобов'язань.

У бухгалтерському обліку капітал розглядається з двох позицій: як сукупність активів або фінансових ресурсів, що отримані з різних джерел фінансування; як концепція предметно-речовинної природи капіталу, в основу якої покладено матеріальні і нематеріальні цінності (активи).

Однак у бухгалтерському обліку не враховується, що капітал — це ще й відносини власності між учасниками господарського процесу з приводу використання будь-чого з метою задоволення певних інтересів.

У працях, пов'язаних із фінансовим управлінням, капітал також розглядається з різних точок зору. З одного боку, він характеризує загальну вартість засобів у грошовій, матеріальній і нематеріальній формах, інвестованих у формування його активів. За цим підходом капітал характеризує напрямок вкладення засобів. З іншого боку, якщо розглядати

джерела фінансування, капітал — це можливість і сукупність форм мобілізації фінансових ресурсів для ведення господарської діяльності й отримання прибутку. З позицій фінансового менеджменту розуміння капіталу як сукупності засобів виробництва є різновидом розуміння конкретного капіталу або характеризує загальну вартість засобів у грошовій, матеріальній і нематеріальній формах, інвестованих у формування його активів [7;8], тобто сприймається як абстрактний капітал.

Фінансисти у визначеннях капіталу розглядають окремі види ресурсів і джерела їх фінансування, але нічого не говорять про неречові фактори виробництва, які також можуть створювати додатковий продукт, і про відносини, які виникають на різних стадіях обороту капіталу. Хоча окремі спеціалісти з фінансового менеджменту розглядають відносини власності між учасниками господарського процесу з приводу використання будь-чого з метою задоволення певних інтересів, розглядаючи пасив балансу [9, с. 11—19]. Капітал підприємства розглядається як специфічна форма фінансових ресурсів, що визначається як фінансовий капітал підприємства.

Визначається значна роль капіталу в стратегічному розвитку підприємства і в забезпеченні задоволення інтересів держави, власників і персоналу. У літературі з фінансового управління капітал визначається як головний об'єкт фінансового управління підприємством, а забезпечення ефективного його використання належить до найбільш відповідальних завдань його завдань [10,11,12,13,14].

Крім того, в наукових працях капітал розглядають на рівні підприємства та на рівні економіки країни. З точки зору економіки країни його розглядають як речовий (реальний) капітал — це всі вироблені товари, які ще не поступили в користування споживачів. Реальний капітал у цьому контексті розглядається як товар, який використовується поряд із працею і землею як один із виробничих факторів. Це засоби виробництва довгострокового використання (будівлі, споруди, машини, верстати та інструменти); засоби виробництва короткострокового використання (сировина, матеріали, напівфабрикати, паливо, енергія, послуги транспорту і страхових компаній).

Згідно з макроекономічною трактовкою капіталу, національне багатство країни складається з трьох компонентів: людський капітал, природні ресурси і відтворювальний капітал. У світовому національному багатстві 67 % становить людський капітал. У розвинутих країнах природний капітал (ресурси) становить 10 %, а відтворюваний — 70 % [15].

Економічна сутність капіталу пов'язана із найважливішою стадією його існування: з виробничою стадією, коли капітал розглядається як сукупність засобів виробництва, необхідних для виробничої діяльності підприємства.

У [16, с. 54] представлено ресурсний підхід до визначення капіталу, при якому капітал розглядається як:

- 1) сукупні ресурси, які використовуються в бізнесі (акціонерний, приватний, колективний капітал);
- 2) чиста вартість (вартість активів мінус сума зобов'язань);
- 3) початкова сума, призначена для здійснення підприємницької діяльності.

За такого підходу визначення капіталу стосується лише його фізичної або фінансової частини і не передбачає пояснень відносин, що утворюються в процесі споживання капіталу або його обороту.

Л.Г. Ловінська [17, с. 67—70] до тлумачення сутності капіталу виділила такі підходи: 1) предметно-функціональний (ототожнення капіталу з нагромадженою працею); 2) соціально-економічний (відносини за певних історичних умов); 3) грошовий (фінансовий ресурс, що приносить дохід власнику); 4) ототожнення з часом (економічний ресурс, який надає дохід власнику у майбутньому); 5) як певного вкладення, яке забезпечить надходження доходу; 6) у бухгалтерському обліку — як сукупність активів і фінансових ресурсів, отриманих з різних джерел.

Поділ капіталу на фінансовий і економічний цілком виправданий, тому що дозволяє розглядати економічну сутність цієї категорії з різних позицій, що не суперечить теоретичному й прикладному сприйняттю даної категорії.

У теорії використання капіталу його характеристика як виробничого ресурсу займає центральне місце. Це обумовлено тим, що накопичені економічні блага, що представляють усі форми капіталу, задіяні або можуть бути задіяні насамперед у виробничому процесі.

Використовуваний у процесі виробництва товарів і послуг капітал, поряд з іншими виробничими ресурсами, характеризується в економічній теорії як “фактор виробництва”, під яким розуміється економічний ресурс, задіяний у виробничому процесі і здійснює визначальний вплив на результати виробництва. Капітал являє собою накопичений шляхом заощаджень запас економічних благ у формі грошових коштів та реальних капітальних товарів, залучається його власниками в економічний процес як інвестиційний ресурс і фактор виробництва з метою отримання доходу [18].

У сучасній літературі виділяють загальні властивості, які притаманні капіталу [19]: виступає як обмежений ресурс; має властивість до самозростання, тобто не тільки до нагромадження, але й поповнення; має ліквідність, може перетворюватись у грошову форму незалежно від своєї первісної форми; включений в процес кругообігу вартості, відтворюваний процес; у відтворюваному процесі капітал приносить прибавочну вартість або прибуток.

Згідно із трактуванням капіталу К.Марксом, доцільно було б додати ще три риси капіталу, а саме: відсутність споживання в процесі виробництва, за винятком амортизації; те, що капітал є продуктом, створеним людиною працею; виступає основою соціально-економічних відносин між власниками.

### **Висновки**

Економічна категорія «капітал» відома давно, але новий зміст отримала в умовах ринкових відносин. Капітал виступає головним економічним фактором створення і розвитку підприємства, у процесі свого функціонування він також забезпечує інтереси держави, власників і персоналу й характеризує загальну вартість засобів у грошовій, матеріальній і нематеріальній формах, які інвестуються у формування його активів. У теперішній час в науковий обіг введено щонайменше чотири основні форми

капіталу: економічний, людський, соціальний та інтелектуальний. Усі ці види капіталу в тій чи іншій мірі мають вищенаведені властивості.

Економічний капітал безумовно має всі зазначені властивості капіталу: він має максимальну ліквідність, властивість конвертації в інші форми капіталу. Потрібно відмітити, що частина економічного капіталу як фінансового засобу існує в грошовій формі. При цьому він має високий ступінь уречевлення, як виробничий капітал легко відокремлюється від свого власника. Цей капітал виступає як ресурс, що може нагромаджуватись і має обмежений запас.

### Література

1. Мочерний С.В., Ларіна Я.С., Устенко О.А., Юрій С.І. Економічний енциклопедичний словник: У двох томах. Т. 1. — Львів: Світ, 2005. — 616 с.
2. <http://www.glossary.ru/offer.htm>
3. <http://uk.wikipedia.org/wiki/Капітал>
4. Давидюк Т.В. Людський капітал як складова капіталу підприємства / Т.В. Капітал // Вісник ЖДТУ Секція: Економічні науки. — № 4 (46). — С. 56—60.
5. Кондраков. Н.П. Бухгалтерський облік / Н.П.Кондраков [Текст]. - М.: Инфра-М, 2007. — 592 с.
6. Міжнародний стандарт бухгалтерського обліку. — Електронне джерело: [http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/929\\_013](http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/929_013)
7. Мойсеєнко І. П. Інвестування : навч. посіб. / І.П. Мойсеєнко. — К. : Знання, 2006. — 490с.
8. Шелудько В.М. Фінансовий менеджмент: підручник / В. М. Шелудько. — К. : Знання, 2006. — 439 с.
9. Сопко В.В. Бухгалтерський облік: наукова сутність та побудова // Регіональні перспективи, 2001. — 2001. — № 2—3 (15—16). — С. 11—19.
10. Бідник О.І. Теоретичні аспекти управління капіталом підприємства / О.І. Бідник // Придніпровський науковий вісник. — 2007. — Вип. 5. — С. 19—24.
11. Мойсеєнко І.П. Інвестування : навч. посіб. / І. П. Мойсеєнко. — К.: Знання, 2006. — 490с.
12. Семенов А.Г. Побудова моделі ефективного управління структурою капіталу підприємства / А. Г. Семенов, А. В. Пелешко // Вісник Запорізького національного університету. — 2010. — № 2(6). — С. 78—83.
13. Холод З.М. Формування капіталу підприємств видавничо-поліграфічного комплексу і відображення його у фінансовій звітності / З. М. Холод, І. І. Малярчук // Науковий вісник НЛТУ України. — 2011. — Вип. 21.3. — С. 283—292.
14. Юшко С.В. Критичний аналіз економічної сутності поняття «капітал підприємства» / С. В. Юшко, А. Лугова // Вісник економіки транспорту і промисловості. — 2011.— № 36. — С. 234—238.
15. Гадиева М.Б. Роль человеческого капитала в инновационном развитии экономики России: вызов времени // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. — 2009. — № 6 — С. 3—14.
16. Коноплицкий В.А., Филина А.И. Маркетинг, рынок, финансы. Терминологический словарь-справочник. — К.: «Имэкс», 1992. — 184 с.
17. Ловінська Л.Г. Оцінка в сучасній системі бухгалтерського обліку підприємств України: Дис. ... д-ра екон. наук: 08.00.09. — Л.Г. Ловінська; КНЕУ ім. В.Гетьмана. — К., 2007. — 603 с.

18. Бланк И.А. Управление использования капитала. — К.: Эльга, 2002. — 656 с.

19. Пуляева Е.И. Социальный капитал: сходства и различия с другими формами капитала / Е.И. Пуляева, Е.Д. Цыренова // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. — 2013. — № 3. — С. 86—91.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ СУЩНОСТИ КАПИТАЛА**

**Н.В. Корж**

*Винницкий торгово-экономический институт КНТЭУ*

*В статье рассмотрены основные характеристики капитала, а также теоретические подходы к определению капитала. Охарактеризованы предметно-функциональный, монетаристский, социально-экономический подходы к определению капитала, взаимозависимость понятий «капитал», «труд», «производство». Представлены взгляды на капитал с точки зрения финансового и экономического подходов и определены отличия в толковании капитала с этих позиций.*

**Ключевые слова:** капитал, теория капитала, экономический капитал, финансовый капитал, трудовой капитал.

УДК 351.862.1

## RESEARCH METHODS FOR DETERMINING OPTIMAL STRUCTURE OF CIVIL DEFENSE FORCES FOR EMERGENCY RECOVERY

O. Hivrich, N. Volodchenkova, S. Kovalenko

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Civil defence  
Emergency recovery  
Optimization  
Management efficiency  
Control decentralization  
Rational allocation of  
diverse forces*

---

**ABSTRACT**

In contrast to the existing methods of substantiating civil defense forces of a defined structure, methodology proposed in this article is aimed at forming groups of the defined forces, whose structure is most suitable for the tasks on liquidation of consequences of any emergency situation in a particular application of the act, which is optimal according to the criterion of maximum target effectiveness of forces.

---

**Article history:**

Received 19.07.2014

Received in revised form

27.07.2014

Accepted 12.08.2014

---

**Corresponding author:**

N. Volodchenkova

**E-mail:**

VolNa22@bigmir.net

---

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СИЛ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

О.В. Хіврич, Н.В. Володченкова, С.Д. Коваленко

*Національний університет харчових технологій*

*На відміну від існуючих методик обґрунтування сил цивільного захисту певної оргштатної структури, методика, що пропонується, спрямована на формування угруповання відповідних сил, структура якого максимально пристосована до виконання завдань з ліквідації наслідків будь-якої надзвичайної ситуації в конкретному акті застосування, що є оптимальною за критерієм максимуму цільової ефективності сил.*

**Ключові слова:** *цивільний захист, ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій, оптимізація, ефективність управління, децентралізація управління, раціональний розподіл різнорідних сил.*

Для математичного формулювання задачі оптимізації сил цивільного захисту при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій необхідно визначити математичний вигляд цільової функції (лінійна чи нелінійна), вигляд обмежень, обрати математичний метод вирішення задачі, провести дослідження методу стосовно його збіжності з отриманим результатом. На основі дослідження алгоритму оптимізації сил слід відпрацювати рекомендації щодо його використання при підготовці відповідних варіантів застосування сил цивільного захисту.

Відомо, що для формулювання задачі оптимізації сил цивільного захисту при ліквідації наслідків будь-якої надзвичайної ситуації необхідно виконати дві умови. Перша — це побудова цільової функції, друга — побудова функцій обмежень (їх може бути одна або декілька). Далі, залежно від виду цільової функції та функцій обмежень, обирається метод вирішення. Подібний підхід («операційний метод») використовується при вирішенні будь-яких задач, що належать до класу задач математичного програмування [1, 2].

Зміст задачі — оптимізація (мінімізація) складу сил цивільного захисту, який зможе при цьому досягти потрібного ефекту за директивний час за рахунок раціонального розподілу відповідних сил і засобів. Для вирішення цієї задачі розглянемо аналітичний метод нелінійного програмування [1,3].

Акт застосування сил при ліквідації наслідків будь-якої надзвичайної ситуації полягає у виконанні сукупності різнорідних завдань для досягнення мети:

$$Z = \langle z_j, j = \overline{1, n} \rangle.$$

Сили мають розрахункові одиниці (р.о.) різних спеціалізацій:

$$R = \langle r_i, i = \overline{1, n} \rangle,$$

які мають „питому” продуктивність створення ефекту по кожному завданню:

$$P = \left\| p_{ij} \right\|_{m \times n}.$$

Завдання мають пріоритети

$$C = \langle c_j, j = \overline{1, n} \rangle.$$

Планом розподілу сил по завданнях є матриця:

$$XS = \left\| x_{ij} \right\|_{m \times n}, \tag{1}$$

де  $x_{ij}$  - кількість р.о.  $i$  - го типу, що призначаються на  $j$  - те завдання.

Вважаємо, що ефект по  $j$  - му завданню такий:

$$W_j(X_{ij}) = C_j \left\{ 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_{ij})^{x_{ij}} \right\}, j = \overline{1, n}.$$

Тоді сумарний ефект щодо виконання завдань:

$$WS(X) = \sum_{j=1}^n W_j(X_{ij}, i = \overline{1, m}) = \sum_{j=1}^n C_j \left\{ 1 - \prod_{i=1}^m (1 - p_{ij})^{x_{ij}} \right\}.$$

Витрати (склад) сил по видах складуть:

$$NS = \left\langle \left( N_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \right), i = \overline{1, m} \right\rangle.$$

Планом дій (сценарієм) є матриця:

$$SS = \|s_{ij}\|_{m \times n}, \quad (2)$$

де  $s_{ij}$  — дії (заходи) сил  $x_{ij}$ .

Вектор – стовпчик матриці (2):

$$S_j = \begin{pmatrix} S_{1j} \\ S_{ij} \\ S_{mj} \end{pmatrix}, j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

дає сукупність заходів (дій) сил:

$$X_j = \begin{pmatrix} X_{1j} \\ X_{ij} \\ X_{mj} \end{pmatrix}, j = \overline{1, n}, \quad (4)$$

що являють собою процес виконання завдання  $z_j$ .

Моделлю процесу (3) і (4) є сітьовий граф  $G_j = \{G, H\}_j, j = \overline{1, n}$ , який має дуги  $G$  та інциденті до них вершини  $H$ , причому вершина  $h_0$  з дугами, що з неї виходять, є початковим станом процесу, вершина  $h_k$  із дугами, що до неї заходять, є кінцевим станом процесу, а інші вершини  $h$  є проміжними станами процесу, коли закінчуються заходи, які є вершинами, і починаються заходи, що є дугами, які виходять з вершини  $h$ . Розрахункові одиниці ресурсів (підрозділи) мають спеціалізації згідно зі змістом заходів, що складають процес —  $(G)$ .

Розглянемо процес із діями, що передбачає певний обсяг заходів, і призначені на них ресурси (рис. 1). У даному випадку індекси ресурсу —  $X_{kl}$ , де  $k, l$  — інциденті до заходу  $a_{kl}$  вершини; спочатку це  $x_{ij}$ .

Очевидно, що обсяг  $a_{kl}$  буде виконаний ресурсом  $X_{kl}$ , який має продуктивність  $a_{kl}$  за час  $\tau_{kl}$ , що визначається інтегральним рівнянням:

$$A_{kl} = \int_0^{\tau_{kl}} a_{kl}(x_{kl}, t) \cdot dt. \quad (5)$$

Якщо вважати, що  $a_{kl}(x_{kl}, t) \approx a_{kl}(1) \cdot x_{kl}$ , то (5) буде мати вигляд:

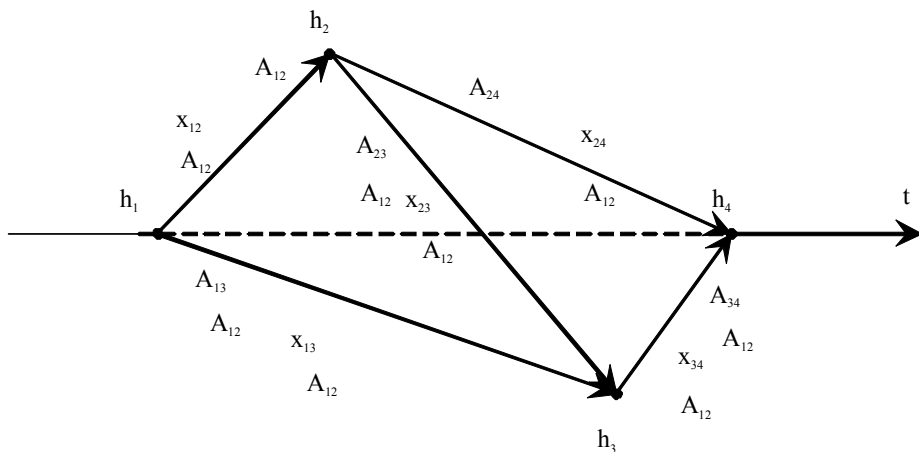
$$A_{kl} \approx a_{kl}(1) \cdot x_{kl} \cdot \tau_{kl}. \quad (6)$$



де  $a_{kl}(1)$  – нормативна продуктивність одного р.о.

Приведемо (6) до вигляду:

$$\alpha_{kl} = \frac{A_{kl}}{a_{kl}(1)} \cong (x_{kl} \cdot \tau_{kl}). \quad (7)$$



**Рис. 1. Сітвий граф процесу застосування сил цивільного захисту по діям на об'єктах при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації**

Таким чином, трудомісткість заходу  $a_{kl}$  повинна дорівнювати трудовитратам  $(x_{kl} \cdot \tau_{kl})$  на виконання завдання.

Для даного виду роботи (з обсягом  $A_i$ ) продуктивність одного р.о.  $a_{kl}(1)$  буде «нормативною», тобто константою. Тоді при виконанні  $j$  – го заходу справедливою буде залежність між потрібним складом р.о. ресурсів і часом виконання роботи, як це впливає із (7):

$$X_{kl} = \frac{\alpha_{kl}}{\tau_{kl}}; \quad (8)$$

$$\tau_{kl} = \frac{\alpha_{kl}}{X_{kl}}. \quad (9)$$

Залежності (8), (9) є гіперболами з параметром  $a_{kl}$ , але деякі методи «оптимізації» комплексу робіт (PERT) використовують приблизну (лінійну) залежність на малих інтервалах  $\Delta X_{kl}, \Delta \tau_{kl}$ . Зрозуміло, що це припущення при значних кількостях «X» ресурсів дає істотну помилку у планах розподілу ресурсів і знижує їхню ефективність.

Потужність системи в акті застосування є темпом зростання системного ефекту [2, 4]:

$$bm(t) = \frac{dWS(t)}{dt} \approx \left( \frac{\Delta WS}{\Delta t} \right). \quad (10)$$

Середня потужність за час дій:

$$BM = \frac{WS}{TS}.$$

Представимо (10) у вигляді:

$$bm(t) = \frac{dWS(t)}{dt} = \left( \frac{\partial WS}{\partial r} \right) \left( \frac{dr}{dt} \right) = b(t)a(t),$$

де  $b(t) = \frac{\partial WS}{\partial r}$  є продуктивністю ресурсів, які витрачаються (засобів) на створення системного ефекту, а  $a(t) = \frac{dr}{dt}$  - продуктивністю ресурсів, які не витрачаються (сил) на перетворення ресурсів, що забезпечують системний ефект.

Таким чином, накопичення системного ефекту у часі  $W(t) = \int_0^t b(t)a(t)dt$ , а за час акту застосування –  $WS = W(TS) = \int_0^{TS} b(t)a(t)dt$ .

Витрати потенціалу «здатності» за цей же час:

$$RS = r(TS) = \int_0^{TS} a(t)dt, \tag{11}$$

бо саме темп витрачання ресурсів, що перетворюються у системний ефект  $a(t)$  визначає ці втрати. Очевидно, що:

$$a(t) \cong a(1)(NS),$$

де  $a(1)$  — нормативна продуктивність одного р.о. сил NS.

Тоді вираз (11) набуде такого вигляду:

$$RS = \int_0^{TS} a(1)NSdt \approx a(1)(NS \cdot TS).$$

На RS зменшиться потенціал здатності щодо виконання відповідних завдань за час TS:

$$BS(t=TS) = BS(t=0) - \int_0^{TS} a(t)dt = BS(t=0) - RS(t=TS),$$

де  $BS(t=TS)$  — решта потенціалу здатності щодо виконання відповідних завдань після акту застосування. Ефективність системи цивільного захисту в акті застосування складе [2, 4]:

$$ES = \frac{WS}{RS} = \frac{WS}{a(1)(NS \cdot TS)}. \tag{12}$$

У виразі (12) ефект WS визначений рівнем «захисту» (відвернених збитків) сил  $WS^{потр}$ , час застосування  $TS^{дп}$  визначається планом дій сил цивільного захисту — об'єкту захисту,  $a(1)$  — нормативна продуктивність однієї р.о. системи цивільного захисту зі створення ефекту, яку можна не

враховувати серед показників, що є змінними. Ефективність системи цивільного захисту при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації оцінюється співвідношенням:

$$ES = \frac{WS^{nomp}}{NS \cdot TS^{dup}} \frac{[\text{од. ефекту}]}{[\text{од. сил}][\text{од. часу}]}.$$

Підвищити ефективність можливо зменшенням складу сил NS, який зможе при цьому досягти потрібного ефекту за директивний час, тобто

$$\uparrow ES \Rightarrow \frac{WS^{nomp}}{\downarrow NS \cdot TS^{dup}}.$$

Загальна задача мінімізації витрат  $RS = (NSTS)$  має дві інтерпретації [5]:

Пряма задача – на множині планів розподілу сил по об'єктах застосування  $\{X\}^{np}$ , кожний з яких  $X = \|x_{ij}\|_{m \times n}$  задовольняє умови обмеження:

$$WS(X) \geq WS^{nomp};$$

$$NS(X) \leq NS^{OШC} = \sum_{i=1}^m x_{ij}.$$

Необхідно знайти такий (оптимальний) план  $X^0 = \|x_{ij}^0\|_{m \times n}$ , що мінімізує тривалість процесу застосування:

$$TS(X^0) = \min_{\{x\}} TS(X);$$

Обернена задача – на множині  $\{X\}^{ob}$  планів розподілу сил по об'єктах застосування, кожний з яких  $X = \|x_{ij}\|_{m \times n}$  задовольняє обмеження:

$$WS(X) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n A_j \left( 1 - \prod_{i=1}^m (1 - p_{ij}) \right)^{X_{ij}} \geq WS^{nomp},$$

$$TS(X) = \sum_{j=1}^n T_j \leq TS^{dup}.$$

Потрібно знайти такий (оптимальний)  $X^0 = \|x_{ij}^0\|_{m \times n}$ , що мінімізує загальний склад сил цивільного захисту при ліквідації наслідків надзвичайної ситуації:

$$NS(X^0) = \min_{\{x\}} NS(X) = \sum_{j=1}^n X_{ij}.$$

Обидві задачі максимізують ефективність сил. Пряма задача:

$$ES^{np} = \frac{WS^{nomp}}{NS^{OШC} \min TS} = \max ES;$$

обернена:

$$ES^{ob} = \frac{WS^{nomp}}{\min NS \cdot TS^{dup}} = \max ES.$$

Продемонструємо на елементарному прикладі зміст ресурсної оптимізації процесу, яка ґрунтується на залежностях (8), (9). Нехай процес складають два послідовні заходи із запасом ресурсів  $(\alpha_1, \alpha_2)$  відповідно. Для проведення заходів виділяються ресурси (спеціалізовані) у кількості  $N$  р.о.

Планом розподілу  $N$  по заходах є вектор:

$$X = \langle x_1, x_2 \rangle, \quad (13)$$

де  $x_1$  – кількість р.о. зі спеціалізацією по заходу  $A_1$ , а  $x_2$  – по заходу  $A_2$ .

Будь-який план для прямої задачі повинен задовольняти умову – обмеження:

$$x_1 + x_2 = N. \quad (14)$$

Кожний захід, відповідно до (9), буде мати тривалість:

$$\tau_1(x_1) = \left( \frac{\alpha_1}{x_1} \right), \quad \tau_2(x_2) = \left( \frac{\alpha_2}{x_2} \right). \quad (15)$$

Загальна тривалість процесу при плані (13) складе:

$$TS(X) = \tau_1(x_1) + \tau_2(x_2) = \frac{\alpha_1}{x_1} + \frac{\alpha_2}{x_2}. \quad (16)$$

Знайдемо такий план  $X^0 \subset \{X\}$ , що мінімізує тривалість (16) при обмеженні (14).

Із (14) знайдемо  $x_2$ :

$$x_2 = (N - x_1) \quad (17)$$

і підставимо це значення у (16); одержимо цільову функцію однієї змінної  $x_1$ , тобто

$$TS(X) = \frac{\alpha_1}{x_1} + \frac{\alpha_2}{N - x_1} = TS(x_1). \quad (18)$$

Запишемо умову існування екстремуму функції (18):

$$\frac{\partial TS}{\partial x_1} = -\frac{\alpha_1}{x_1^2} - \frac{\alpha_2}{(N - x_1)^2}(-1) = 0. \quad (19)$$

Знайдемо оптимальне значення  $x_1$  вирішенням алгебраїчного рівняння (19):

$$\frac{\alpha_1}{x_1^2} = \frac{\alpha_2}{(N - x_1)^2}. \quad (20)$$

Визначаємо корінь лівої та правої частин рівняння (20) та остаточно знаходимо оптимум:

$$x_1^0 = \frac{\sqrt{\alpha_1}}{\sqrt{\alpha_1} + \sqrt{\alpha_2}} \cdot N. \quad (21)$$

Оптимальне значення другої змінної знайдемо з обмеження (17):

$$x_2^0 = N - x_1^0. \quad (22)$$

З урахуванням виразу (21) розрахункова формула буде мати вигляд:

$$x_2^0 = \frac{\sqrt{\alpha_1}}{\sqrt{\alpha_1} + \sqrt{\alpha_2}} \cdot N. \quad (23)$$

Таким чином:

$$TS(X^0) = \min_{\{x\}} TS(X) = \sum_{j=1}^2 \tau_j(x_j^0). \quad (24)$$

За аналогією, законом оптимального розподілу ресурсів по послідовним  $n$  заходам із трудовитратами  $A = \langle \alpha_j, j = \overline{1, n} \rangle$  є вектор [ 4, 5]:

$$X^0 = \left\langle \left( x_j^0 = \frac{\sqrt{\alpha_j}}{\sum_{j=1}^n \sqrt{\alpha_n}} \cdot N, j = \overline{1, n} \right) \right\rangle,$$

при якому загальна тривалість процесу мінімальна:

$$TS(X^0) = \min_{\{x\}} TS(X) = \sum_{j=1}^n \tau_j(x_j^0).$$

Користуючись простішим прикладом процесу, вирішимо обернену задачу — знайти оптимальний план розподілу ресурсів по заходах, що задовольняє обмеження по директивній тривалості процесу:

$$TS(X^0) = \tau_1(x_1) + \tau_2(x_2) = TS^{oup} \quad (25)$$

і мінімізує загальну кількість р.о. (склад сил):

$$NS(X^0) = \min_{\{x\}} NS(X) = x_1^0 + x_2^0. \quad (26)$$

Користуючись залежністю (8), підставимо у (26) значення компонент  $(x_1, x_2)$ , що виражені через тривалості:

$$NS(X) = \frac{\alpha_1}{\tau_1} + \frac{\alpha_2}{\tau_2} = \frac{\alpha_1}{\tau_1} + \frac{\alpha_2}{(TS^0 - \tau_1)}. \quad (27)$$

Знайдемо оптимальні значення  $\tau_1^0, \tau_2^0$  за умови екстремуму функції (27):

$$\frac{\partial NS}{\partial \tau_1} = \frac{-\alpha_1}{\tau_1^2} - \frac{\alpha_2}{(TS^0 - \tau_1)^2} (-1) = 0.$$

Очевидно, що:

$$\tau_1^0 = \frac{\sqrt{\alpha_1}}{\sqrt{\alpha_1} + \sqrt{\alpha_2}} TS^0; \quad (28)$$

$$\tau_2^0 = TS^{\delta} - \tau_1^0 = \frac{\sqrt{\alpha_2}}{\sqrt{\alpha_1} + \sqrt{\alpha_2}} TS^{\delta}. \quad (29)$$

Тепер компоненти оптимального плану розподілу легко знайти із (28), (29):

$$x_1^0 = \frac{\alpha_1}{\tau_1^0} = \frac{\sqrt{\alpha_1}}{TS^{\delta}} (\sqrt{\alpha_1} + \sqrt{\alpha_2});$$

$$x_2^0 = \frac{\sqrt{\alpha_2}}{TS^{\delta}} (\sqrt{\alpha_1} + \sqrt{\alpha_2}).$$

Мінімум цільової функції:

$$NS(X^0) = \min_{\{x\}} NS(X) = x_1^0 + x_2^0.$$

У загальному вигляді рішення для оберненої задачі при  $n$  заходах має вигляд:

$$\tau_j^0 = \frac{\sqrt{\alpha_j}}{TS^{\delta}} \left( \sum_{k=1}^n \sqrt{\alpha_k} \right), j = \overline{1, n}$$

$$X^0 = \left\langle x_j^0 = \left( \frac{\alpha_j}{\tau_j^0} \right), j = \overline{1, n} \right\rangle,$$

$$NS(X^0) = \min_{\{x\}} NS(X) = \sum_{j=1}^n x_j^0.$$

Слід зазначити, що для визначення складу сил для процесу застосування з директивною тривалістю як основна використовується обернена задача [8].

Обернена задача завжди забезпечує значно більшу ефективність дій сил у процесі застосування, ніж пряма. Розглянемо рис. 2 щодо ефективності.

Нехай  $CS$  – сумарна “важливість” об’єктів застосування сил  $NS$ . Якщо у завданні визначений потрібний рівень ефекту (відвернених збитків)  $WS^{потр}$ , то рішення  $X_{об}^0$  оберненої задачі розподілу дає мінімум сил  $N_{min}$ , ефективність дій яких оцінюється співвідношенням:

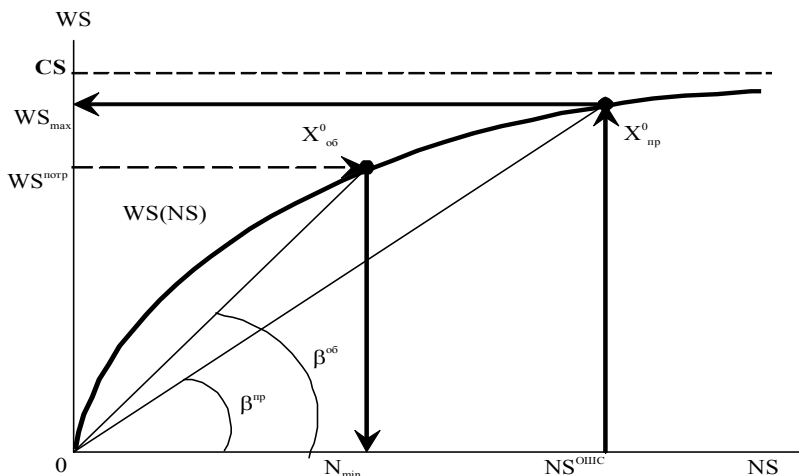
$$ES_{об} = \frac{WS^{номп}}{NS_{min}} = tg\beta^{об}. \quad (30)$$

Якщо склад сил, згідно з оргштатною структурою, є  $NS^{ОШС}$ , то рішення прямої задачі їх розподілу по об’єктах дає максимум ефекту  $WS_{max}$ , ефективність дій сил  $NS^{ОШС}$  оцінюється співвідношенням:

$$ES_{np} = \frac{\max WS}{NS^{ОШС}} = tg\beta^{np}. \quad (31)$$

Оскільки дана функція завжди є випуклою в задачах розподілу ресурсів, то, як це видно із рис. 2, ефективність (31) завжди менша, ніж (30). Крім того,

якщо  $NS^{ОШС} < NS_{\min}$ , то відповідне завдання не може бути виконане взагалі, тому виникає додаткова задача про обмеження.



**Рис. 2. Графічна інтерпретація визначення мінімального складу сил із потрібним рівнем ефекту**

Нехай завданням визначений рівень захисту об'єктів  $WS^{потр}$ . Вирішенням оберненої задачі визначається мінімум (що забезпечує досягнення потрібного рівня бойового ефекту  $WS^{потр}$ ) сил  $NS_{\min}^{об}$ .

У керівних документах з організації та виконання робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, на жаль, не визначені вимоги щодо рівня їх ефективності. Виходячи з цього, для проведення розрахунків з метою обґрунтування відповідних рекомендацій необхідно обумовити рівень ефекту системи цивільного захисту відповідної ланки, що очікується. [1, 2, 5]

Якщо наявний склад сил ( $NS^{ОШС}$ ) менший, ніж  $NS_{\min}$ , то вирішується пряма задача його розподілу з ефектом  $WS_{\max}$ , який буде менший, ніж потрібний  $WS^{потр}$ . Тоді вищий орган управління повинен зробити такі припущення: або зменшити  $WS^{потр}$  до  $WS_{\max}$  (поступка стосовно ефекту —  $\Delta WS$ ); або збільшити  $NS^{ОШС}$  до  $NS_{\min}$  (поступка стосовно складу сил —  $\Delta NS$ ); або частково зменшити  $WS^{потр}$  і збільшити  $NS$  одночасно для забезпечення виконання завдання з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

### **Висновки**

Запропонований методичний апарат дозволяє обґрунтувати кількість сил цивільного захисту, структура якого максимально пристосована до виконання завдань з ліквідації наслідків будь-якої надзвичайної ситуації в конкретному акті застосування, що є оптимальною за критерієм максимуму цільової ефективності сил, а саме: оптимальний розподіл сил по об'єктах застосування згідно з покладеним завданням за критерієм мінімуму складу сил; оптимальний план дій сил цивільного захисту в процесі виконання кожного

завдання; обчислення оптимального співвідношення різнорідних сил цивільного захисту при їх мінімальній чисельності (оптимізація структури).

**Література**

1. *Aschenbruck N., Gerhards—Padilla E., Martini P.* Modeling mobility in disaster area scenarios / *Performance Evaluation*. — December 2009. — Volume 66, Issue 12. — Pages 773—790.
2. *Alexander Fekete* Safety and security target levels: Opportunities and challenges for risk management and risk communication / *International Journal of Disaster Risk Reduction*. — December 2012. — Vol. 2. — P. 67—76.
3. *Акоф Р., Сасиени М.* Основы исследования операций. — М.: Мир, 1971. — 534 с.
4. *Барабан Ю.Л.* Основы теории оценивания эффективности сложных систем. — К.: НАОУ, 1999. — 39 с.
5. *Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г.* Экспертные оценки. — М.: Наука, 1973. — 156 с.
6. *Вентцель Е.С.* Исследование операций. — М.: Сов. радио, 1972. — 551 с.
7. *Вентцель Е.С.* Теория вероятности. — М.: Наука, 1969. — 576 с.
8. *Саати Т.* Математические методы исследования операций: Пер. с англ. — М.: Воениздат, 1963. — 420 с.

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СИЛ ГРАЖДАНСКОЙ  
ЗАЩИТЫ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ  
ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**А.В. Хиврич, Н.В. Володченко, С.Д. Коваленко**  
*Национальный университет пищевых технологий*

*В отличие от существующих методик обоснования сил гражданской защиты определенной оргштатной структуры, предлагаемая методика направлена на формирование группировки соответствующих сил, структура которой максимально приспособлена к выполнению задач по ликвидации последствий любой чрезвычайной ситуации в конкретном акте применения, что является оптимальной по критерию максимума целевой эффективности сил.*

**Ключевые слова:** *гражданская защита, ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций, оптимизация, эффективность управления, децентрализация управления, рациональное распределение разнородных сил.*



УДК 661.729.9

## **ANALYTICAL CALCULATION OF ETHANOL — WATER RECTIFICATION PROCESS**

**J. Malezhik, T. Mysyura**

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Rectification  
Theoretical plate  
Equilibrium curve  
Ethanol  
Phase equilibria*

---

**Article history:**

Received 23.07.2014  
Received in revised form  
04.08.2014  
Accepted 11.08.2014

---

**Corresponding author:**

T. Mysyura  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

An empirical equation that accurately describes the phase equilibrium curve of ethanol – water binary system for any values of concentration of alcohol is obtained. This equation is the base for analytical calculation of exhausting and concentrating section of the columns. This calculation is much more accurate than large graphical calculation and can be easily done with the help of a computer.

## **АНАЛІТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ РЕКТИФІКАЦІЇ СУМІШІ ЕТАНОЛ — ВОДА**

**І.Ф. Малезик, Т.Г. Мисюра**

*Національний університет харчових технологій*

*У статті одержано емпіричне рівняння, яке з високою точністю описує криву фазової рівноваги бінарної системи етиловий спирт — вода за будь-яких значень концентрації спирту. За допомогою цього рівняння зроблено аналітичний розрахунок виснажних і концентраційних частин колон брагоректифікаційних установок спиртових заводів. Цей розрахунок значно точніший за громіздкий графічний розрахунок і легко виконується з допомогою комп'ютера.*

**Ключові слова:** *ректифікація, теоретична тарілка, крива рівноваги, етанол, фазова рівновага.*

Розрахунок кількості теоретичних тарілок у колонах брагоректифікаційних установок спиртового виробництва здійснюється поперемінним застосуванням кривої фазової рівноваги й робочих ліній концентраційних і виснажних частин колон.

Наразі кількість теоретичних тарілок у ректифікаційних колонах визначають, як правило, графічним методом, наносячи на діаграму  $y - x$  за табличними даними криву фазової рівноваги і за відповідними рівняннями робочі лінії.

Це пояснюється відсутністю достатньо точної аналітичної залежності для спиртоводної суміші між молярним складом парової фази ( $y$ ) і рівноважної до неї рідкої фази ( $x$ ) для всього діапазону зміни концентрацій. Запропоновані різними авторами аналітичні залежності для розрахунку кривої фазової рівноваги передбачають розділення її на дві і більше частин, для кожної з яких одержано окреме емпіричне рівняння. Точність графічного методу залежить від масштабу діаграми, особливо при високих концентраціях етилового спирту.

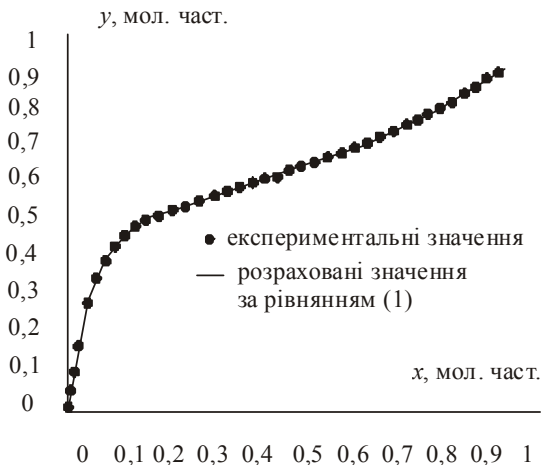
Нами одержано єдине емпіричне рівняння для розрахунку кривої фазової рівноваги бінарної системи етиловий спирт-вода за будь-яких значень концентрації спирту — від рекомендованої в промисловості концентрації спирту в кубовому залишку (0,0047 %мол.) до концентрації в азеотропній точці (89,4 %мол.):

$$y = \frac{14,501x}{1,25 + 21,927x + 28,862x^2} + 0,5x + 0,21x^3, \quad (1)$$

де  $y, x$  — молярні частки етилового спирту в парі і рідині.

На рис. 1 показано криві фазової рівноваги, що побудовані за рівнянням (1) і табличними даними, одержаними експериментально В.М. Стабніковим і Т.Б. Процюк [1].

Як видно з рис. 1, обидві криві практично збігаються. Похибка при розрахунках складає лише 0,8 %, що менше за похибку при одержанні експериментальних даних.



**Рис. 1. Криві фазової рівноваги бінарної суміші етанол — вода, побудовані за експериментальними даними і рівнянням (1)**

Для аналітичного розрахунку кількості теоретичних тарілок (ступенів зміни концентрацій) у ректифікаційних колонах необхідно поперемінно використовувати рівняння фазової рівноваги (1) і рівняння робочих ліній виснажної і концентраційної частин колони. Розрахунок починають від точки  $x_R$  (концентрації етанолу в кубовому залишку) для виснажної колони або виснажної частини ректифікаційної колони і від точки  $x_M$  (концентрації етанолу в початковій суміші) при розрахунках концентраційної частини ректифікаційної колони. За значенням  $x_R$  або  $x_M$  визначають концентрацію етанолу в парі  $y_1$  за рівнянням (1), а за  $y_1$  за рівнянням робочої лінії розраховують концентрацію етанолу в рідині, що стікає з вище розташованої тарілки  $x_1$ . Згідно з таким напрямком розрахунку необхідно рівняння робочих ліній перетворити із залежності  $y=f(x)$  у залежність  $x=\varphi(y)$ . Тоді рівняння робочої лінії для виснажної частини колони при обігріванні відкритою парою матиме вигляд:

$$x = \frac{G}{L}y + x_R = qy + x_R; \quad (2)$$

при закритому обігріву колони:

$$x = \frac{G}{L}(y - x_R) + x_R = q(y - x_R) + x_R, \quad (3)$$

де  $G$  і  $L$  — потоки пари і рідини, кмоль/с;  $q=G/L$ .

Приймаємо, що початкова суміш надходить у колону при температурі кипіння. Тоді відношення матиме вигляд:

$$G/L = \frac{v+1}{v + M/D}, \quad (4)$$

де  $v$  — флегмове число (відношення молярної кількості флегми до кількості дистилляту);  $M$  і  $D$  — відповідно, молярна витрата початкової суміші і дистилляту.

На рис.2 наведена схема алгоритму аналітичного розрахунку кількості теоретичних тарілок у виснажній частині ректифікаційної колони при нагріванні відкритою (гострою) парою. Розрахунок починається від  $x_R$  і закінчується, коли значення  $x$  буде більше або дорівнювати молярній частці етанолу  $x_M$  в початковій суміші (на тарілці живлення).

При закритому обігріві колони в схемі алгоритму, наведеної на рис.3, замість рівняння (2) використовується рівняння (3).

Для концентраційної частини ректифікаційної колони рівняння робочої лінії, виражене відносно  $x$ , має вигляд:

$$x = \frac{v+1}{v}y - \frac{x_D}{v}, \quad (5)$$

де  $x_D$  — молярна частка етанолу в дистилляті (готовому продукті).

Схема алгоритму аналітичного розрахунку кількості теоретичних тарілок у концентраційній частині ректифікаційної колони наведена на рис.4.

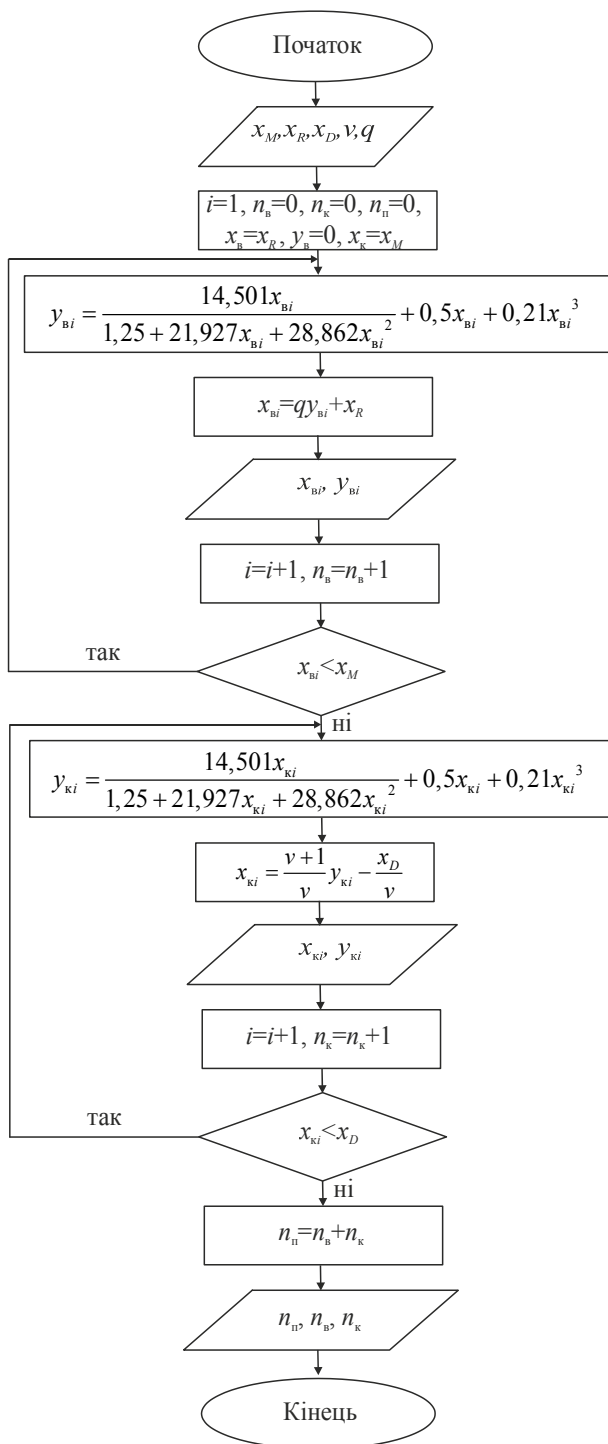


Рис. 2. Схеми алгоритму розрахунку кількості теоретичних тарілок у повній ректифікаційній колоні

Розрахунок кількості теоретичних тарілок у концентраційній колоні або концентраційній частині повної колони починається від  $x_M$  і закінчується, коли поточне значення  $x$  дорівнює або перевищує молярну частку етанолу  $x_D$  в дистилаті. На рис.2 наведена схема алгоритму розрахунку кількості теоретичних тарілок у повній ректифікаційній колоні.

Для розрахунку кількості дійсних тарілок у ректифікаційній колоні можна користуватися рівнянням:

$$n_d = n_t / \eta, \quad (6)$$

де  $n_t$  — кількість теоретичних тарілок;  $\eta$  — коефіцієнт корисної дії колони.

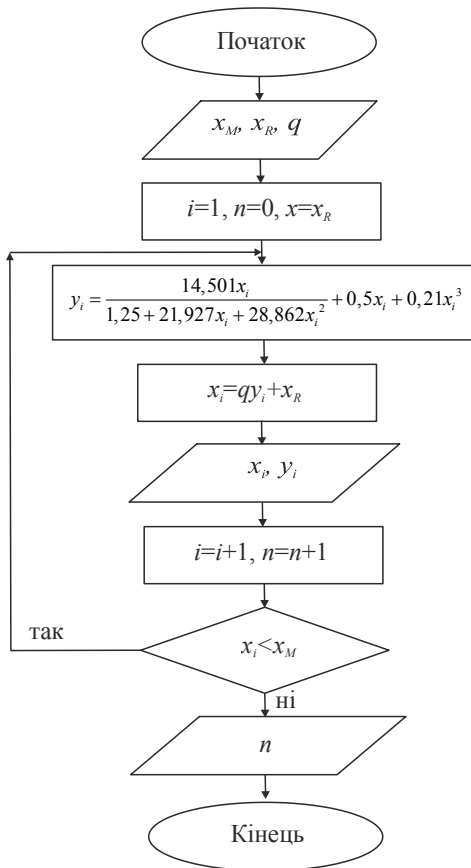


Рис. 3. Схема алгоритму розрахунку кількості теоретичних тарілок у виснажній частині ректифікаційної колони при нагрівання відкритою парою

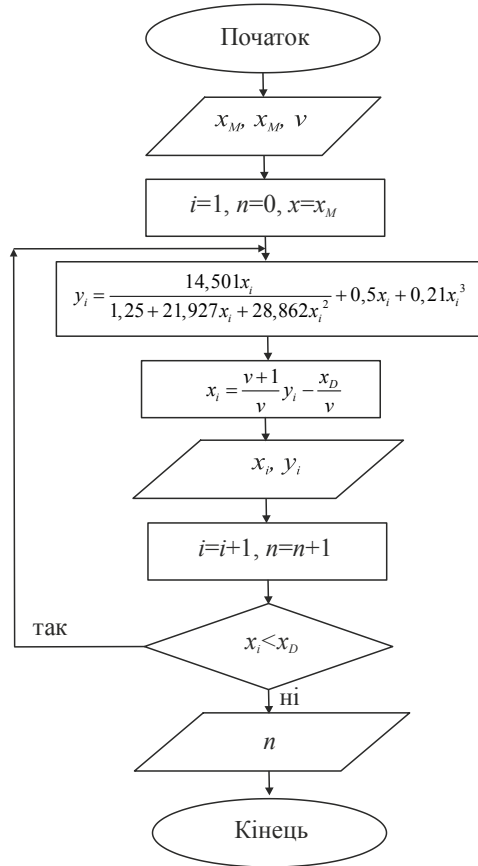


Рис. 4. Схема алгоритму розрахунку кількості теоретичних тарілок у концентраційній частині ректифікаційної колони

### Висновок

Вперше одержано єдине емпіричне рівняння, що описує криву фазової рівноваги бінарної суміші етанол — вода, що надає можливість замінити наближений графічний розрахунок кількості теоретичних тарілок у

ректифікаційних колонах спиртової промисловості на значно точніший аналітичний розрахунок.

**Література**

1. *Стабников В.Н.* Этиловый спирт. // В.Н. Стабников, И.М. Ройтер, Т.Б. Процок. — М.: Пищевая промышленность, 1976. — 272с.
2. *Цыганков П.С.* Ректификационные установки спиртовой промышленности. — М.: «Легкая и пищевая промышленность», 1984. — 336 с.
3. *Гребенюк С.М.* Расчеты и задачи по процессам и аппаратам пищевых производств / С.М. Гребенюк, Н.С. Михеева, Ю.П. Грачев и др. — М.: Агропромиздат, 1987. — 304 с.

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЦЕССА  
РЕКТИФИКАЦИИ СМЕСИ ЭТАНОЛ — ВОДА**

**И.Ф. Малезик, Т.Г. Мисюра**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье получено эмпирическое уравнение, которое с высокой точностью описывает кривую фазового равновесия бинарной системы этиловый спирт — вода при любых значениях концентрации спирта. С помощью этого уравнения разработан аналитический расчет исчерпывающих и концентрационных частей колонн брагоректификационных установок спиртовых заводов. Этот расчет значительно точнее от громоздкого графического расчета и легко выполняется с помощью компьютера.*

**Ключевые слова:** *ректификация, теоретическая тарелка, кривая равновесия, этанол, фазовое равновесие.*

## DISTRIBUTING OF TEMPERATURES WITHIN THE SURFACE OF HEAT EXCHANGE: BOILING MASSECUITE

V. Kulinchenko

*National University of Food Technologies*

D. Kaptanovskiy

*Cherkaskiy State Technological University*

---

**Key words:**

*Natural convection*

*Boiling*

*Large volume*

*Massecuite*

*Weeds temperatures*

*Extrapolated thickness of overheated layer*

**Article history:**

Received 16.07.2014

Received in revised form  
01.08.2014

Accepted 15.08.2014

**Corresponding author:**

V. Kulinchenko

**Email:**

vitrokul@gmail.com

---

**ABSTRACT**

The task of stationary diamesuring convection natural heat exchange is considered between the surface of heat exchange (horizontal copper tube diameter is 6 mm) and boiling in a large volume to massecuite with maintenance of crystalline phase 10—50 %. The temperature fields between the surface of heat exchange and a free surface of massecuite have been determined experimentally; these fields consist of two areas: the overheated layer within the limits of surface of heat exchange, where a temperature gradually diminishes, and the area of practically unchanging temperature out of this layer. Calculation dependence, which allows defining the extrapolated thickness of the overheated layer, has been obtained and, thus, the change of all thermal and physical parameters depending upon a variable temperature factor can be estimated.

---

## РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУР У МЕЖАХ ПОВЕРХНЯ ТЕПЛОБМІНУ — КИПЛЯЧИЙ УТФЕЛЬ

В.Р. Кулінченко

*Національний університет харчових технологій*

Д.В. Каптановський

*Черкаський державний технологічний університет*

У статті розглянуто задачу стаціонарного двовимірного конвективного природного теплообміну між поверхнею теплообміну (горизонтальна мідна трубка діаметром 6 мм) і киплячим у великому об'ємі утфелем із вмістом кристалічної фази 10—50 %. Дослідним шляхом визначено температурні поля між поверхнею теплообміну і вільною поверхнею утфеля, які складаються з двох областей — перегрітого шару в межах поверхні теплообміну, де температура поступово зменшується, і практично незмінної температури поза цим шаром. Отримано розрахункову залежність, яка дозволяє визначити екстрапольовану товщину перегрітого шару  $i$ , таким чином, оцінити зміну всіх теплофізичних параметрів, що залежать від змінного температурного фактора.

**Ключові слова:** природна конвекція, кипіння, великий об'єм, утфель, поле температур, екстрапольована товщина перегрітого шару.

Для вивчення тепловіддачі при кипінні високов'язких цукрових утфелів важливо знати розподіл їхніх температур в елементах конструкцій вакуум-апаратів. Поле температур і пов'язана з ним товщина перегрітого пристінного шару залежать від інтенсивності теплового потоку  $q$ , масової концентрації сухих речовин  $СР_y$ , тиску  $p$ , швидкості циркуляції  $W$ , що зумовлює зростання парової фази, відривні розміри бульбашок, число центрів паротворення і частоту генерації бульбашок. Знання параметрів, які певною мірою визначають механізм кипіння, дозволить створити фізичну модель процесу тепловіддачі і визначити його інтенсивність.

У працях [1, 2] відсутній аналітичний опис зміни градієнта температури. У зв'язку з цим на дослідній установці виконані вимірювання поля температур за висотою киплячого утфелю по поточній ординаті  $H$ , що змінюється від нуля біля поверхні теплообміну до дзеркала випаровування.

На рис. 1 показані результати вимірювань поля температур  $T$  у киплячих утфелях з різним вмістом твердої фази при  $p = 13,1$  кПа і  $q = 40$  кВт/м<sup>2</sup>. Кожна експериментальна точка на рис. 1 є середнім значенням пульсації температури, виміряної температурним зондом за проміжок часу, протягом якого зонд залишався нерухомим. Розгляд розподілу температури показав, що падіння  $T$  за висотою киплячого утфелю відбувається в основному всередині пристінного шару, що омиває поверхню теплообміну.

Із зростанням масового вмісту кристалів цукру в утфелі, тобто з підвищенням ефективної в'язкості, збільшується і пристінний шар, в якому утфель значно перегрітий порівняно з температурою кипіння, відповідній температурі насичення з урахуванням фізико-хімічної депресії при певному  $p$ .

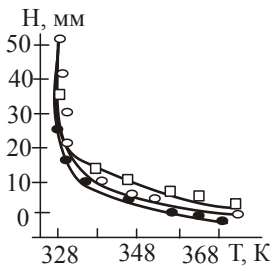


Рис. 1. Вміст твердої фази, %:  
● — 10; ○ — 30; □ — 50

Майже вся корисна різниця  $T$  «спрацьовується» в пристінних шарах, тому внаслідок високої інтенсивності тепловіддачі до утфеля і малої теплопровідності пари порівняно з ефективною теплопровідністю утфелю можна вважати, що практично все тепло передається від поверхні нагріву до утфелю, а потім вже паровим бульбашкам шляхом випаровування в них рідини. Парові бульбашки, що ростуть і відриваються від поверхні теплообміну, турбулізують пристінний шар, проте для

утфелів він досягає значних розмірів. Так, постійна температура встановлюється при  $q = 10$  кВт/м<sup>2</sup> на відстані  $H = 55$  мм від поверхні теплообміну, а при  $q = 80$  кВт/м<sup>2</sup> —  $H = 30$  мм.

З технологічного боку існування значного за розмірами перегрітого шару призводить до утворення поля концентрацій, в якому міжкристальний розчин утфелів зазнає змін насичення. Так, у пристінних, значно перегрітих шарах, міжкристальний розчин утфелів знаходиться в ненасиченому стані, що, згідно з [3],



призводить до включення його в западини і тріщини кристалів, які згодом заростають, потрапляючи в менш перегріті і пересичені області, що спричиняє збільшення термозабарвлених домішок і погіршення якості кристалічної сахарози.

Зупинимося на детальнішому аналізі температурних полів (рис. 1). Усі виміряні температурні профілі киплячих утфелів характеризуються наявністю лінійної ділянки, розташованої над поверхнею теплообміну. Дослідження дозволили визначити товщину теплового перегрітого шару  $\delta$  при змінних тепловому потоці і кількості СР в утфелях. У праці [2] товщина теплового пристінного шару визначена як висота над поверхнею, за межами якої середня температура в киплячому утфелі постійна. У [4] зазначається, що важко визначити, на якій саме висоті ця умова досягається, оскільки неможливо з'ясувати, де температурний градієнт дорівнює нулю, а область високого перегріву рідин охоплює невелику висоту від поверхні теплообміну, яка значно менша за величини  $\delta$ , наведені в [2].

Для аналізу температурних полів використовували методику, розроблену в [4], побудовану на припущенні, що в пристінному шарі різниця  $T$  має найбільше значення. Товщину цього шару  $\delta$  можна визначити як відстань від стінки, на якій дотична до температурного профілю біля поверхні теплообміну перетинає лінію постійної температури рідини в об'ємі.

Ця дотична фактично є уявним продовженням (екстраполяцією) лінійної частини розподілу температури на температуру рідини, що знаходиться в об'ємі, тому  $\delta$  можна назвати екстрапольованою товщиною перегрітого шару (ЕТПШ). Слід зазначити, що цей параметр достатньо точно відображає товщину перегрітої області пристінного шару.

Для киплячих утфелів ЕТПШ є функцією двох змінних  $\delta = f(q, \text{СР}_y)$ , що враховують вплив теплофізичних і режимних параметрів, оскільки для даних стабільних і метастабільних утфелів  $\text{СР}_y = f(p)$ , а  $p \sim T$ . Із збільшенням  $q$  при  $\text{СР}_y = \text{const}$  ЕТПШ зменшуватиметься, а при  $q = \text{const}$  і зростаючому вмісті СР утфелю — підвищуватися (рис. 2). З рис.2 видно, що нанесені лінії практично прямі, паралельні між собою. Це дає підставу припустити, що залежність  $\delta = f(q, \text{СР}_y)$  можна представити в загальному вигляді емпіричною формулою:

$$\delta = A \text{СР}_y + Bq + C, \quad (1)$$

де  $A, B, C$  — постійні емпіричного рівняння.

Після визначення постійних емпірична формула в першому наближенні матиме вигляд:

$$\delta = 0,377 \text{СР}_y - 0,2q - 7,8 \quad (2)$$

де ЕТПШ —  $\delta$ , мм;  $\text{СР}_y$  — масовий вміст СР утфелю, %;  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>.

Рівняння (2) дозволяє визначити ЕТПШ для утфелів із вмістом кристалів цукру до 50% при зміні  $q$  до 80 кВт/м<sup>2</sup> і  $p > 5,2$  кПа. Це охоплює область набагато ширшу за ту, в якій працюють вакуум-апарати цукрової промисловості.

При визначенні температурних полів відмічено, що температурні пульсації досягають максимуму на певній висоті від поверхні нагріву, приблизно рівній ЕТПШ. Це дає підставу стверджувати, що в цій області відбувається сильна турбулізація, яка призводить до того, що відносно холодний утфель, який знаходиться над перегрітим шаром, опускається всередину, тобто до поверхні теплообміну.

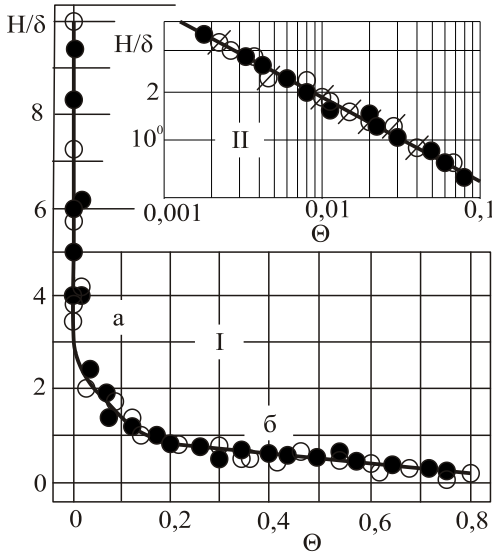


Рис. 2. Залежність ЕТПШ від інтенсивності теплового потоку при  $CR_y$  %: ● — 76,4; ○ — 81,7; □ — 87,0 і масового вмісту  $CR$  при  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>: ○ — 10; ● — 40; □ — 80

Отримана таким чином величина ЕТПШ дозволяє знайти довжину прямолінійної частини температурного профілю і місце, де температурні флуктуації досягають свого максимуму. Рівняння (2) дозволяє розраховувати величину  $\delta$  за відсутності даних вимірювання температурного профілю.

Обробка дослідних даних у вигляді безрозмірної температури від безрозмірного лінійного розміру

$$\frac{T - T_i}{T_{co} - T_i} = \theta = f\left(\frac{H}{\delta}\right) \quad (3)$$

дозволила отримати узагальнений температурний профіль, для якого прямолінійна частина описується рівнянням (рис. 3—І):

$$\frac{T - T_i}{T_{co} - T_i} = 1 - \frac{H}{\delta}, \quad 0 \leq \frac{H}{\delta} \leq 0,9. \quad (4)$$

Умова, що обмежує рівняння (4), показує, що кінець прямолінійної частини (точка  $\delta$ , рис. 2 — І) температурного профілю відхиляється від лінійного закону при ЕТПШ  $\approx 0,9 H/\delta$ .

За ділянкою з лінійним розподілом температури лежить область, де безрозмірна різниця температур зв'язана степеневу залежністю з безрозмірною функцією ( $H/\delta$ ) (рис. 2.І (а—б) і рис. 2 — ІІ). Ця залежність описується рівнянням:

$$\frac{T - T_n}{T_{ct} - T_n} = A \left(\frac{H}{\delta}\right)^n, \quad \frac{H}{\delta} > 0,9. \quad (5)$$

де  $A$  — постійний коефіцієнт, що визначається шляхом сумісного вирішення рівнянь (4) і (5) в точці перегину, тобто при  $H = 0,9$ .

Визначити показник степеня  $n$  рівняння (5) важко, оскільки величина  $n$  може бути функцією або розподілу активних центрів на поверхні теплообміну або гідродинамічних умов в пристінному шарі, або того й іншого одночасно.

Згідно з дослідними даними (рис. 3), в першому наближенні можна вважати, що  $n = -3,2$ .

Отже, для нелінійної області розподілу  $T$  температурний профіль можна виразити рівнянням (5) при  $A = 0,078$  і  $n = -3,2$ , з якого видно, що безрозмірна температура обернено пропорційна відношенню лінійних розмірів у степені —

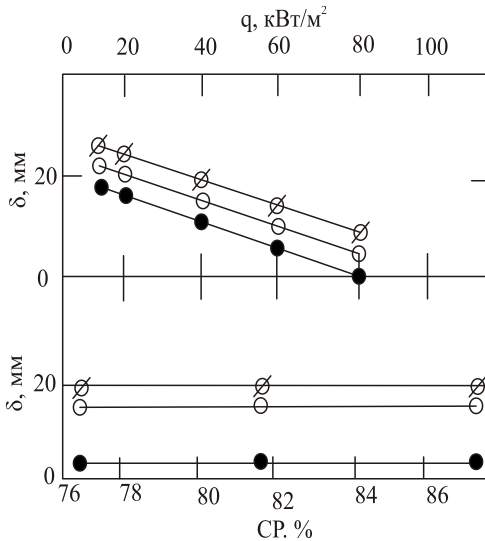


Рис. 3. Безрозмірний температурний профіль киплячих утфелів при  $p$ , кПа:  $\circ$  – 13,1;  $\bullet$  – 41,7

будь-якій точці можна визначити температуру, яка надасть можливість оцінити теплофізичні параметри киплячого утфелю.

### Література

1. *Гаряжа В. Т.* Температурное поле вакуум-аппарата с подвесной кольцевой камерой. — Труды Киевского технологического института пищевой промышленности. — 1955. — Вып. 15. — С. 217—223.
2. *Попов В. Д.* Основы теории тепло - и массообмена при кристаллизации сахарозы. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 319 с.
3. *Хониг П.* Принципы технологии сахара. — М.: Пищепромиздат, 1961. — 615 с.
4. *Marcus B. P., Dropkin D.* Experimental research of temperature types in the overheated boundary layer above a horizontal surface at the bubble boiling of water in a large volume. Trans ASME, J. Heat Transfer. — 1965. — 86, № 3. — С. 14—34.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В ПРЕДЕЛАХ ПОВЕРХНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА – КИПЯЩИЙ УТФЕЛЬ

В.Р. Кулинченко

Национальный университет пищевых технологий

Д.В. Каптановский

Черкасский государственный технологический университет

В статье рассмотрена задача стационарного двухмерного конвективного естественного теплообмена между поверхностью теплообмена (горизонтальная медная трубка диаметром 6 мм) и кипящим в большом объеме утфелем с содержанием кристаллической фазы 10-50 %. Опытным

3,2. Розв’язок цієї задачі в більш загальному вигляді вимагає додаткових систематичних досліджень.

За отриманими температурними кривими можна розрахунковим шляхом визначити поля пересичень, в’язкість, густини, а також кількість уварюваної маси, що піддається дії високих температур.

### Висновки

1. Отримане емпіричне рівняння дає змогу визначити екстрапольовану товщину перегрітого шару в киплячих утфелях.

2. За рівняннями (4), (5) в

путем получены температурные поля между поверхностью теплообмена и свободной поверхности утфеля, которые состоят из двух областей – перегретого слоя в пределах поверхности теплообмена, где температура постепенно уменьшается, и практически неизменной температуры вне этого слоя. Получена расчетная зависимость, которая позволяет определить экстраполированную толщину перегретого слоя и, таким образом, судить об изменении всех теплофизических параметров, зависящих от переменного температурного фактора.

**Ключевые слова:** естественная конвекция, кипение, большой объем, утфель, полет температур, экстраполированная толщина перегретого слоя.

## MATHEMATICAL MODELING OF HEAT EXCHANGE PROCESSES

T. Pogoriliyy

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Cellular model*

*Heat transfer*

*Nonstationary equation*

*Discontinuous boundary conditions*

*Analytical solution*

---

**Article history:**

Received 15.07.2014

Received in revised form  
20.07.2014

Accepted 01.08.2014

---

**Corresponding author:**

T. Pogoriliyy

**E-mail:**

taras22@mail.ru

---

**ABSTRACT**

The extension of study on creating mathematical model of heat transfer between the cells of sucrose and a vapor bubble is presented in this article. A geometric model, which was established on the basis of cellular models, is still used for the following system: sugar crystal of a smaller cell -sucrose solution of smaller cell - vapor bubble - sucrose solution of bigger cell — sugar crystal of bigger cells in three-dimensional case. However, in this case, the rectangular area which corresponds to the bigger cell of sucrose solution is pointed out during the change from two-dimensional to three-dimensional model. The analytical solution of the nonstationary problem of heat transfer in two-dimensional case with patchy discontinuous on one side (left) and continuous ones on all the other sides of the domain boundary conditions and inhomogeneous initial condition has been proposed in this study.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ

Т.М. Погорілий

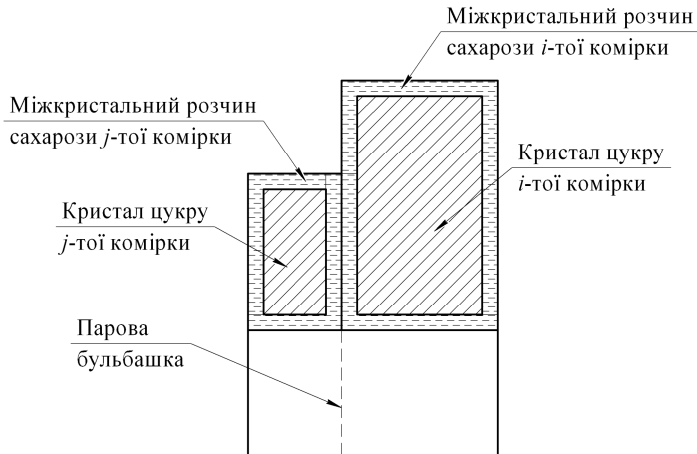
Національний університет харчових технологій

*У статті представлено продовження створення математичної моделі процесу теплообміну між комірками сахарози та паровою бульбашкою. Геометрична модель, що була створена на основі комірчастої моделі і розглядалась для системи: кристал цукру меншої комірки–розчин сахарози меншої комірки–парова бульбашка–розчин сахарози більшої комірки–кристал цукру більшої комірки в тривимірному випадку, використовується й надалі. Але в даному випадку при переході від об'ємної моделі до двовимірної виділено саме ту прямокутну область, яка відповідає більшій комірці розчину сахарози. Саме для неї й розглядається аналітичний розв'язок нестационарної задачі теплопровідності в двовимірному випадку з неоднорідними розривними на одній із бічних сторін (лівій) і неперервними на всіх інших сторонах області граничними умовами другого роду та неоднорідною початковою умовою.*

**Ключові слова:** *комірчаста модель, теплообмін, нестационарне рівняння, розривні граничні умови, аналітичний розв'язок.*

З метою подальшого створення математичної моделі [1] процесу тепло- та масообміну між комірками сахарози при масовому уварюванні цукрового утфелю було використано вже створену автором [2] геометричну тривимірну модель кристал цукру меншої комірки–розчин сахарози меншої комірки–парова бульбашка–розчин сахарози більшої комірки–кристал цукру більшої комірки.

З отриманої геометричної моделі міжкристальний розчин сахарози меншої  $j$ -ої комірки–кристал цукру меншої  $j$ -ої комірки–парова бульбашка–кристал цукру більшої  $i$ -ої комірки–міжкристальний розчин сахарози більшої  $i$ -ої комірки в тривимірному випадку перейдемо до геометричної моделі в двовимірному випадку (рис. 1).



**Рис. 1.** Двовимірна модель міжкристальний розчин меншої  $j$ -ої комірки–кристал меншої  $j$ -ої комірки сахарози–парова бульбашка–кристал більшої  $i$ -ої комірки сахарози–міжкристальний розчин більшої  $i$ -ої комірки при масовій кристалізації утфелю

У створеній двовимірній моделі міжкристальний розчин сахарози меншої  $j$ -ої комірки–кристал цукру меншої  $j$ -ої комірки–парова бульбашка–кристал цукру більшої  $i$ -ої комірки–міжкристальний розчин сахарози більшої  $i$ -ої комірки вибираємо саме ту двовимірну прямокутну область, яка відповідає області розчину сахарози більшої комірки, оскільки там граничні умови мають розривний характер на лівій границі, що безпосередньо видно з рис. 1. Для цієї області потрібно знайти аналітичний розв’язок нестационарної задачі теплопровідності. Для цього сформулювали постановку задачі (початкові та граничні умови) та провели пошук її розв’язання.

Отже, потрібно знайти аналітичний розв’язок нестационарного рівняння теплопровідності в двовимірному випадку для прямокутної області (рис. 2) [3, 4]:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right), \quad (1)$$

де  $u(x,y,t)$ , °C — функція розподілу температури в прямокутній області  $D = \{(x,y) | x_1 \leq x \leq x_2, y_1 \leq y \leq y_2\}$ , в залежності від координат  $x, y$ , м та часу  $t$ , с;

$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}$ ,  $\text{м/с}^2$  — коефіцієнт температуропровідності;  $\lambda$ ,  $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$  — коефіцієнт теплопровідності;  $c$ ,  $\text{кДж/(кг}\cdot\text{К)}$  — теплоємність;  $\rho$ ,  $\text{кг/м}^3$  — густина речовини, з неоднорідними розривними на одній із бічних сторін та неперервними на всіх інших сторонах області  $D$  граничними умовами другого роду (рис. 1):

$$\left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_1}} = -\frac{\mu_1(t)}{\lambda}, \quad \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_2}} = -\frac{\mu_2(t)}{\lambda}, \quad (t \geq 0), \quad (2, \text{а})$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_2 \\ y_1 \leq y \leq y_2}} = -\frac{\mu_3(t)}{\lambda}, \quad (t \geq 0), \quad (2, \text{б})$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{\substack{y=y_1 \\ x_1 \leq x \leq x_2}} = -\frac{\mu_4(t)}{\lambda}, \quad \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{\substack{y=y_2 \\ x_1 \leq x \leq x_2}} = -\frac{\mu_5(t)}{\lambda}, \quad (t \geq 0) \quad (2, \text{в})$$

та наступною неоднорідною початковою умовою:

$$u(x, y, t) \Big|_{t=0} = \varphi(x, y), \quad (x_1 \leq x \leq x_2, y_1 \leq y \leq y_2). \quad (3)$$

Знаходження розв'язку даної задачі проводилось з використанням методу розділення змінних Фур'є [3, 4]. Варто зауважити, що безпосередньо застосовувати метод Фур'є розділення змінних для розв'язання поставленої нестационарної задачі теплопровідності (1)—(3) в даному випадку неможливо через неоднорідні (тотожно не рівні нулю) граничні умови (2, а)—(2, в). Зважаючи на це, задача (1)—(3) була зведена до такого вигляду, коли вже буде можливе безпосереднє застосування методу Фур'є [3, 4]. Розв'язок задачі (1)—(3) шукався у вигляді суми двох функцій  $v(x, y, t)$  та  $U(x, y, t)$ :

$$u(x, y, t) = v(x, y, t) + U(x, y, t), \quad (4)$$

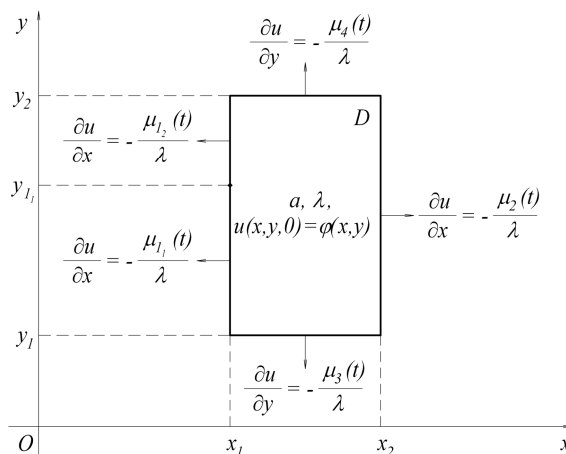


Рис. 2. Нестационарна задача теплопровідності для двохвимірної прямокутної області  $D$  з неоднорідними розривними на одній із бічних сторін та неперервними на всіх інших сторонах області  $D$  граничними умовами другого роду та неоднорідною початковою умовою

де функцію  $U(x,y,t)$  обрано таким чином, щоб задовольнялись неоднорідні розривні на одній із бічних сторін та неперервні на всіх інших сторонах граничні умови (2, а)—(2, в), тобто:

$$\left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_1}} = -\frac{\mu_1(t)}{\lambda}, \quad \left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_2}} = -\frac{\mu_2(t)}{\lambda}, \quad (t \geq 0), \quad (5, \text{а})$$

$$\left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_2 \\ y_1 \leq y \leq y_2}} = -\frac{\mu_2(t)}{\lambda}, \quad (t \geq 0). \quad (5, \text{б})$$

$$\left. \frac{\partial U}{\partial y} \right|_{\substack{y=y_1 \\ x_1 \leq x \leq x_2}} = -\frac{\mu_3(t)}{\lambda}, \quad \left. \frac{\partial U}{\partial y} \right|_{\substack{y=y_2 \\ x_1 \leq x \leq x_2}} = -\frac{\mu_4(t)}{\lambda}, \quad (t \geq 0). \quad (5, \text{в})$$

Шукана функція  $U(x,y,t)$  матиме такий вигляд:

$$\begin{aligned} U(x,y,t) = & -\frac{1}{\lambda \cdot (x_2 - x_1)} \cdot [x \cdot (x_2 \cdot \{\mu_1(t)[H(y - y_1) - H(y - y_1)] + \\ & + \mu_2(t)[H(y - y_1) - H(y - y_2)]\} - x_1 \cdot \mu_2(t)) + \\ & + \frac{x^2}{2} \cdot (\mu_2(t) - \{\mu_1(t)[H(y - y_1) - H(y - y_1)] + \mu_2(t)[H(y - y_1) - H(y - y_2)]\}) - \\ & - \frac{1}{\lambda \cdot (y_2 - y_1)} [y \cdot (y_2 \cdot \mu_3(t) - y_1 \cdot \mu_4(t)) + \frac{y^2}{2} \cdot (\mu_4(t) - \mu_3(t))], \end{aligned} \quad (6)$$

де функція  $H(x)$  — симетрична одинична функція Хевісайда [5].

З урахуванням граничних умов (2, а)—(2, в) та початкової умови (3), а також вибору функції  $U(x,y,t)$ , що задовольняє граничні умови (5, а)—(5, в), шукана функція  $v(x,y,t)$ , у свою чергу, повинна задовольняти такі розривні на одній із бічних сторін і неперервні на всіх інших сторонах граничні умови:

$$\left. \frac{\partial v}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_1}} = \left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_1}} - \left. \frac{\partial U}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_1}} = 0, \quad (t \geq 0), \quad (7, \text{а})$$

$$\left. \frac{\partial v}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_2}} = 0, \quad (t \geq 0), \quad (7, \text{б})$$

$$\left. \frac{\partial v}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_2 \\ y_1 \leq y \leq y_2}} = 0, \quad \left. \frac{\partial v}{\partial y} \right|_{\substack{y=y_1 \\ x_1 \leq x \leq x_2}} = 0, \quad \left. \frac{\partial v}{\partial y} \right|_{\substack{y=y_2 \\ x_1 \leq x \leq x_2}} = 0, \quad (t \geq 0), \quad (7, \text{в})$$

а також наступній початковій умові:

$$v(x,y,t)|_{t=0} = u(x,y,t)|_{t=0} - U(x,y,t)|_{t=0} = \psi(x,y). \quad (8)$$

Відповідно, функція  $\psi(x,y)$ , виходячи з умови (8), буде дорівнювати:



$$\begin{aligned} \psi(x, y) = & \varphi(x, y) + \frac{1}{\lambda \cdot (x_2 - x_1)} \left[ x(x_2 \cdot \{\mu_1(0)[H(y - y_1) - H(y - y_1)]\} + \right. \\ & + \mu_{1_2}(0)[H(y - y_1) - H(y - y_2)] - x_1 \cdot \mu_2(0) + \\ & \left. + \frac{x^2}{2} \cdot (\mu_2(0) - \{\mu_1(0)[H(y - y_1) - H(y - y_1)] + \mu_{1_2}(0)[H(y - y_1) - H(y - y_2)]\}) \right] + \\ & + \frac{1}{\lambda \cdot (y_2 - y_1)} \left[ y \cdot (y_2 \cdot \mu_3(0) - y_1 \cdot \mu_4(0)) + \frac{y^2}{2} \cdot (\mu_4(0) - \mu_3(0)) \right]. \end{aligned} \quad (9)$$

Диференціальне рівняння теплопровідності для функції  $v(x, y, t)$  на основі (4) запишеться в наступному вигляді:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + a \left( \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) - \frac{\partial U}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + f(x, y, t), \quad (10)$$

де функція  $f(x, y, t)$ , в свою чергу, буде знаходитись з наступного виразу:

$$\begin{aligned} f(x, y, t) = & a \left( \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) - \frac{\partial U}{\partial t} = -\frac{1}{\lambda \cdot (x_2 - x_1)} \left[ a(\mu_2(t) - \right. \\ & - \{\mu_1(t)[H(y - y_1) - H(y - y_1)] + \mu_{1_2}(t)[H(y - y_1) - H(y - y_2)]\}) - \\ & - x \cdot (x_2 \cdot \{\mu_1'(t)[H(y - y_1) - H(y - y_1)] + \mu_{1_2}'(t)[H(y - y_1) - H(y - y_2)]\}) - \\ & - x_1 \cdot \mu_2'(t) - \left. \frac{x^2}{2} \cdot (\mu_2'(t) - \{\mu_1'(t)[H(y - y_1) - H(y - y_1)] + \right. \\ & + \mu_{1_2}'(t)[H(y - y_1) - H(y - y_2)]\}) - \frac{1}{\lambda \cdot (y_2 - y_1)} \left[ a(\mu_4(t) - \mu_3(t)) - \right. \\ & \left. - y \cdot (y_2 \cdot \mu_3'(t) - y_1 \cdot \mu_4'(t)) - \frac{y^2}{2} \cdot (\mu_4'(t) - \mu_3'(t)) \right]. \end{aligned} \quad (11)$$

Через неоднорідність диференціального рівняння (10) та неоднорідну початкову умову (8) застосувати метод розділення змінних Фур'є для знаходження вже нової шуканої функції  $v(x, y, t)$  все ще неможливо. Зважаючи на це, подамо функцію  $v(x, y, t)$  у вигляді суми двох функцій  $v_1(x, y, t)$  та  $v_2(x, y, t)$ :

$$v(x, y, t) = v_1(x, y, t) + v_2(x, y, t). \quad (12)$$

Слід зазначити, що функція  $v_1(x, y, t)$  обирається такою, щоб задовольнити таке нестационарне однорідне рівняння теплопровідності:

$$\frac{\partial v_1}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 v_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_1}{\partial y^2} \right), \quad (13)$$

з однорідними на основі (7) розривними на одній із бічних сторін і неперервними на всіх інших сторонах граничними умовами:

$$\left. \frac{\partial v_1}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_1}} = 0, \quad \left. \frac{\partial v_1}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_2}} = 0, \quad (t \geq 0), \quad (14, a)$$

$$\left. \frac{\partial v_1}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_2 \\ y_1 \leq y \leq y_2}} = 0, \quad \left. \frac{\partial v_1}{\partial y} \right|_{\substack{y=y_1 \\ x_1 \leq x \leq x_2}} = 0, \quad \left. \frac{\partial v_1}{\partial y} \right|_{\substack{y=y_2 \\ x_1 \leq x \leq x_2}} = 0, (t \geq 0), \quad (14, б)$$

і такою неоднорідною початковою умовою:

$$v_1(x, y, t)|_{t=0} = \psi(x, y), \quad (15)$$

враховуючи, що функція  $\psi(x, y)$  знаходиться з виразу (9).

З урахуванням вибору таких умов для функції  $v_1(x, y, t)$  функція  $v_2(x, y, t)$  буде задовольняти таке нестационарне неоднорідне рівняння теплопровідності:

$$\frac{\partial v_2}{\partial t} = a \left( \frac{\partial^2 v_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_2}{\partial y^2} \right) + f(x, y, t), \quad (16)$$

з однорідними розривними на одній із бічних сторін і неперервними на всіх інших сторонах граничними умовами:

$$\left. \frac{\partial v_2}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_1}} = 0, \quad \left. \frac{\partial v_2}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_1 \\ y_1 \leq y \leq y_2}} = 0, \quad (t \geq 0), \quad (17, a)$$

$$\left. \frac{\partial v_2}{\partial x} \right|_{\substack{x=x_2 \\ y_1 \leq y \leq y_2}} = 0, \quad \left. \frac{\partial v_2}{\partial y} \right|_{\substack{y=y_1 \\ x_1 \leq x \leq x_2}} = 0, \quad \left. \frac{\partial v_2}{\partial y} \right|_{\substack{y=y_2 \\ x_1 \leq x \leq x_2}} = 0, (t \geq 0), \quad (17, б)$$

і такою однорідною початковою умовою:

$$v_2(x, y, t)|_{t=0} = 0. \quad (18)$$

Оскільки через вибір функції  $U(x, y, t)$  (6) граничні умови (14) вже однорідні, то при безпосередньому застосуванні до задачі теплопровідності (13)–(15) методу розділення змінних Фур'є розв'язок для функції  $v_1(x, y, t)$  можна записати в такому вигляді [2]:

$$v_1(x, y, t) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} A_{m,n} \cdot e^{-a \left( \left( \frac{m\pi}{x_2-x_1} \right)^2 + \left( \frac{n\pi}{y_2-y_1} \right)^2 \right) t} \cdot \cos \frac{m\pi(x-x_1)}{x_2-x_1} \cdot \cos \frac{n\pi(y-y_1)}{y_2-y_1}, \quad (19)$$

де коефіцієнти  $A_{m,n}$ , ( $m \geq 0, n \geq 0$ ) визначаються з таких виразів:

$$A_{0,0} = \frac{1}{x_2-x_1} \cdot \frac{1}{y_2-y_1} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \psi(\xi, \eta) d\xi d\eta, \quad (20)$$

$$A_{m,0} = \frac{2}{x_2 - x_1} \cdot \frac{1}{y_2 - y_1} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \psi(\xi, \eta) \cdot \cos \frac{m\pi(\xi - x_1)}{x_2 - x_1} d\xi d\eta, \quad (m \geq 1), \quad (21)$$

$$A_{0,n} = \frac{1}{x_2 - x_1} \cdot \frac{2}{y_2 - y_1} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \psi(\xi, \eta) \cdot \cos \frac{n\pi(\eta - y_1)}{y_2 - y_1} d\xi d\eta, \quad (n \geq 1), \quad (22)$$

$$A_{m,n} = \frac{2}{x_2 - x_1} \cdot \frac{2}{y_2 - y_1} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} \psi(\xi, \eta) \cdot \cos \frac{m\pi(\xi - x_1)}{x_2 - x_1} \cdot \cos \frac{n\pi(\eta - y_1)}{y_2 - y_1} d\xi d\eta, \quad (m, n \geq 1). \quad (23)$$

Розв'язок задачі теплопровідності (16)–(18) для функції  $v_2(x, y, t)$ , у свою чергу, можна записати в такому вигляді [3]:

$$v_2(x, y, t) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} T_{2_{m,n}}(t) \cdot \cos \frac{m\pi(x - x_1)}{x_2 - x_1} \cdot \cos \frac{n\pi(y - y_1)}{y_2 - y_1}, \quad (24)$$

де, відповідно, коефіцієнти  $T_{2_{m,n}}(t)$ , ( $m \geq 0, n \geq 0$ ), знаходяться з таких виразів:

$$T_{2_{m,n}}(t) = \int_0^t e^{-a \cdot \left( \left( \frac{m\pi}{x_2 - x_1} \right)^2 + \left( \frac{n\pi}{y_2 - y_1} \right)^2 \right) (t - \tau)} \cdot f_{m,n}(\tau) d\tau, \quad (m, n \geq 0). \quad (25)$$

Коефіцієнти  $f_{m,n}(t)$ , ( $m \geq 0, n \geq 0$ ), у свою чергу, знаходяться з таких виразів:

$$f_{0,0}(t) = \frac{1}{x_2 - x_1} \cdot \frac{1}{y_2 - y_1} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} f(\xi, \eta, t) d\xi d\eta, \quad (26)$$

$$f_{m,0}(t) = \frac{2}{x_2 - x_1} \cdot \frac{1}{y_2 - y_1} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} f(\xi, \eta, t) \cdot \cos \frac{m\pi(\xi - x_1)}{x_2 - x_1} d\xi d\eta, \quad (m \geq 1), \quad (27)$$

$$f_{0,n}(t) = \frac{1}{x_2 - x_1} \cdot \frac{2}{y_2 - y_1} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} f(\xi, \eta, t) \cdot \cos \frac{n\pi(\eta - y_1)}{y_2 - y_1} d\xi d\eta, \quad (n \geq 1), \quad (28)$$

$$f_{m,n}(t) = \frac{2}{x_2 - x_1} \cdot \frac{2}{y_2 - y_1} \int_{x_1}^{x_2} \int_{y_1}^{y_2} f(\xi, \eta, t) \cdot \cos \frac{m\pi(\xi - x_1)}{x_2 - x_1} \cdot \cos \frac{n\pi(\eta - y_1)}{y_2 - y_1} d\xi d\eta, \quad (m, n \geq 1) \quad (29)$$

де функція  $f(x, y, t)$  в підінтегральних виразах (26)–(29) записується на основі виразу (10).

Остаточно, розв'язок вихідної нестационарної задачі теплопровідності (1)–(3) на основі (4) та (12) буде записано через суму функцій:

$$u(x, y, t) = U(x, y, t) + v_1(x, y, t) + v_2(x, y, t), \quad (30)$$

де функція  $U(x,y,t)$  представлена виразом (6); функція  $v_1(x,y,t)$  — виразом (19), де коефіцієнти  $A_{m,n}$ , ( $m \geq 0, n \geq 0$ ), у свою чергу, знаходяться з виразів (20)–(23); функція  $v_2(x,y,t)$  — представлена виразом (24), де шукані коефіцієнти  $T_{2,m,n}(t)$ , ( $m \geq 0, n \geq 0$ ) та  $f_{m,n}(t)$ , ( $m \geq 0, n \geq 0$ ) знаходяться, відповідно, з виразів (25) і (26)–(29).

Отже, за допомогою введення функції  $U(x,y,t)$ , що записана виразом (6) та розкладанні функції  $v(x,y,t)$  (12) на суму двох функцій  $v_1(x,y,t)$  та  $v_2(x,y,t)$ , що, відповідно, задовольняють диференціальні рівняння теплопровідності в частинних похідних (13) та (16) з відповідними однорідними розривними на одній із бічних сторін та неперервними на всіх інших сторонах граничними (14) та (17) і початковими (15) та (18) умовами, стало можливим застосувати метод розділення змінних Фур'є в кожному з випадків для розв'язання поставленої нестационарної задачі теплопровідності в двовимірному випадку для прямокутної області (1) з неоднорідними розривними на одній із бічних сторін і неперервними на всіх інших сторонах області граничними умовами другого роду (2, а)—(2, б) та неоднорідною початковою умовою (3), остаточний розв'язок якої записано через вираз (30).

### **Висновок**

На основі створеної тривимірної комірчастої моделі кристал цукру меншої комірки–розчин сахарози меншої комірки–парова бульбашка–розчин сахарози більшої комірки–кристал цукру більшої комірки зроблено перехід до двовимірної моделі та виділено одну область з розривними неоднорідними граничними умовами, що відповідає розчину сахарози більшої комірки. Для цієї області знайдено аналітичний розв'язок нестационарної задачі теплопровідності з неоднорідними розривними на одній із бічних сторін (лівій) і неперервними на всіх інших сторонах області граничними умовами другого роду та неоднорідною початковою умовою.

### **Література**

1. *Погорельий Т. М. Мирончук В. Г.* Математическое моделирование процесса рекристаллизации на основании аналитических решений нестационарных задач теплопроводности в двухмерном случае для прямоугольных областей с неоднородными (непрерывными и разрывными на одной из сторон) граничными условиями и неоднородными начальными условиями // Тезисы докладов и сообщений XIV Минского международного форума по тепло- и массообмену, 10—13 сентября 2012 г. — Том 1, Часть 2. — Минск: Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, 2012. — С. 761—764.
2. *Погорілий Т. М.* Математичне моделювання процесу теплообміну між комірками сахарози на основі аналітичного розв'язку нестационарної задачі теплопровідності в двовимірному випадку для прямокутної області з неоднорідними граничними умовами другого роду та неоднорідною початковою умовою. // Наукові праці НУХТ. — К.: 2014. — Т. 20, №2. — С. 136—145.
3. *Лыков А. В.* Теория теплопроводности. — М.: Высшая школа, 1967. — 599 с.

4. Кошляков Н. С., Глинер Э. Б., Смирнов М. М. Уравнения в частных производных математической физики. Учеб. пособие для мех.-мат. фак. ун-тов. — М.: Высшая школа, 1970. — 712 с.

5. Корн Г., Корн Т., Справочник по математике (для научных сотрудников и инженеров). — М.: Наука, 1974. — 832 с.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА**

**Т.М. Погорелый**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье представлено продолжение создания математической модели процесса теплообмена между ячейками сахарозы и паровым пузырьком. Геометрическая модель, которая была создана на основании ячеистой модели и рассматривалась для системы: кристалл сахара меньшей ячейки–раствор сахарозы меньшей ячейки–паровой пузырек–раствор сахарозы большей ячейки–кристалл сахара большей ячейки в трехмерном случае, используется и в дальнейшем. Но в данном случае при переходе от объемной модели к двумерной выделена именно та прямоугольная область, которая соответствует большей ячейке раствора сахарозы. Именно для нее и рассматривается аналитическое решение нестационарной задачи теплопроводности в двумерном случае с неоднородными разрывными на одной из сторон (левой) и непрерывными на всех остальных сторонах области граничными условиями и неоднородным начальным условием.*

**Ключевые слова:** *ячеистая модель, теплообмен, нестационарное уравнение, разрывные граничные условия, аналитическое решение.*

УДК 536.2.08:620.1.08:691.6

## RESEARCH OF THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF THIN ENERGY-EFFICIENT COVERINGS BY HEATMETRICAL METHODS

A. Mazurenko

*National University of Food Technologies*

Z. Burova, L. Vorobyov, L. Dekusha

*Institute of Engineering Thermophysics, NAS of Ukraine*

---

**Key words:**

*Thermophysical properties  
Heat-insulating paints  
Energy-efficient glasses  
Heat flow transducers  
Heat conductivity  
Emission coefficient  
Coefficient of solar radiation absorption*

---

**Article history:**

Received 11.07.2014

Received in revised form

20.07.2014

Accepted 02.08.2014

---

**Corresponding author:**

A. Mazurenko

**E-mail:**

npuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The measurement techniques of heat conductivity, emission coefficient and coefficient of solar radiation absorption of thin energy-effective coverings are considered and it is offered to use measurement instrumentation for this purpose, produced in Ukraine — device IT-7C for heat conductivity measurement, heat flow transducers and the RAP-12SR radiometer. Results of measurement of thermophysical properties of some coverings, such as heat-insulating paints and energy-efficient glasses are given.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОНКИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ПОКРИТТІВ ТЕПЛОМЕТРИЧНИМИ МЕТОДАМИ

О.Г. Мазуренко

*Національний університет харчових технологій*

З.А. Бурова, Л.Й. Воробйов, Л.В. Декуша

*Інститут технічної теплофізики НАН України*

*У статті розглянуто методики вимірювання теплопровідності, коефіцієнта емісії й коефіцієнта поглинання сонячного випромінення тонких енергоефективних покриттів і запропоновано використовувати для цього засоби вимірювань, що випускаються в Україні, — установку ИТ-7С для вимірювання теплопровідності, перетворювачі теплового потоку та радіометр РАП-12СР. Приведено результати досліджень теплофізичних властивостей деяких покриттів — теплоізоляційних фарб та енергоефективних стекол.*

**Ключові слова:** теплофізичні властивості, теплоізоляційні фарби, енергоефективні стекла, перетворювачі теплового потоку, теплопровідність, коефіцієнт емісії, коефіцієнт поглинання сонячного випромінення.

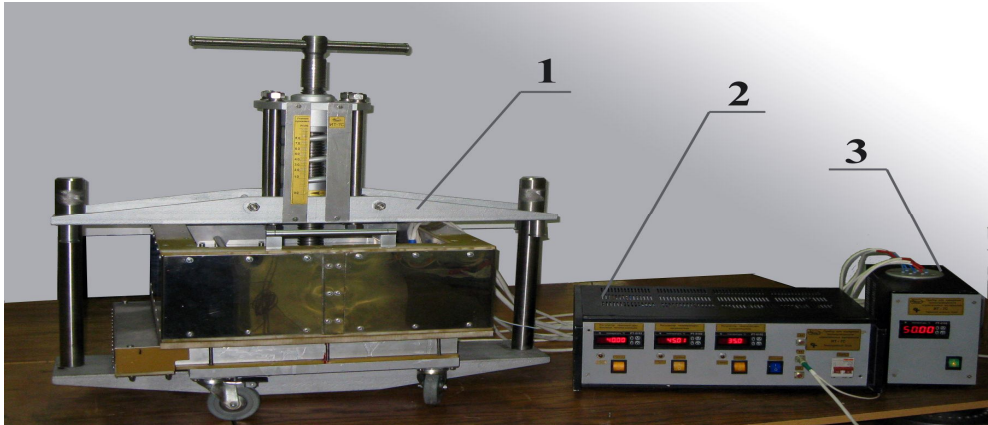
Применение современных высокоэффективных теплоизоляционных материалов для изоляции холодильного, технологического, энергетического оборудования и строительных ограждающих конструкций позволяет повысить энергоэффективность в производственной и коммунальной отраслях и уменьшить затраты энергоресурсов. На рынке все время появляются новые теплоизоляторы, среди которых особое место занимают материалы, применяемые в виде тонкого слоя, наносимого на конструкционный материал при его производстве либо непосредственно на готовое изделие или конструкцию. Наиболее распространены два вида таких материалов — стекла для светопрозрачных конструкций с энергоэффективными покрытиями и так называемые «теплоизоляционные» краски и мастики на основе акриловых и керамических связующих, содержащие полые керамические или стеклянные микросферы. Для объективной оценки энергоэффективности применения теплоизоляционных материалов необходимо выполнение двух условий — наличие достоверной информации о теплофизических свойствах материала и применение корректной методики расчета теплообмена и теплозащитных свойств конструкции в конкретных условиях применения этого материала.

«Теплоизоляционные» краски и мастики на основе акриловых и керамических связующих, как правило, наносят слоем толщиной 1...2 мм, который после высыхания образует твердое или относительно эластичное покрытие. Для оценки теплоизоляционных свойств таких материалов в разных условиях эксплуатации необходимы данные не только о коэффициенте эмиссии, но и о коэффициенте теплопроводности, а в случае условий эксплуатации при воздействии солнечного излучения — о коэффициенте поглощения солнечного излучения  $A_s$ . К сожалению, многие зарубежные и отечественные фирмы-производители указанных красок в рекламных целях используют не объективные теплофизические характеристики, а, например, некий «эффективный» или «эквивалентный» коэффициент теплопроводности либо значение некоего показателя «R-value», которые определяют в специально придуманных экспериментах, условия проведения которых существенно отличаются от реальных условий теплообмена при эксплуатации теплоизолированных конструкций [1, 2]. Методы расчета теплообмена, необходимой теплоизоляции и теплопотерь хорошо известны [3, 4], а для некоторых технических объектов нормированы стандартами [5, 6]. Однако методическое и приборное обеспечение экспериментального определения коэффициента теплопроводности тонких покрытий и терморadiационных характеристик требуют дополнительной проработки.

В Украине разработаны и выпускаются приборы, позволяющие определять теплофизические свойства материалов и параметры теплообмена установок и конструкций. В настоящей статье рассмотрены такие приборы и

специфические методики их применения для определения теплофизических свойств тонкослойных теплоизоляционных материалов.

Установка ИТ-7С (рис. 1), разработана в соответствии с ДСТУ ISO 8301:2007 [7] и предназначена для определения теплового сопротивления и коэффициента теплопроводности строительных материалов [8].



**Рис. 1. Внешний вид установки ИТ-7С:** 1 — тепловой блок, 2 — электронный блок, 3 — блок термостатирования опорных спаев

*Технические характеристики установки ИТ-7С:*

- диапазон значений коэффициента теплопроводности 0,02...3,0 Вт/(м·К);
- границы основной относительной погрешности измерений  $\pm 3\%$ ;
- диапазон рабочих значений температуры - 40...180 °С;
- размер образца 300×300×120 мм (max).

Метод измерения, реализованный в установке ИТ-7С, заключается в создании стационарного теплового потока, проходящего через плоский образец в направлении, перпендикулярном лицевым (наибольшим) граням образца, измерении плотности этого теплового потока, разности температуры противоположных лицевых граней и толщины образца и вычислении коэффициента теплопроводности образца по результатам измерений. Толщина образца материала, исследуемого в установке ИТ-7С, не должна превышать 120 мм, а минимальная рекомендуемая толщина составляет 5...10 мм.

*Методика измерения коэффициента теплопроводности тонких покрытий*

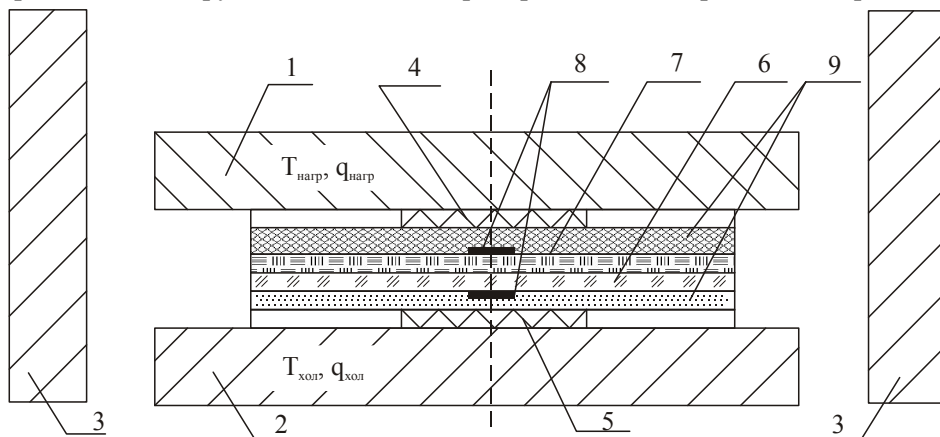
Для исследования теплопроводности тонких теплоизоляционных красок (покрытий) разработана следующая методика измерения: Из жесткого листового диэлектрического материала, например, из ровного листового стекла толщиной 3...4 мм, изготавливают подложку образца с размерами в плане 300×300 мм. С помощью штангенциркуля измеряют толщину подложки.

На установке ИТ-7С измеряют тепловое сопротивление подложки. На подложку наносят равномерный слой исследуемой краски толщиной 1...2 мм, соблюдая технологию нанесения, и выдерживают образец необходимое время до полного высыхания краски. Штангенциркулем измеряют полную толщину



подготовленного образца и вычисляют толщину покрытия как разницу между толщиной окрашенного образца и толщиной подложки.

Помещают окрашенный образец в ячейку теплового блока установки ИТ-7С (рис.2), причем в центрах рабочих поверхностей образца размещают спаи ленточной дифференциальной термопары толщиной 0,05...0,07 мм. Между рабочими поверхностями образца и преобразователями теплового потока установки ИТ-7С располагают слой мягкого пористого материала — поролон, который обеспечивает прижатие спаев термопар к поверхности образца и нивелирует возможные микронеровности поверхности покрытия.



**Рис. 2.** Схема размещения образца в измерительной ячейке теплового блока установки ИТ-7С: 1 — нагреватель; 2 — холодильник; 3 — боковая теплоизоляция; 4 — верхний преобразователь теплового потока; 5 — нижний преобразователь теплового потока; 6 — стеклянная подложка; 7 — исследуемое покрытие; 8 — спаи ленточной дифференциальной термопары; 9 — слой поролон

В установке ИТ-7С устанавливают такие значения температуры нагревателя и холодильника, чтобы перепад температуры на лицевых гранях исследуемого образца составлял 5...7 К, а средняя температура образца соответствовала необходимой температуре измерения.

После установления стационарного теплового режима регистрируют значения разницы температуры, плотности теплового потока через образец и вычисляют значение коэффициента теплопроводности исследуемого покрытия по формуле:

$$\lambda_{\text{ПОК}} = h_{\text{ПОК}} \cdot (\Delta T / q_{\text{СР}} - R_{\text{СТ}})^{-1}, \quad (1)$$

где  $h_{\text{ПОК}}$  — толщина слоя покрытия;

$\Delta T$  — разница значений температуры на рабочих поверхностях образца;

$q_{\text{СР}}$  — средняя плотность теплового потока через образец;

$R_{\text{СТ}}$  — тепловое сопротивление стеклянной подложки.

По данной методике установке ИТ-7С проведены экспериментальные исследования теплопроводности нескольких типов красок и мастик.

Измеренные значения коэффициента теплопроводности для исследованных покрытий лежат в диапазоне 0,05...0,13 Вт/(м·К), то есть соответствуют теплопроводности обычных теплоизоляционных материалов и не противоречат расчетным данным для пористой акриловой смолы.

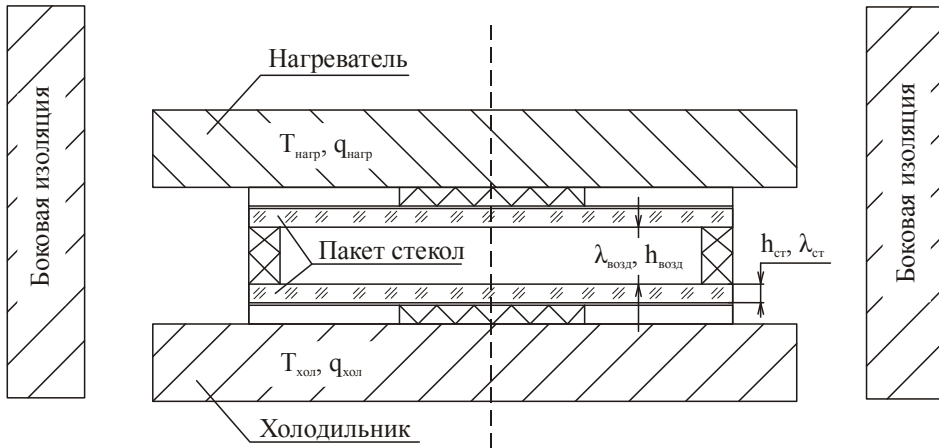
Теплозащитные свойства тонких покрытий характеризуются не только коэффициентом теплопроводности, но терморadiационными характеристиками (ТРХ) поверхности. Для теплообмена между поверхностями с температурой до нескольких сотен градусов наиболее важной ТРХ является коэффициент эмиссии (степень черноты) — отношение количества энергии, излучаемой поверхностью к энергии, излучаемой абсолютно черным телом с той же температурой. Стекла с энергоэффективными покрытиями обычно характеризуют интегральным полусферическим коэффициентом эмиссии, который для обычного оконного стекла составляет 0,837, а для стекол с низкоэмиссионным покрытием — менее 0,12. Методы расчета теплозащитных свойств многослойных светопрозрачных конструкций достаточно хорошо разработаны, действуют соответствующие стандарты [9, 10], на основе которых разработаны программные пакеты, позволяющие рассчитывать сопротивление теплопередаче (или обратную величину — коэффициент теплопередачи) на основе данных о свойствах применяемых материалов. В Украине применяют низкоэмиссионное стекло как отечественного, так и зарубежного производства, причем отсутствие на данный момент единой методики определения ТРХ энергоэффективных стекол и покрытий приводит к расхождениям в определении их свойств, а иногда и к целенаправленному декларированию высококачественных характеристик с целью рекламы в сугубо коммерческих целях. Известные методы и приборы для измерения ТРХ предназначены, как правило, для работы в видимом и ближнем ИК-диапазоне, что ограничивает их широкое применение для измерения теплозащитных характеристик энергоэффективных стекол и покрытий.

В настоящее время в Украине действует ряд нормативных документов [9—11], в которых регламентирована методика определения ТРХ энергоэффективных стекол оптическим способом. Согласно этой методике для 30 рекомендованных значений длины волны в диапазоне 5,5...50,0 мкм с применением специализированного прибора (ИК-спектрофотометра Фурье) измеряют спектральные коэффициенты отражения при средней температуре 283 К, после чего рассчитывают нормальный коэффициент отражения как их среднее арифметическое. Используя нормальный коэффициент отражения, определяют нормальный коэффициент эмиссии, а затем проводят пересчет в интегральные полусферические величины с использованием рекомендованных эмпирических коэффициентов. Собственная приборная база для проведения таких исследований в Украине отсутствует, а стоимость же ИК-спектрофотометра импортного производства со спектральным диапазоном до 50 мкм составляет несколько сотен тысяч гривен. Вследствие длительности и дороговизны подобных исследований проводят их, как правило, один раз при сертификации нового типа энергоэффективного стекла при уже отработанной технологии производства или вообще используют литературные данные для близких аналогов. В ИГТФ НАНУ разработан калориметрический метод и

соответствующий прибор для определения ТРХ стекол [11, 12]. Однако, пока этот прибор также не получил достаточного распространения.

*Методика измерения коэффициента эмиссии поверхности*

Для проведения измерений ТРХ энергоэффективных покрытий на установке ИТ-7С формируют опытный образец (рис. 3) в виде блока (пакета) из стекол с воздушным промежутком заданной величины  $h_{\text{ВОЗД}}$ . Стекла располагают параллельно одно к другому, при этом стороны с покрытием должны быть внутри, то есть обращены друг к другу. Пакет стекол устанавливают в измерительную ячейку теплового блока установки ИТ-7С и задают значения температуры нагревателя  $T_{\text{НАГР}}$  и холодильника  $T_{\text{ХОЛ}}$  блока таким образом, чтобы перепад температуры на поверхностях опытного пакета составлял приблизительно 10 К. В стационарном режиме измеряют разницу температур на верхней и нижней поверхностях блока стекол и плотность теплового потока, проходящего сквозь этот блок.



**Рис. 3. Схема размещения опытного пакета в измерительной ячейке теплового блока установки ИТ-7С**

На основании проведенных измерений рассчитывают тепловое сопротивление пакета стекол по формуле:

$$R_{\text{ПАК}} = \frac{\Delta T}{q_{\text{СР}}} = \frac{T_{\text{НАГР}} - T_{\text{ХОЛ}}}{0,5 \cdot (q_{\text{НАГР}} + q_{\text{ХОЛ}})}. \quad (2)$$

С другой стороны, учитывая тепловое сопротивление самих стекол и теплообмен в воздушном зазоре, тепловое сопротивление блока стекол составляет:

$$R_{\text{ПАК}} = 2R_{\text{СТ}} + \left( \frac{1}{R_{\text{ВОЗД}}} + \frac{1}{R_{\text{РАД}}} \right)^{-1} = \frac{2h_{\text{СТ}}}{\lambda_{\text{СТ}}} + \left( \frac{\lambda_{\text{ВОЗД}}}{h_{\text{ВОЗД}}} + 4\epsilon_{\text{ПР}} \cdot \sigma \cdot T_{\text{СР}}^3 \right)^{-1}, \quad (3)$$

где тепловое сопротивление стекла и воздушного зазора равны, соответственно:

$$R_{\text{СТ}} = h_{\text{СТ}} / \lambda_{\text{СТ}}, \quad R_{\text{ВОЗД}} = h_{\text{ВОЗД}} / \lambda_{\text{ВОЗД}}, \quad (4)$$

а радиационная составляющая теплового сопротивления воздушного зазора составляет:

$$R_{\text{РАД}} = \left( 4\varepsilon_{\text{ПР}} \cdot \sigma \cdot T_{\text{СР}}^3 \right)^{-1}, \quad (5)$$

где  $\varepsilon_{\text{ПР}}$  — приведенный коэффициент эмиссии пакета;

$T_{\text{СР}} = 0,5 \cdot (T_{\text{НАГР}} + T_{\text{ХОЛ}})$  — среднее значение температуры пакета, К;

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$  — постоянная Стефана-Больцмана.

Из выражений (2) и (3) получим формулу для расчета  $\varepsilon_{\text{ПР}}$  :

$$\varepsilon_{\text{ПР}} = \left[ \left( \frac{\Delta T}{q_{\text{СР}}} - \frac{2h_{\text{СТ}}}{\lambda_{\text{СТ}}} \right)^{-1} - \frac{\lambda_{\text{ВОЗД}}}{h_{\text{ВОЗД}}} \right] / 4\sigma \cdot T_{\text{СР}}^3. \quad (6)$$

Используя полученное значение приведенного коэффициента эмиссии пакета и учитывая, что для двух бесконечных параллельных пластин справедливым является выражение [4]

$$\varepsilon_{\text{ПР}} = \left( 2\varepsilon_{\text{ПОК}}^{-1} - 1 \right)^{-1}, \quad (7)$$

рассчитывают коэффициент эмиссии поверхности энергоэффективного стекла (покрытия) по формуле:

$$\varepsilon_{\text{ПОК}} = 2 \cdot \left( \varepsilon_{\text{ПР}}^{-1} + 1 \right)^{-1}. \quad (8)$$

Апробация методики проведена путем исследования чистых прозрачных и затененных стекол, а также стекол с низкоэмиссионным мягким (i-стекло) и жестким (k-стекло) покрытием с варьированием толщин стекла и воздушной прослойки в опытном пакете. Для чистых оконных стекол найденные значения коэффициента эмиссии составляют 0,838...0,843, для i-стекла — 0,055...0,062, для k-стекла — 0,182...0,188. Полученные данные соответствуют справочным и сертификационным данным для низкоэмиссионных стекол в пределах погрешности измерений.

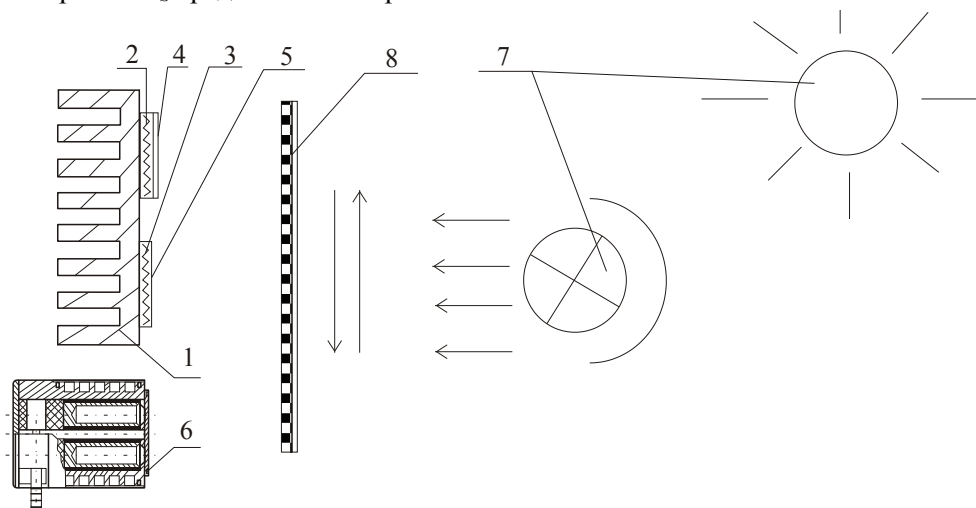
С применением описанной методики измерен коэффициент эмиссии некоторых «теплоизоляционных» красок. При этом в качестве значения теплового сопротивления стекла  $R_{\text{СТ}}$  принимается суммарное сопротивление стекла с покрытием. Значения коэффициента эмиссии для исследованных красок — 0,82...0,87.

*Методика измерения коэффициента поглощения солнечного излучения  $A_s$*

Часто одной из основных задач покрытий конструкций, оборудования и зданий является защита от нагрева солнечным излучением. Покрытия, отражающие солнечное излучение, используются в аэрокосмической отрасли, для защиты рефрижераторов, газопроводов и газгольдеров, зданий и сооружений в регионах с высокой инсоляцией. Основная доля энергии солнечного излучения приходится на ближний инфракрасный, видимый и ультрафиолетовый спектральные диапазоны. ТРХ материалов могут

существенно зависеть от спектрального диапазона излучения, поэтому характеристики солнцезащитных покрытий нужно определять при воздействии излучения близкого по спектру к солнечному.

Коэффициент поглощения солнечного излучения  $A_S$  определяется как отношение поглощенной радиационной энергии к полной энергии падающего солнечного излучения. Предлагаемая схема размещения приборов при измерении  $A_S$  представлена на рис. 4.



**Рис. 4.** Схема размещения приборов при измерении коэффициента поглощения солнечного излучения  $A_S$ : 1 — термостатированное основание; 2, 3 — преобразователи теплового потока (ПТП); 4 — образец исследуемого покрытия; 5 — образец покрытия с известным коэффициентом поглощения солнечного излучения; 6 — абсолютный полостной приемник излучения; 7 — источник излучения, по спектру соответствующий излучению Солнцу; 8 — подвижный экран с отражающим покрытием

На термостатируемом теплопроводном основании 1 размещены преобразователи теплового потока (ПТП) 2 и 3 [13, 14], на один из которых нанесен образец исследуемого покрытия 4 с неизвестным коэффициентом поглощения  $A_{SX}$ , а на другой — образец покрытия 5 с известным коэффициентом поглощения солнечного излучения  $A_{SO}$ . В случае отсутствия покрытия с известным коэффициентом поглощения солнечного излучения дополнительно может быть применен абсолютный полостной приемник солнечного излучения 6, например, радиометр РАП-12СР [15], позволяющий провести прямые измерения плотности потока излучения. Полостной приемник солнечного излучения устанавливается так, чтобы его входная диафрагма располагалась в той же плоскости, что и исследуемое покрытие. Образцы покрытий и радиометр подвергаются действию излучения от источника 7, в качестве которого может быть применено либо непосредственно Солнце, либо имитатор солнечного излучения. Использование для экспозиции Солнца возможно только при ясной безоблачной погоде, а также необходимо корректировать положение приемников излучения в зависимости от видимого движения диска Солнца по небосводу. При использовании имитатора солнечного излучения,

например, на базе ксеноновых ламп с температурой около 6000°C, необходимо обеспечить равномерное поле потока излучения на рабочих поверхностях применяемых приборов. При использовании любого типа источника излучения необходимо минимизировать воздействие на приемники переотраженного от окружающих объектов излучения или излучения нагретых тел. Перед экспонируемыми приборами располагают подвижный экран с отражающим покрытием 8, позволяющий попеременно подвергать приемники воздействию излучения и закрывать от него.

Измерения проводят методом поочередной смены солнечного облучения и затенения с помощью подвижного экрана 8. Измеряют сигналы преобразователей теплового потока и радиометра при затенении, а затем, убирая подвижный экран, воздействуют на приемники солнечным излучением и также измеряют выходные сигналы преобразователей. Полагаем, что при затенении тепловой поток через преобразователи теплового потока определяется конвективным теплообменом с окружающей средой и радиационным теплообменом с окружающими телами — собственным излучением и падающим от окружающих тел радиационным потоком  $q_{\text{ПАД}}$ . При воздействии солнечного излучения к указанным выше составляющим теплообмена добавляется поглощенное солнечное излучение. Для результатов измерений с помощью преобразователя, на который нанесено исследуемое покрытие, справедливы следующие равенства:

для затененного состояния:

$$q_{\text{Т1}} = a_1 \cdot q_{\text{ПАД}} - \varepsilon_1 \cdot \sigma \cdot T_{\text{Т1}}^4 + \alpha_{\text{К}} \cdot (T_{\text{ОС}} - T_{\text{Т1}}); \quad (9)$$

для облученного состояния:

$$q_{\text{ОБЛ1}} = A_{\text{SX}} \cdot q_{\text{S}} + a_1 \cdot q_{\text{ПАД}} - \varepsilon_1 \cdot \sigma \cdot T_{\text{ОБЛ1}}^4 + \alpha_{\text{К}} \cdot (T_{\text{ОС}} - T_{\text{ОБЛ1}}), \quad (10)$$

где  $q_{\text{Т1}}$ ,  $q_{\text{ОБЛ1}}$  — тепловые потоки через ПТП при затенении и при облучении;

$q_{\text{S}}$  — плотность потока солнечного излучения;

$T_{\text{Т1}}$ ,  $T_{\text{ОБЛ1}}$  — температура поверхности покрытия при затенении и при облучении;

$T_{\text{ОС}}$  — температура окружающей среды;

$a_1$  — коэффициент поглощения (для теплообмена при низких температурах) поверхности покрытия;

$\varepsilon_1$  — коэффициент эмиссии поверхности покрытия.

Для температуры поверхности покрытия справедливы соотношения:

$$T_{\text{Т1}} = T_{\text{СТ}} + R_1 \cdot q_{\text{Т1}}; \quad T_{\text{ОБЛ1}} = T_{\text{СТ}} + R_1 \cdot q_{\text{ОБЛ1}}, \quad (11)$$

где  $T_{\text{СТ}}$  — температура термостатирования основания 1 (рис.4);

$R_1$  — тепловое сопротивление ПТП с покрытием.

С учетом (11) и соотношения  $\varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \approx 4\varepsilon \cdot \sigma \cdot T_2^3 \cdot (T_1 - T_2)$ , из уравнений (9) и (10) следует:

$$(q_{\text{ОБЛ1}} - q_{\text{T1}}) \cdot \left(1 + R_1 \cdot (\alpha_k + 4\varepsilon_1 \cdot \sigma \cdot T_{\text{T1}}^3)\right) = A_{\text{SX}} \cdot q_S. \quad (12)$$

Аналогично для ПТП, на который нанесено покрытие с известным коэффициентом  $A_{\text{SO}}$ :

$$(q_{\text{ОБЛ2}} - q_{\text{T2}}) \cdot \left(1 + R_2 \cdot (\alpha_k + 4\varepsilon_2 \cdot \sigma \cdot T_{\text{T2}}^3)\right) = A_{\text{SO}} \cdot q_S. \quad (13)$$

Из уравнений (12) и (13) получим расчетное соотношение для определения коэффициента поглощения солнечного излучения для исследуемого образца:

$$A_{\text{SX}} = A_{\text{SO}} \frac{(q_{\text{ОБЛ1}} - q_{\text{T1}}) \cdot \left(1 + R_1 \cdot (\alpha_k + 4\varepsilon_1 \cdot \sigma \cdot T_{\text{T1}}^3)\right)}{(q_{\text{ОБЛ2}} - q_{\text{T2}}) \cdot \left(1 + R_2 \cdot (\alpha_k + 4\varepsilon_2 \cdot \sigma \cdot T_{\text{T2}}^3)\right)}. \quad (14)$$

В случае использования абсолютного приемника излучения — радиометра, позволяющего провести прямые измерения плотности потока солнечного излучения  $q_S$ , и в котором исключена конвективная составляющая теплообмена, расчетная формула имеет вид:

$$A_{\text{SX}} = A_p \frac{(q_{\text{ОБЛ1}} - q_{\text{T1}}) \cdot \left(1 + R_1 \cdot (\alpha_k + 4\varepsilon_1 \cdot \sigma \cdot T_{\text{T1}}^3)\right)}{(q_{\text{Р-ОБЛ}} - q_{\text{Р-Т}})}, \quad (15)$$

где  $A_p$  — коэффициент поглощения радиометра;

$q_{\text{Р-ОБЛ}}, q_{\text{Р-Т}}$  — плотность потоков солнечного излучения, измеренная радиометром при облучении и при затенении.

С применением описанной методики измерен коэффициент поглощения солнечного излучения некоторых «теплоизоляционных» красок. Значения коэффициента  $A_S$  для исследованных красок — 0,05...0,09, то есть эти краски поглощают малую долю падающего солнечного излучения. Таким образом, такие краски эффективны для нанесения на оборудование, которое нужно защитить от перегрева солнечным излучением: космические аппараты, газгольдеры, крыши домов в южных регионах и тому подобное. В этом смысле краски действительно является «энергоэффективными», потому что дают возможность экономить энергию на охлаждение и кондиционирование указанных объектов.

### **Выводы**

Разработаны методики измерения теплопроводности, коэффициента эмиссии и коэффициента поглощения солнечного излучения тонких энергоэффективных покрытий. Для этого предложено использовать выпускаемые в Украине средства измерения, базирующиеся на применении термоэлектрических преобразователей теплового потока.

### **Литература**

1. *Устройство* для контроля тонких энергосберегающих покрытий и результаты исследования «теплоизоляционных» красок / Л.В. Декуша, Л.И. Во-

робьев, А.Г. Мазуренко [и др.] // Оконные технологии. — 2006. — № 24. — С. 45—46.

2. *Матвиевский А.А.* Жидкокерамические теплоизоляционные покрытия: сказка о голом короле / А.А. Матвиевский, Т.Ю.Абызова, М.Г.Александрия // ССК «КРОВЛЯ и ИЗОЛЯЦИЯ» — 2010. — № 2—3 (50—51) — С. 14—17.

3. *Исаченко В.П.* Теплопередача: Учебник для вузов/ В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А. С.Сукомел. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоиздат, 1981. — 416 с.

4. *Уонг Х.* Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров: Справочник / Х. Уонг; пер. с англ. — М. : Атомиздат, 1979. — 216 с.

5. *Конструкції будівель і споруд.* Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006. — [Чинні від 2007-04-01] / Мінбуд України. — К.: Укрархбудінформ, 2006. — 65 с. — (Державні будівельні норми України).

6. *Тепловая изоляция* оборудования и трубопроводов : СНиП 2.04.14-88 / Госстрой России. — М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1998. — 28 с.

7. *Теплоізоляція.* Визначення теплового опору та пов'язаних із ним характеристик в усталеному режимі приладом із перетворювачем теплового потоку (ISO 8301:1991, IDT) : ДСТУ ISO 8301:2007. — [Чинний від 2009-01-01]. — К.: Держспоживстандарт, 2009. — (Національний стандарт України).

8. *Установка для вимірювання коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів ИТ-7С / З.* Бурова, Л. Воробйов, Л. Декуша [та ін.] // Метрологія та прилади: Науково-виробничий журнал. — Харків, 2009. — № 6 — С. 9—15. — ISSN 2307-2180.

9. *Скло будівельне.* Методика визначення коефіцієнта теплопередавання багат шарових конструкції (EN 673:1997, IDT) : ДСТУ EN 673:2009 — [Чинний від 2012-01-01]. — К.: Держспоживстандарт, 2012. — (Національний стандарт України).

10. *Стекло* строительное. Расчет коэффициента теплопередачи U в стационарном режиме при многослойном остеклении : ISO 10292:1994 / ISO/TC 160/SC 2. — 8 с.

11. *Будівельні матеріали.* Скло з низькоемісійним м'яким покриттям. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-228:2009 (ГОСТ 31364-2007, MOD) — [Чинний від 2010-10-01]. — К.: Держспоживстандарт, 2010. — (Державний стандарт України).

12. *Установка для прямого измерения интегральных полусферических терморрадиационных характеристик энергоэффективных стекол и покрытий ИТРС-1 / Декуша Л.В., Грищенко Т.Г. [и др.] // «Оконные технологии», 2006. — № 23. — С. 36—39.*

13. *Енергозбереження.* Перетворювачі теплового потоку термоелектричні загального призначення. Загальні технічні умови: ДСТУ 3756-98 (ГОСТ 30619-98)

14. *Грищенко Т.* Перетворювачі теплового потоку / Т. Грищенко, Л. Декуша, Л. Воробйов // Метрологія та прилади: Науково-виробничий журнал. — Харків, 2009. — № 1 — С. 17—21. — ISSN 2307-2180.

15. *Прилад для дослідження надходження сонячної енергії на похилий геліоколектор / Б.І. Басок, Л.Й. Воробйов, Л.В. Декуша [та ін.] // Промыш-*



ленная теплотехника: Международный научно-прикладной журнал.— К., 2013. — Т. 35. — № 5. — С. 78—87. — ISSN 0204-3602.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ТОНКИХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ  
ТЕПЛОМЕТРИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

**А.Г. Мазуренко**

*Национальный университет пищевых технологий*

**З.А. Бурова, Л.И. Воробьев, Л.В. Декуша**

*Институт технической теплофизики НАН Украины*

*В статье рассмотрены методики измерения теплопроводности, коэффициента эмиссии и коэффициента поглощения солнечного излучения тонких энергоэффективных покрытий и предложено использовать для этого выпускаемые в Украине средства измерения — установку ИТ-7С для измерения теплопроводности, преобразователи теплового потока и радиометр РАП-12СР. Приведены результаты измерения теплофизических свойств некоторых покрытий — теплоизоляционных красок и энергоэффективных стекол.*

**Ключевые слова:** *теплофизические свойства, теплоизоляционные краски, энергоэффективные стекла, преобразователи теплового потока, теплопроводность, коэффициент эмиссии, коэффициент поглощения солнечного излучения.*

## PROBLEMS AND PROSPECTS OF HOTEL AND RESTAURANT BUSINESS IN UKRAINE

T. Keranchuk

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Profit*  
*Operating costs*  
*Financial results*  
*Competitiveness*

---

**Article history:**

Received 20.06.2014  
Received in revised form  
20.07.2014  
Accepted 01.08.2014

---

**Corresponding author:**

T. Keranchuk  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article describes the current problems of the hospitality industry in Ukraine. The basic trends of revenues and operating costs of enterprises in the sector of hotel and restaurant services are investigated. On this basis, the main reasons for formation of negative financial results of the hotel and restaurant business are identified. In addition, the article attempts to identify the cause — effect relationship between the problems that arise at the level of management of enterprises with macroeconomic problems (in particular, the quality problem of the legislative framework governing the activities of enterprises in the sector, infrastructural problems of the market of hotel and restaurant services, etc. d). In this regard, the article describes the possible ways to solve existing problems and prospects of development of hotel and restaurant business. The author suggests ways to improve the competitiveness and efficiency of hotels and restaurants in Ukraine.

---

## ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГОТЕЛЬНОГО ТА РЕСТОРАННОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ

Т.Л. Керанчук

Національний університет харчових технологій

*У статті розглянуто актуальні проблеми розвитку індустрії гостинності в Україні. Досліджено основні тенденції формування доходів та операційних витрат підприємств у секторі надання готельних і ресторанних послуг. На основі цього виявлено основні причини формування негативних фінансових результатів діяльності підприємств готельного та ресторанного бізнесу. Крім того, зроблено спробу виявлення причинно-наслідкового зв'язку між проблемами, які виникають на рівні менеджменту підприємств, з проблемами макроекономічного характеру (проблеми недосконалої законодавчої бази, яка регламентує діяльність підприємств цього сектору, інфраструктурні проблеми ринку готельних і ресторанних послуг тощо). Описано можливі шляхи вирішення наявних проблем і перспективи розвитку підприємств готельного та ресторанного бізнесу. Запропоновано способи підвищення конкурентоспроможності й ефективності функціонування готелів і ресторанів в Україні.*

**Ключові слова:** дохід, операційні витрати, фінансовий результат, конкурентоспроможність.

Постановка проблеми. Практика показує, що привабливість готельного та ресторанного бізнесу з точки зору інвесторів у багатьох країнах є досить високою, оскільки забезпечує високу рентабельність вкладень: у розвинених країнах цей показник сягає близько 40 %. В Україні потенціал розвитку даної галузі залишається практично нереалізованим, про що свідчать досить низькі показники рентабельності діяльності підприємств готельного та ресторанного бізнесу [1]. Це є лише підтвердженням того, що рівень конкурентоспроможності послуг, пропонованих українськими готелями і ресторанами, досить низький. Посилення конкуренції для підприємств даної сфери у зв'язку з виходом на український ринок міжнародних мережевих операторів на тлі зростання вимог клієнтів до рівня сервісу в готелях і ресторанах обумовлюють нові економічні умови їх функціонування. Саме тому виявлення низки проблем, які обумовлюють низьку конкурентоспроможність українських підприємств у сфері готельного та ресторанного бізнесу, набуває особливої актуальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розвитку підприємств індустрії гостинності досліджуються як вітчизняними, так і зарубіжними авторами. Так, питання конкуренції та державного регулювання у сфері готельного й ресторанного бізнесу досліджені в працях Л.Г. Агафонові, Т.А. Городні [2]. Проблеми стратегічного розвитку туристичних підприємств та управління якістю послуг готелів розглядаються в монографії Т.І. Ткаченко [3]. Питаннями прогнозування та інновацій у глобальній готельній індустрії займається англійський дослідник Дж. Чепел [4]. Однак економічні проблеми та потенційні можливості розвитку готельної і ресторанної індустрії в Україні досліджені в недостатній мірі.

Метою дослідження є виявлення проблем функціонування підприємств готельного та ресторанного бізнесу в Україні, а також виклад авторського бачення потенційних перспектив розвитку підприємств цього сектору.

Виклад основного матеріалу дослідження. В Україні за останні роки слід відзначити наявність негативних тенденцій розвитку підприємств готельного й ресторанного сектору. Так, у 2011 — 2012 рр. спостерігалася тенденція випередження темпів зростання операційних витрат (близько 10 %) над темпами зростання обсягів реалізованих послуг (9 %), що призвело до формування негативних фінансових результатів [5]. Ця тенденція створила передумови для формування негативних фінансових результатів за підсумками діяльності підприємств готельного та ресторанного бізнесу. Однак слід зазначити, що за останній рік намітилася позитивна тенденція до скорочення їх величини. Така ситуація багато в чому обумовлювалася вищими темпами зростання прибутку (64 %) порівняно з темпами зростання негативних фінансових результатів (2 %). Причиною стали позитивні зміни в структурі підприємств: частка збиткових підприємств скоротилася майже на 3 % (табл. 1).

## ТЕХНОЛОГІЇ ГОСТИННОСТІ

Таблиця 1. Динаміка величини фінансових результатів підприємств готельного і ресторанного бізнесу за 2009-2011рр. [6]

| Показники  | 2009   | 2010   | 2011   | Індекс зміни,<br>% (до 2009р.) |
|--|--------|--------|--------|--------------------------------|
| Фінансовий результат після оподаткування(сальдо) | -922,5 | -633,6 | -692,4 | 25%                            |
| Сума прибутку                                    | 400,9  | 506    | 655,5  | 164%                           |
| Сума збитків                                     | 1323,4 | 1139,6 | 1347,9 | 102%                           |
| Рентабельність діяльності, %                     | -3,3%  | -1,8%  | -0,1%  | 3,0%                           |

Така ситуація свідчить про те, що готельний і ресторанний бізнес в Україні все ще знаходиться на стадії становлення. Крім того, потенційно високі темпи розвитку стримують такі проблеми:

1. Недосконалість законодавчої бази, яка регулює діяльність підприємств у сфері готельного, ресторанного й туристичного бізнесу. З метою вирішення цієї проблеми необхідно формування пакета законодавчих документів, які мають визначити правові, економічні й організаційні засади створення та подальшого розвитку конкурентних відносин на ринку готельних і ресторанних послуг.

2. Невідповідність матеріально-технічної бази більшості готелів вимогам міжнародних стандартів і недосконалість складу номерного фонду. Саме тому пріоритетним напрямом зміцнення матеріальної бази підприємств на теперішній час є проведення реконструкції, модернізації та будівництва об'єктів туристської сфери за рахунок власних коштів підприємств і за допомогою інвестицій, у тому числі іноземних.

3. Незбалансованість складу та структури наявних готелів за рівнем комфорту, зокрема:

Надмірно висока частка готелів без категорії. Так, на початок 2013 р. з більш ніж 3,7 тис. українських засобів розміщення лише 200 мали офіційну категорію [7]. Така ситуація пояснюється декількома причинами. По-перше, більшість закладів розміщення не відповідає комплексу вимог щодо матеріально-технічної бази, номенклатури та якості послуг. По-друге, ряд готелів здійснюють поточний або капітальний ремонт, реконструкцію або знаходяться на стадії ліквідації. По-третє, нові готелі ще не встигли пройти процедуру категоризації й отримати відповідну категорію. По-четверте, значна кількість готелів перейшла у власність приватних осіб, для яких процедура категоризації є недоступною у зв'язку з неможливістю її фінансування. По-четверте, наявність вад у вітчизняній системі оцінювання готельних підприємств у зв'язку з відсутністю єдиної методології оцінки.

Висока частка 1-, 2-, 3-зіркового сегменту готелів, що обумовлює зниження потенційно можливого рівня рентабельності всієї галузі, оскільки цей сегмент характеризується низьким рівнем рентабельності (3—15%), що обумовлюється їх низькою привабливістю для інвесторів.

4. Недосконала функціональна структура підприємств готельного господарства, яка виявляється в тому, що занадто високою є частка саме підприємств

готельного типу та незначною частка мотелів, кемпінгів, молодіжних таборів (всього 2,2%), які надзвичайно поширені в інших країнах.

5. Відсутність продуманої цінової політики на деяких готельних і ресторанных підприємствах. Ця проблема несе потенційну загрозу для української туристичної індустрії в цілому й тих готелів і ресторанів, які професійно та відповідально ведуть свій бізнес відповідно до принципів ділової етики, оскільки дана ситуація сприяє втраті потенційного завантаження і доходів.

6. Низький рівень рентабельності діяльності підприємств готельного та ресторанного бізнесу обумовлений відсутністю або недосконалістю систем управління результативністю їх діяльності. Високий рівень ефективності та конкурентоспроможності даної категорії підприємств обумовлюється насамперед адекватністю систем і методів управління діяльністю підприємств, які, у свою чергу, впливають на обсяги формування фінансових результатів та ефективність їх функціонування.

Саме тому доцільним є введення адекватних зовнішнім і внутрішнім умовам функціонування підприємств готельного та ресторанного бізнесу комплексних контролінгових системи управління. Ці системи повинні передбачати моніторинг найбільш важливих показників діяльності, що використовуються в міжнародній практиці, а саме: показник доходу з одного номера (RevPAR - revenue per available room); показник чистого доходу з одного номера (NetRevPAR); показник валового операційного прибутку з одного номера GOP PAR (Gross Operating Profit per Available Room).

7. Невисокий рівень якості послуг, який значною мірою обумовлюється проблемами підготовки висококваліфікованого персоналу для готелів і ресторанів. Вирішення цієї проблеми вимагає підготовки фахівців для готельного та ресторанного бізнесу в провідних навчальних закладах країни, бажано зі стажуванням за кордоном.

8. Відсутність інфраструктурних елементів ринку готельно-ресторанних послуг, а саме, постачальників інформації про стан готельно-ресторанного ринку. Ця інформація повинна стати основою для аналізу зовнішнього середовища. Вирішення цієї проблеми лежить у площині впровадження спеціальних моніторингових систем взаємного інформування учасників даного ринку.

### Висновки

Таким чином, подальший розвиток готельного та ресторанного бізнесу неможливий без стимулювання розвитку туризму, рекреації, освіти в галузі готельно-ресторанного бізнесу, сприяння держави, налагодження інформаційної інфраструктури готельного й ресторанного ринку. Постійне впровадження інновацій, інвестицій і жорстка конкуренція забезпечать збільшення рівня її глобальної та регіональної конкурентоспроможності.

### Література

1. *Статистичний щорічник України за 2011р.* [Електронний ресурс]: Держ. служба статистики. — Режим доступу: [www. URL: http://ukrstat.org](http://www.ukrstat.org).

2. *Городня Т.А., Щербак А.Ф.* Економіка туризму: теорія і практика [Текст]: навч. пос. / Т.А. Городня, А.Ф.Щербак. — К.: Кондор-Видавництво, 2012. — 436с. — Библиогр.: С. 403—407. — ISBN 978-966-351-408-6.

3. *Ткаченко Т.І.* Стратегічний розвиток туристичного бізнесу [Текст]: монографія / Т.І.Ткаченко, С.В. Мельниченко, М.Г. Бойко та ін.; за заг.ред. А.А. Мазаракі. — К.: Київ.нац.торг.-екон.ун-т, 2010.— 596 с.

4. *Chapell J.* Global Hotel Market Sentiment Survey — South East Europe edition H1 2013 [Електронний ресурс]: Horwath HTL 2013.— Режим доступу: <http://horwathhtl.com>.

5. *Статистичний збірник «Індекси споживчих цін за 2012 рік»* [Електронний ресурс]: Держ. служби статистики. — Режим доступу: [www. URL: http://ukrstat.org](http://www.ukrstat.org).

6. *Статистичний збірник «Діяльність суб'єктів господарювання», 2011,* [Електронний ресурс]: Держ.служби статистики. — Режим доступу: [www. URL: http://ukrstat.org](http://www.ukrstat.org).

7. *Украинские гостиницы ждет новый порядок присвоения «звезд»* [Електронний ресурс]: Ж-л «Компаньон» 11 марта 2013г. — Режим доступу: [www. URL: http://www.companion.ua](http://www.companion.ua).

## **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОСТИНИЧНОГО И РЕСТОРАННОГО БИЗНЕСА В УКРАИНЕ**

**Т.Л. Керанчук**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассмотрены актуальные проблемы развития индустрии гостеприимства в Украине. Исследованы основные тенденции формирования доходов и операционных расходов предприятий в секторе предоставления гостиничных и ресторанных услуг. На основе этого выявлены основные причины формирования негативных финансовых результатов деятельности предприятий гостиничного и ресторанного бизнеса. Предпринята попытка выявления причинно-следственной связи между проблемами, которые возникают на уровне менеджмента предприятий с проблемами макроэкономического характера (в частности, проблемы качества законодательной базы, регламентирующей деятельность предприятий данного сектора, инфраструктурные проблемы рынка гостиничных и ресторанных услуг и т.д.). Описаны возможные пути решения имеющихся проблем и перспективы развития предприятий гостиничного и ресторанного бизнеса. Предложены способы повышения конкурентоспособности и эффективности функционирования гостиниц и ресторанов в Украине.*

**Ключевые слова:** *доход, операционные затраты, финансовый результат, конкурентоспособность.*

## GREEN TOURISM DEVELOPMENT IN UKRAINE

A. Gavrish, T. Savenko

National University of Food Technologies

---

|  |   |
|--|---|
| <b>Key words:</b><br><i>Agro-tourism</i><br><i>Culture</i><br><i>Homestead</i><br><i>Village</i><br><i>Rural green tourism</i> | <b>ABSTRACT</b><br>Several years ago, a new term “rural green tourism” appeared in Ukrainian tourism. Its development has been progressing steadily. Tourism researchers argue that the rapid development of rural tourism can play a catalytic role in economic restructuring, ensure demographic stability and address significant socio-economic problems in rural areas. It is necessary for Ukraine to quickly overcome the gap in this sphere by means of effective use of existing rich tourism potential in each region. The urgency of understanding the role of rural tourism in developing national tourism industry and socio-economic situation in rural areas of Ukraine defined the purpose of this study. |
| <b>Article history:</b><br>Received 25.06.2014<br>Received in revised form 25.07.2014<br>Accepted 05.08.2014                   |   |
| A. Gavrish<br><b>E-mail:</b><br>npnuht@ukr.net   |   |

---

## РОЗВИТОК СІЛЬСЬКОГО ЗЕЛЕНОГО ТУРИЗМУ В УКРАЇНІ

А.В. Гавриш, Т.А. Савенко

Національний університет харчових технологій

*У статті проаналізовано стан сучасного розвитку сільського зеленого туризму. Визначено позитивні та негативні фактори його впливу на загальний стан розвитку туризму в Україні і показано економічне й соціальне значення.*

**Ключові слова:** агротуризм, культура, садиба, село, сільський зелений туризм.

Кілька років тому в українському туризмі з'явився новий термін «сільський зелений туризм», розвиток якого стабільно прогресує. Дослідники туризму доводять, що прискорений розвиток сільського туризму може зіграти роль каталізатора структурної перебудови економіки, забезпечити демографічну стабільність і вирішення важливих соціально — економічних проблем у сільській місцевості. Україні стратегічно важливо швидко подолати відставання в цій сфері шляхом ефективного використання наявного багатого туристичного потенціалу в кожному регіоні.

Актуальність і важливість розуміння ролі й місця сільського зеленого туризму в розвитку національної туристичної галузі та соціально-економічній ситуації в сільських регіонах України визначили мету пропонованого дослідження.

Результатом розуміння значення сільського туризму стало створення Спільки сприяння розвитку сільського зеленого туризму в Україні. В цій організації сконцентровані дані про сільський зелений туризм у всіх регіонах Украї-

ни. Члени спілки займаються рекламою й популяризацією зеленого туризму серед населення, проведенням тематичних виставок, конференцій. Найважливішою функцією Спілки є організація тренінгів і семінарів для тих, хто займається цим видом туризму для підвищення якості обслуговування гостей і доведення його до рівня світових стандартів [1].

Слід зазначити, що в законодавстві України визначено екологічний (зелений) і сільський види туризму, хоча в науковій літературі вони об'єднуються в один вид — сільський туризм. Цей вид туризму слід розглядати як особливу форму відпочинку в сільській місцевості з використання трудових ресурсів селянського, фермерського або підсобного господарства, культурно-історичної спадщини та природно-рекреаційних особливостей місцевості.

Доведено, що різноманітність туристичних занять, а саме: розважальних (полювання, рибальство, збиральництво), пізнавальних (ознайомлення з природними, культурно-історичними й етнографічними цінностями), оздоровчих (заняття фізичною працею, купання у водоймах), проведення більшості часу на природі, роблять зелений туризм одним з найкращих видів рекреаційної діяльності, який забезпечує йому постійно зростаючу популярність [6].

Пріоритетність розвитку внутрішнього туризму в Україні, зокрема сільського зеленого, зумовлюється необхідністю невідкладного вирішення соціально-економічних проблем сучасного села, пов'язаних із зменшенням населення, зростанням безробіття, масовою міграцією, тобто з вимиранням сіл. Розвиток сільського туризму скоротить міграцію населення з села до міста, забезпечить економію фінансових і матеріальних ресурсів, пов'язаних з облаштуванням у місті вихідців із села, оскільки, за підрахунками експертів, вартість такого облаштування в 20 разів вища, ніж створення умов розвитку сільського туризму. Послугами сільського туризму переважно користується молодь до 35 років, яка мешкає у великих містах, їхня частка становить понад 4/6 від сумарної кількості туристів, які відпочивають в сільській місцевості. За оцінкою Європейської федерації фермерського та сільського туризму (Euro Gites), європейський ринок налічує близько 2 млн. ліжко-місць. В Україні ж зафіксовано 150 тис. потенційних учасників зеленого туризму. Офіційно запрошують на відпочинок у сільську місцевість 37 садиб у семи регіонах країни. Спілка сприяння сільському туризму вважає, що цей показник для України достатньо успішний [4].

Важливим питанням подальшого розвитку сільського зеленого туризму фахівці вважають розподіл зелених садиб на категорії. Гість має чітко знати, які саме послуги йому можуть запропонувати у тому чи іншому комплексі. На сьогодні сільські садиви належать до першої категорії, тобто найнижчого рівня сервісу.

Нині в Україні налічується понад 15 млн. людей, які проживають в селах. Серед них працездатного населення села майже 3 млн. осіб, які займаються особистими приватними господарствами. Близько 1 млн. осіб у сільській місцевості — це безробітні, що не навчаються. Крім того, опитування показує, що понад 30% сільських мешканців за можуть обслуговувати відпочивальників і туристів.



Обмеженням для розвитку сільського зеленого туризму в Україні є низький рівень облаштування сільськогосподарських садиб. Проте загальний житловий фонд українського села досить великий — 6,5 млн. будинків, з них опалення природним газом мають лише — 18%, централізоване водопостачання мають 12% осель, а каналізацію — 7% [3].

У цілому із загальної кількості садиб сіл приватного сектору уже зараз можна використати до 30% будинків належного санітарного стану. Ще 10 % — за мінімального ремонту й облаштування як самими мешканцями, так і туристичними фірмами. Можна задіяти для цього і відповідні інвестиції країн ЄС [5].

Загалом сільський туризм, аграрний туризм та інші види відпочинку на селі для України є порятунком українського села від повного занепаду, виїзду селян в міста та за кордон з метою пошуку роботи.

В Україні виходить журнал «Сільський зелений туризм». У ньому публікуються пропозиції селян щодо використання їхніх будинків для відпочинку на селі вітчизняних і зарубіжних туристів з фотографіями садиб, описами природних принад регіону і переліком послуг.

Розвиток сільського зеленого туризму сприятиме:

- підвищенню рівня зайнятості населення;
- зростанню доходів сільських жителів за рахунок надання послуг туристам і реалізації вироблених продуктів харчування за прийнятними цінами;
- покращенню благоустрою сіл, місцевих доріг, інженерного облаштування окремих садиб;
- відродженню місцевих народних звичаїв, промислів, кулінарних традицій;
- збереженню і відновленню місцевої історико-архітектурної спадщини, українських садиб з клунями, стодолами, шопами, вітряками тощо.

Треба зазначити, що якість обслуговування у сільському туризмі помітно зростає. Будівництво доріг сприяє кращому транспортному рішенню, можна легко добратися до зони відпочинку на своєму автомобілі.

Серед позитивних факторів розвитку сільського зеленого туризму в Україні слід виділити такі:

- унікальна історико-етнографічна спадщина українського села;
- велич природних ресурсів в екологічно чистій сільській місцевості;
- наявність трудових ресурсів для прийому й обслуговування туристів;
- гостинність українців у місцях розміщення туристів і доступна ціна за відпочинок;
- великий асортимент додаткових послуг (екскурсії, рибальство, збиральництво, полювання, катання на конях тощо).

Слід також зазначити, що найбільш сприятливі умови для розвитку сільського туризму існують на територіях національних і ландшафтних парків, де є можливість під час відпочинку пізнати природний, історичний і культурний потенціал регіону. Одним із головних факторів зеленого туризму виступає організація відпочинку та дозвілля туристів (організація шоу-програм, ігор, ознайомлення гостей з місцевими звичаями й обрядами, складеними за мотивами історико-культурної спадщини регіону). Відомим прикладом є острів Хортиця. Приїхавши на Хортицю, турист потрапляє у світ запорізького козацтва та, за бажання, може спробувати опанувати козацькі ремесла, зварити

козацький куліш, набути навичок володіння шаблею, взяти участь у козацьких кінних іграх.

Вивчення сільського зеленого туризму в Україні дозволило виявити не тільки позитивні, але й низку негативних факторів його розвитку, основними серед яких є такі:

- політико-економічна нестабільність у країні;
- невелика кількість програм інвестування розвитку сільського зеленого туризму;
- низька якість туристичної інфраструктури, комунікацій і підготовки кадрів.

Дуже важливо, щоб характеристики та якості, якими володіє певна місцевість і які приваблюють туристів, згодом не зникли внаслідок надлишкового розвитку туризму.

Одне з ключових завдань менеджменту сільського туризму полягає у розробці механізмів збалансування вигід від зеленого туризму та потенційних негативних ефектів. Адже робочі місця в агротуризмі часто низькооплачувані і мають чітко виражений сезонний характер. Таким чином, існують проблеми сезонної зайнятості працездатного населення регіону й відсутності мотивації до якісного сервісу через невисокі зарплати [2].

Ще одним вагомим негативним виявом сільського туризму (який уже відчули на собі корінні мешканці Славська, Яремчі, Східниці, Сваляви тощо) є зростання вартості землі в населених пунктах зі статусом курортних. Непомірно зростають і ціни на нерухомість, через що виникає фінансовий бар'єр для місцевого населення. «Монополію» на агротуристичне підприємництво в цих населених пунктах отримують «міські» компанії та фізичні особи, які володіють набагато вищими фінансовими ресурсами. Крім конкурентного витіснення місцевого агротурвиробника з його рідного села, помітним стає ще й ефект неприязного ставлення пересічного місцевого населення до розкішних три- і чотиризіркових агропансіонів, розбудованих на територіях їхніх селищних рад заїжджими комерсантами.

До інших побічних негативних виявів сільського зеленого туризму слід віднести такі:

- деякі місцеві громади чи органи місцевого управління можуть переоцінити можливості сільського зеленого туризму для перспективного соціально-економічного розвитку їхніх територій. Вбачаючи у сільському туризмі панацею від усіх негараздів, вони можуть легко помилитися й через необгрунтований перерозподіл місцевих ресурсів занепасти традиційні галузі господарювання цих територій, які приносять хай не такі значні, проте стабільні соціальні блага (зайнятість населення, товарна продукція, прибутки-податки тощо);
- погіршення якості навколишнього природного середовища через зростання площинного антропогенного тиску на природні комплекси і відсутність в Україні механізмів його жорсткого регламентування й контролю;
- потенційно більш високі показники злочинності і споживання суспільних благ через нівелювання місцевого культурного рівня, переходу на стандарти масової культури, яку приносять із собою туристи, і появу потреби у вищому

рівні життя, ніж це можливо при пересічній зайнятості у сільсько-господарському виробництві;

- втрата селом неквапливо-малолюдної атмосфери «сільської життя» через надмірні напливи і скупчення туристів та їхнє розкуте («розгульне») побутовання у селі;

- втрата мистецької унікальності виробів народних умільців через зростання попиту на їхню продукцію, а відтак, перехід майстрів до спрощеного дрібносерійного продукування своїх виробів з підкресленням їхньої сувенірної атрибутики (а не декоративно-ужиткової, як це було раніше).

Усунення цих недоліків зробить сільський зелений туризм корисним для відпочивальників й економічно ефективним для підприємців і держави в цілому за рахунок отримання синергетичного ефекту. Його розвиток за державної підтримки буде сприяти збереженню селянства як носія української культури і духовності, що підвищить популярність української культури, розширить знання про історичні, природні, етнографічні особливості України.

Проведене дослідження дозволяє зробити висновки про необхідність забезпечення пріоритетності розвитку сільського зеленого туризму в Україні та наближення його до європейських стандартів, що вимагає:

- розробки програм розвитку сільського зеленого туризму для всіх рівнів управління та дієвого механізму контролю за їх виконанням на основі використання електронних систем моніторингу державних і регіональних програм розвитку сільського туризму;

- створення сучасної туристичної інфраструктури та підготовка кадрів для сільського зеленого туризму на основі вивчення потреб ринку;

- організації в системі навчальних закладів різного рівня підготовки кадрів і перепідготовки кадрів для зеленого туризму;

- виділення в системі інформаційно-аналітичного забезпечення сфери сільського туризму як складової частини державної інформаційної системи;

Кожен із зазначених напрямів забезпечення пріоритетного розвитку сільського зеленого туризму в Україні потребує посилення регуляторної функції держави і використання науково-дослідних розробок, спрямованих на підвищення ефективності туризму в Україні.

### **Висновки**

У сучасній Україні туризм поступово стає стабільною та сформованою галуззю. Водночас туристи очікують кращого вибору та якості з довготривалою відповідальністю за довкілля. Цього можна досягти лише шляхом ефективного планування. Основою сільського зеленого туризму є село, селянин і його побут, сільська оселя.

Позитивний вплив сільського зеленого туризму на вирішення соціально-економічних проблем села полягає передусім у тому, що він розширює сферу зайнятості сільського населення, особливо жінок, і дає селянам додатковий заробіток; розширює можливості зайнятості сільського господаря не тільки у виробничій сфері але й у сфері обслуговування. При певному нагромадженні числа відпочивальників з'являється потреба в задоволенні їх різноманітних запитів, а це, у свою чергу, стимулює розвиток сфери послуг: транспортних,

зв'язку, торгівлі, служби побуту, відпочинково-розважальних та інших. Важливим результатом розвитку сільського зеленого туризму є розширення можливостей реалізації продукції особистого підсобного господарства, причому реалізації її на місці, і не як сільськогосподарської сировини, а як готових продуктів харчування після відповідної обробки й приготування.

### Література

1. *Горішевський П., Васильєв В., Зінько Ю.* Сільський зелений туризм: організація надання послуг гостинності. — Івано-Франківськ: Місто НВ, 2003. — 148с.
2. *Кузик С.П.* Географія туризму: навчальний посібник. — Київ: Знання, 2011. — 271с.
3. *Масляк П. О.* Рекреаційна географія: навчальний посібник. — Київ: Знання, 2008. — 343с.
4. *Интернет-сайт «Вокруг света».* Режим доступу: <http://vokrug-sveta.com.ua/seljskij-zelenyj-turizm.html>
5. *Интернет-сайт «Все про туризм. Туристична бібліотека».* Режим доступу: <http://tourlib.net/>
6. *Офіційний сайт «Родинне гніздо. Клуб сімейного відпочинку».* Режим доступу: [http://www.zeleniyturizm.com.ua/zelenyj\\_turizm/selskij\\_turizm](http://www.zeleniyturizm.com.ua/zelenyj_turizm/selskij_turizm)

## РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОГО ЗЕЛЕНОГО ТУРИЗМА В УКРАИНЕ

**А.В. Гавриш, Т.А. Савенко**

*Национальный университет пищевых технологий*

*Несколько лет назад в украинском туризме появился новый термин «сельский зеленый туризм», развитие которого стабильно прогрессирует. Исследователи туризма показывают, что ускоренное развитие сельского туризма может сыграть роль катализатора структурной перестройки экономики, обеспечить демографическую стабильность и решение важных социально-экономических проблем в сельской местности. Украине стратегически важно быстро преодолеть отставание в этой сфере путем эффективного использования имеющегося богатого туристического потенциала в каждом регионе. Актуальность и важность понимания роли и места сельского зеленого туризма в развитии национальной туристической отрасли и социально-экономической ситуации в сельских регионах Украины определили цель исследования, положенного в основу написания статьи.*

**Ключевые слова:** *агротуризм, культура, усадьба, село, сельский зеленый туризм.*

## EVENT TOURISM AS TOOLS FOR PATRIOTIC EDUCATION OF YOUTH

K. Veres

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Event tourism*  
*Event*  
*Tourism development*  
*Innovative directions*  
*Objects of tourist attraction*

---

**Article history:**

Received 01.07.2014  
Received in revised form  
22.07.2014  
Accepted 29.07.2014

---

**Corresponding author:**

K. Veres  
**E-mail:**  
ivaket@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article discusses the role and importance of event tourism as a factor for patriotism development among the younger generation, which stimulates the educational process on the example of events (the 200-th anniversary of the birth of Taras Shevchenko). It is proved that the cultural heritage of the region is able to determine the specificity and direction of development of tourism and tourist destination. Development of sustainable tourism involves to solve a set of problems: development of prospective tourist product in order to meet needs of modern tourists; rational use of natural and cultural heritage of the region; interests of the local economy based on cooperation and mutual enrichment; supporting entrepreneurship; involvement of the population (community) in the development of tourism, the alignment of business interests and local residents on the basis of partnership.

## ПОДІЄВИЙ ТУРИЗМ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПАТРІОТИЧНОГО ВИХОВАННЯ МОЛОДІ

К.О. Верес

Національний університет харчових технологій

*У статті розглянуто роль і значення івентивного туризму як фактора розвитку патріотизму в підростаючого покоління, що стимулює освітній процес, на прикладі відзначення 200-річчя з дня народження Тараса Шевченка. Доведено, що культурна спадщина регіону здатна визначити специфіку та напрямки розвитку туризму й туристичну дестинацію. Розвиток стійкого івентивного туризму передбачає вирішення цілого комплексу проблем: створення перспективного туристичного продукту з метою задоволення сучасних потреб туристів; раціональне використання природної і культурної спадщини регіону; врахування інтересів місцевої економіки на основі взаємодії та взаємного збагачення; надання підтримки підприємництву; залучення населення (місцевих громад) у розвиток туризму, поєднання інтересів бізнесу і місцевих жителів на основі партнерства.*

**Ключові слова:** івентивний туризм, туристична подія, розвиток туризму, інноваційні напрямки, об'єкт туристичної атракції.

Постановка проблеми. В останні роки все більшої популярності набуває івентивний (подієвий) туризм, що вважається принципово новим і безсумнівно цікавим напрямком у туризмі. Основною метою івентивного туризму є відвідання не визначних місць, а (про що і говорить його назва) подій. Під час івентивного туру туристи отримують новий «привід» відвідати відомі об'єкти туристичної атракції, а іноді й стають учасниками цікавих подій у світі культури, мистецтва і спорту [3].

Все більшого значення набуває цей вид туризму і в різних регіонах України: практично скрізь проводяться спеціальні фестивалі, конкурси, свята, приурочені як до ювілеїв, історичних дат і свят (1500-річчя Києва, військово-історичні реконструкції часів Київської Русі, святкування Масляної тощо), так і спеціально організовані (фестиваль молодого вина Божоле в Ужгороді, фестиваль Сала в Полтаві, пісенний фестиваль «Червона рута», Свято шоколаду у Львові, День гумору в Одесі тощо).

Івентивний туризм набуває стрімкої популярності як серед туристів-новачків, так і серед досвідчених туристів. Адже серед головних переваг — відсутність сезонності (даний вид туризму відноситься до цілорічного та не залежить від погодних умов); він не орієнтований на віковий склад учасників туру (івентивний туризм є універсальним видом туризму, займатися яким можуть представники різних за віковими, соціальними і професійними інтересами учасники); для туристичних підприємств є економічно вигідним товаром (має високий рівень прибутковості); для регіону дає змогу оновити туристичну інфраструктуру місця, де відбувається захід, і створює позитивний імідж місцевості.

Актуальність дослідження. Серед подій 2014 р. особливо можна відзначити 200-річчя від дня народження видатного українського письменника, поета Тараса Григоровича Шевченка. Цей захід отримав підтримку на урядовому рівні: ще в 2012 р. президентом України було видано Указ «Про додаткові заходи з підготовки та відзначення 200-річчя від дня народження Тараса Шевченка» [1], згідно з яким 2014 р. оголошено роком Т.Г. Шевченка, Кабінет Міністрів України видав Постанову «Про затвердження плану заходів з підготовки та відзначення 200-річчя від дня народження Т.Г. Шевченка та 150-річчя від дня його перепоховання» [2], створено комітет з підготовки та проведення святкування, затверджено перелік основних Всеукраїнських заходів. Календар цього святкування містить цілий ряд офіційних заходів, що мають «разовий» характер: урочисті прийоми, збори, наукові конференції, концерти, читання, виставки тощо [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні аспекти організації і розвитку івентивного туризму в сучасних економічних умовах відображені в дослідженнях А. В. Бабкіна, О. Костюк, Г.А. Коропової, Є.І. Богданова, Ю.В. Кузнецова, В.М. Соловійова, Г.С. Усискіна, В.Ф. Янченко, А.Т. Кирилова, Ю.Н. Федотова, В.А. Черненко, І.М. Гаврильчак, І.Т. Балабанова, В.С. Боголюбова, Е.Н. Ільїної, К. Купера, Д. Флетчера, Д. Гільберта та інших.

Проте недостатньо уваги приділено питанням ролі івентивного туризму у підвищенні туристичної атрактивності регіонів та їх екскурсійного обслуго-

вування, актуальності розвитку івентивного туризму та його впливу на розширення міжкультурного і міжнаціонального спілкування, в т.ч. патріотичного виховання молоді.

Матеріали досліджень. З точки зору розвитку сфери туризму важливим є підвищення інтересу до культурно-історичних об'єктів, пов'язаних з життям і творчістю Тараса Шевченка. Практично у всіх музеях організовані спеціалізовані виставки, оновлені експозиції. Ці об'єкти умовно можна розділити на дві групи: музеї, що розповідають про життя й творчість Кобзаря (Національний музей Тараса Шевченка в м. Київ, Шевченківський національний заповідник в м. Канів), і музеї, в експозиційному фонді яких зберігаються роботи виконані Тарасом Шевченком під час перебування в цій місцевості (Національний історико-культурний заповідники «Качанівка» та «Чигирин», пам'ятник садово-паркового мистецтва XIX століття та садиба поміщика Енгельгардта у с. Будище Звенигородського району Черкаської області, Чернігівський історичний музей та ін.).

Формування туристських маршрутів, пов'язаних з даною тематикою, можливе за двома напрямками. По-перше, це організація вузькоспеціалізованих (присвячених тільки творчості поета) екскурсій, які, як правило, розраховані на відвідування туристських об'єктів у відносній близькості від місця проживання екскурсанта («Київ в житті і творчості Т. Шевченка», «Творчий шлях Т.Г. Шевченка на Чернігівщині», м.Чернігів). По-друге, це пізнавальні тури, які поєднують тему творчого шляху зі знайомством з культурно-історичними та іншими об'єктами території, які пов'язані з життям поета («Шляхами великого Кобзаря» до м. Канів, «Відомі українці на Донеччині. У гості до Шевченка» м. Донецьк).

Навряд чи можна скласти повний перелік об'єктів, пов'язаних з життям і творчістю Т.Г.Шевченка, оскільки до нього, крім великих музеїв, слід віднести і невеликі експозиції при різних районних музеях, в т.ч. краєзнавчих, галереях і ВНЗ, велику кількість шкільних музеїв, пам'ятники і меморіальні дошки.

Імовірно, реєстр таких об'єктів простіше провести, інтегруючи підхід за персоналіями і за географічним принципом.

Викладення основного матеріалу. В Україні велика кількість туристських об'єктів, пов'язаних з життям великого Кобзаря: це місця дитячих років, місця, пов'язані з навчанням, творчою діяльністю, засланням.

Тарас Григорович Шевченко народився 9 березня 1814 року в с. Моринці. Сім'я Шевченка жила в Моринцях не довго, але в дитинстві Тарас часто приїздив сюди до діда Якова Бойка. Поет побував тут і в 1843, 1845 та 1859 рр. Село згадується у повісті «Княгиня». У Моринцях створено музей поета, встановлено меморіальний камінь у колишньому дворі діда Шевченка.

Дитячі роки Т.Г. Шевченка пройшли на території сучасної Черкаської області, де функціонує найбільша кількість музейних об'єктів, присвячених Великому Кобзареві. Зараз в області діє:

1. Історико-культурний заповідник «Батьківщина Тараса Шевченка», до складу якого входять:

- літературно-меморіальний музей Т.Г. Шевченка;

- хата батьків Т.Г. Шевченка;
- хата, в, якій навчався Т.Г.Шевченко.

2. Шевченківський національний заповідник в Каневі. Літературно-меморіальний державний канівський музей Т.Г.Шевченка.

3. Музей Т.Г. Шевченка на території садиби поміщика Енгельгардта у с. Будище.

4. Музей Тараса Шевченка в с. Мошни.

У с. Кирилівка (зараз с. Шевченкове), де пройшли дитячі роки Великого Кобзаря, у 1924 р. на місці колишньої садиби батьків Шевченка встановлено пам'ятник поету, а на місці старої батьківської хати — обеліск. У 1939 р. відкрито літературно-меморіальний музей Т.Г. Шевченка. У 1957 р. Встановлено пам'ятник поету. Збереглися хата дяка, у якого навчався грамоти Тарас. На місці колишньої садиби діда поета, його брата та сестри встановлено меморіальні дошки. Тут поховані його батьки.

В багатьох творах Тараса Шевченка згадується село Будище. Саме в цьому селі і жив у 1829 р. поет, коли був козачком у П. Енгельгардта. Сьогодні в цьому домі розміщена місцева школа, а на фасаді будівлі висить меморіальна дошка. При школі діє шевченківський музей, який розповідає про дитячі роки Кобзаря. У сільському парку ростуть два вікові дуби, що у народі зветься Шевченковими.

Біографія поета тісно пов'язана з таким відомим містом, як Корсунь-Шевченківський. Поет багато разів бував у цьому місті: в дитинстві, у 1845 та 1859 роках. До цього дня збереглися малюнки Т. Шевченка «У Корсуні». На будинку, в якому він зупинявся, встановлено меморіальну дошку. Ще одну меморіальну дошка встановлено під старим каштаном, де, згідно з переказами, любив відпочивати поет.

У грудні 1843 р. Т. Шевченко приїздив до маєтку князя М. Репніна-Волконського (м. Яготин) разом із декабристом О. Капністом, де зустрічався зі знавцями літератури та мистецтва. На літературних вечорах поет часто читав свої твори. Дружні стосунки склалися у поета з родиною Репніних, особливо з дочкою князя Варварою. Шевченко написав портрет дітей В.М. Репніна і автопортрет, а також поему «Тризна», рукопис якої подарував Варварі. У місті збереглися флігель колишнього маєтку Репніних, де встановлено пам'ятник поету.

Неодноразово поет бував у місті Пирятин. Так, у грудні 1843 р. він приїздив у місто провідати та передати листа матері В. Григоровича. Взимку 1845—1846 рр. Т. Шевченко перебував у Пирятині за завданням Археографічної комісії, описав історичні й архітектурні пам'ятки Полтавщини. Приїздив сюди Тарас Григорович і після заслання у 1859 році. У місті зберігся будинок матері В.І. Григоровича.

Географія подорожей Кобзаря не оминула і славне місто Чернігів: у 1843 р. проїздом із Петербурга в Україну; в 1846р. і 1847 р. — за завданням Археографічної комісії. Поет згадує Чернігів у своєму щоденнику та в повісті «Капітанша». У Чернігівському літературно-меморіальному музеї знаходяться численні експонати, що розповідають про перебування Т.Г. Шевченка на Чернігівщині. У 1959 р. у місті встановлено пам'ятник поету.



У 1843 р. поет приїздив у селище Качанівка на запрошення Г.С. Тарновського, який придбав у Шевченка картину «Катерина». В.В. Тарновський (молодший) зібрав у Качанівці велику колекцію пам'яток, пов'язаних із життям і творчістю Кобзаря, яку згодом передав до Чернігівського історичного музею. Після смерті поета в Качанівці на його честь було насипано великий курган, в якому у 1893 р. було поховано товариша поета художника Г. Честяхівського. У Качанівці зберігся колишній палац Тарновських.

У Каневі Шевченко бував у 1845р. та влітку 1859 року. Оглянув місто та його околиці, намалював пейзаж «Біля Канева».

Вперше Т. Шевченко побував у м. Переяслав-Хмельницький в серпні 1845 р., приїздив сюди і пізніше за дорученнями Археологічної комісії. Жив у свого давнього товариша лікаря О.О. Козачківського. Під час перебування у 1859 р. описав історичні та архітектурні пам'ятки Переяслава в «Археологічних заметках» і в повісті «Близнець». Збереглися малюнки Михайлівської та Покровської церков, Вознесенського собору. Там Шевченко написав відомі поеми «Кавказ», «Наймичка», присвяту до поеми «Єретик», а також безсмертний «Заповіт». У колишньому будинку О.О. Козачківського створено історичний музей, поблизу встановлено пам'ятне погруддя Т.Г. Шевченка. Неподалік від будинку росте акація, яку посадив поет.

Тарас Григорович за завданням Археологічної комісії побував у смт Седнів у 1846 році. Жив поет у маєтку братів Лизогубів, де була добре обладнана художня майстерня. Побував Тарас у Седневі у 1847 році. Ще у 1917 р. у місті було встановлено пам'ятне погруддя поету, яке було знищено під час Другої світової війни.

У 1957 р. відкрито новий пам'ятник. На колишньому будинку Лизогубів встановлено меморіальну дошку. У міському парку збереглися альтанка та стара липа, що зветься в народі Шевченківською, під якою любив відпочивати поет. Під липою встановлено пам'ятне погруддя поету та меморіальну дошку.

Восени 1846 р. Т.Г. Шевченко відвідав м. Корець (Рівненська область), перебуваючи на Рівненщині як художник Київської археологічної комісії. У місті встановлено пам'ятник Кобзареві.

У 1846 році під час своєї подорожі по Волині Тарас Григорович побував в Острозі, де він збирав народний фольклор, змальовував пам'ятки старовини. У 1946 р. в міському парку, поблизу того місця, де у XVI столітті була друкарня І. Федорова, відкрито пам'ятник Т. Шевченку, до його підніжжя покладено землю з могили Великого Кобзаря.

Цього ж року восени Шевченко відвідав і Дубно, де оглянув місця, пов'язані з повістю М.В. Гоголя «Тарас Бульба», замок князів Острозьких, міську браму, Іллінську церкву, монастир кармеліток.

Відвідав поет також село Верба. Останнє цікаве тим, що в ньому свого часу побували Г. Сковорода, І. Франко, М. Коцюбинський. Матеріали народного музею в селі розповідають про перебування великого поета у Вербі. У повісті «Варнак» Т. Шевченко писав: «З Кременця пішов я через село Верби у Дубно». Серед експонатів музею є літературна карта, що розповідає про подорожі Т. Шевченка на Рівненщині.

В експозиції краєзнавчого музею в літературному відділі розповідається про перебування Т. Шевченка на Кременеччині. Побував Шевченко і в

Почаєві; жив у монастирському будинку, який зберігся і донині. На будинку встановлено меморіальну дошку. У Почаєві Шевченко зробив кілька акварельних малюнків, записував народні пісні.

У 1846 році поет побував у Берестечку на Волині. Подіям 1851 р. він присвятив вірш «Ой чого ж ти почорніло, зеленіє поле?» Подвиг 300 козаків поет увічнив також у вірші «За байраком байрак». У 1961 р. у Берестечку встановлено пам'ятник Т.Г. Шевченку.

У 1859 р., після арешту в с. Прохорівка, поета було направлено у м. Черкаси де він написав кілька віршів, зробив замальовки Черкас. Зберігся будинок, в якому поет жив під наглядом пристава.

Неодноразово Тарас Шевченко бував у м. Кролевець, де зберігся будинок Р. Огієвської, в якому у 1859 р. зупинявся поет. У дворі цього будинку у 1861 р. стояла труна з тілом Великого Кобзаря під час її перевезення з м. Петербурга в Україну. На будинку встановлено меморіальну дошку.

Поет побував на цукровій фірмі «Брати Яхненко і Симиренко», де читав свої твори перед робітниками та службовцями. П.Ф. Симиренко у 1860 р. надав Шевченку грошову допомогу на видання «Кобзаря». Зберігся колишній будинок П.Ф. Симиренка, в якому зупинявся поет.

Життя видатного українського поета, художника, мислителя Т.Г. Шевченка тісно пов'язане з Києвом. Ще в дитячі та юнацькі роки він приїздив сюди разом із своїм паном. Імовірно, зупинявся на Подолі. З літа 1843 р. до весни 1847 р. періодично мешкав у м. Києві. З квартир, в яких жив поет, збереглася одна — в сучасному провулку Т.Г. Шевченка, 8-а. 5 квітня 1847 р. на переправі через Дніпро (біля сучасного моста Патона) Т. Шевченка заарештували за участь у діяльності Кирило-Мефодіївського товариства.

У Києві Шевченко перебував і після заслання 1859 року. У серпні 1859 р. він жив у сім'ї С.М. Лободи по вулиці Вишгородській, 5, а також по вулиці Стрілецькій, 11.

6—7 травня 1861 р. труну з тілом поета було встановлено в церкві Різдва на Подолі (Поштова площа). Тараса Шевченка збиралися поховати в Києві на горі Щекавиця. Після остаточного визначення місця поховання труну з тілом поета пронесли сучасним Набережним шосе до пароплава, що відійшов від Ланцюгового мосту (район сучасного мосту Метро) до м. Канева.

Київ знайшов відображення у творах Т.Г. Шевченка. Він описав Печерське та Старе міста; «Зелений готель» на Московській вулиці та ганок друкарні Києво-Печерської лаври, на якому любив малювати та відпочивати. Залишились також замальовки Куренівки, Видубицького монастиря, Аскольдової могили, Олександрівського костюлу.

У Києві створено музеї Т.Г. Шевченка: державний (бульвар Т.Шевченка, 12), літературно-меморіальний (вул. Вишгородська, 5) і літературно-меморіальний будинок-музей (пров. Шевченка, 8-а) [4].

### Висновки

Розвиток івентивного туризму значною мірою впливає на соціально-економічний стан регіону. Івентивні заходи є каталізатором у розвитку інфраструктури туризму, сприяють формуванню позитивного іміджу регіону як туристичної галузі. Всі ефекти (як позитивні, так і негативні) від проведення

заходів повинні бути оцінені з метою виконання стратегічних завдань розвитку туризму в регіонах.

Івентивний туризм можна розглядати як фактор розвитку патріотизму у підростаючого покоління. Яскраві події в історії країни викликають почуття гордості за свою вітчизну, тому їх необхідно активно пропагувати.

### Література

1. *Про додаткові заходи з підготовки та відзначення 200-річчя від дня народження Тараса Шевченка* Указ Президента України №257/2012 від 11.04.2012 // <http://www.president.gov.ua/documents/14680.html>

2. *Про затвердження плану заходів з підготовки та відзначення 200-річчя від дня народження Т.Г. Шевченка та 150-річчя від дня його перепоховання* Постанову КМУ №167-р від 2.03.2012 // <http://zakon1.rada.gov.ua>

3. *Бабкин А. В.* Специальные виды туризма // А.В. Бабкин. — М.: Высшее образование, 2008. — 317 с.

4. *Основні тематичні напрями туристсько-екскурсійних маршрутів України.* — К.: ДП «Національна туристична організація», 2003. — 100 с.

5. *Всеукраїнські заходи, присвячені відзначенню 200-річчя від дня народження Т.Г. Шевченка* // Департамент освіти і науки Київської обласної державної адміністрації // Режим доступу: <http://kyiv-oblosvita.gov.ua>

## ИВЕНТИВНЫЙ ТУРИЗМ КАК ИНСТРУМЕНТ ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ МОЛОДЕЖИ

Е.А. Верес

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье рассматривается роль и значение ивентивного туризма как фактора развития патриотизма у подрастающего поколения, стимулирующего образовательный процесс, на примере празднования 200-летия со дня рождения Тараса Шевченко. Доказано, что культурное наследие региона способно определить специфику и направление развитие туризма и туристической дестинацию. Развитие устойчивого ивентивного туризма предполагает решение целого комплекса проблем: создание перспективного туристского продукта с целью удовлетворения современных потребностей туристов; рациональное использование природного и культурного наследия региона; учет интересов местной экономики на основе взаимодействия и взаимного обогащения; оказание поддержки предпринимательству; вовлечение населения (местных сообществ) в развитие туризма, увязку интересов бизнеса и местных жителей на основе партнерства.*

**Ключевые слова:** ивентивный туризм, туристическое событие, развитие туризма, инновационные направления, объект туристической аттракции.

## MODELING THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF STERILIZATION OF CANNED FOOD IN GLASS CONTAINERS USING A STERILIZER OF PERIODIC ACTION

N. Popova

*National University of Food Technologies*

S. Mironyuk

*Uman National University of Horticulture*

---

**Key words:**

*Sterilization*

*Heat treatment of raw materials*

*Activity of microorganisms*

*Optimum temperature*

**Article history:**

Received 13.06.2014

Received in revised form 27.06.2014

Accepted 06.07.2014

**Corresponding author:**

N. Popova

**Email:**

npuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

Sterilization and pasteurization of products are important when canning, as well as using an aseptic preservation method. In the canning industry sterilization process is conditional, since microorganisms after heat treatment are not completely liquidated, but the conditions are created that do not allow further development of the surviving microorganisms. Sterilization modes are developed specifically for each product and for the specific conditions in which the sterilization is carried out (machine type, parameters of the coolant, etc.). Reliability of sterilization modes is determined by the mode of canned food heating. Heat transfer from the periphery to the center banks can have two aspects: by convection during sterilization of liquid products and due to thermal conductivity for solid ones. The mathematical model of canned vegetables sterilization has been developed, with allows adequately calculating of sterilization process temperatures and assessing the level of actual mortality.

---

## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СТЕРИЛІЗАЦІЇ КОНСЕРВІВ У СКЛЯНІЙ ТАРІ В АВТОКЛАВІ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ

Н.В. Попова

*Національний університет харчових технологій*

С.С. Миронюк

*Уманський національний університет садівництва*

*У статті розроблено математичну модель процесу стерилізації овочевих консервів, за допомогою якої адекватно можна розраховувати температурні режими процесу стерилізації й оцінити фактичну летальність. Зазначено, що при виробництві консервів велике значення мають стерилізація і пастеризація продуктів, а також асептичний спосіб консервування. У консервній промисловості стерилізація має умовний характер, тому що після термічної обробки*

мікроорганізми цілком не знищуються, а створюються такі умови, які не дають можливості подальшого розвитку тих мікроорганізмів, які залишилися живими. Режими стерилізації розробляються конкретно для кожного продукту і для тих умов, в яких здійснюється стерилізація (тип апарата, параметри теплоносія тощо). Надійність режимів стерилізації визначається режимом прогрівання консервів. Передача теплоти від периферії до центру банки може проходити двояко: за рахунок конвекції при стерилізації рідких продуктів і за рахунок теплопровідності для густих.

**Ключові слова:** стерилізація, теплова обробка сировини, життєдіяльність мікроорганізмів, оптимальний температурний режим.

Стерилізація є технологічним процесом, під яким розуміють теплове оброблення консервів в автоклаві, що проводиться з метою пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів за температури вище 100 °С і певної тривалості, які залежать від кислотності, консистенції й типу продукту для виготовлення консервів (овочеві, м'ясні тощо).

Як відомо, метою теплового оброблення є пригнічення властивостей бактерій до вегетації та відповідних наслідків — псування продуктів консервування [1, 2]. Під час стерилізації консервів у скляній тарі відбувається нерівномірне прогрівання всього об'єму банки (тари). Найменша температура продукту всередині банки фіксується у так званому термічному центрі. Ним є той об'єм банки, який рівновіддалений від днища, кришки та бокової стінки. Отже, у термічному центрі можуть тривалий час перебувати неушкодженими мікроорганізми протягом усього терміну стерилізації.

З метою керування процесами стерилізації використовують такі основні параметри оптимізації, як температура, тривалість процесу й типорозмір тари консервів, від якого залежить відстань до термічного центру за умов зазначеного (вибраного) продукту для стерилізації, тобто фізичні властивості продукту (теплопровідність, температуропровідність).

Задача оптимізації процесу стерилізації продуктів у скляній тарі зводиться до визначення такого температурного режиму й тривалості процесу, за якого можливе досягнення заданої температури прогрівання у термічному центрі протягом часу, достатнього для пригнічення мікроорганізмів, тобто в уточненні формули стерилізації для певних продуктів у відповідній скляній тарі.

Тривале прогрівання консервів викликане глибоким розміщенням в об'ємі банки порції продукту, яка знаходиться у термічному центрі, породжує задачу оптимізації із наявністю конкуруючих властивостей оптимізації: геометричної конфігурації тари, тривалості й температури на стадії стерилізації.

Шляхом вибору оптимальних співвідношень геометричних розмірів банки вдається витіснити очікувані термічні центри до поверхні, що контактує з гарячим теплоносієм усередині автоклаву.

Під час розроблення режимів стерилізації консервів зазвичай знімають температурну криву в місцях продукту, що найменше прогривається, у термічному центрі банки. Експериментальними методами визначити таку криву під час стерилізації в автоклаві у банок з різними типорозмірами й продуктами доволі складно. Вибору оптимального типорозміру банки для

необхідного продукту передують ретельне дослідження, яке можна провести безпосередньо на промисловому об'єкті — автоклаві, чи із застосуванням математичного моделювання задачі на ЕОМ. Останній спосіб є дещо меншим за трудомісткість і тривалість.

Для аналітичного розрахунку температурної кривої необхідно вирішити диференціальне рівняння теплопровідності для двошарового циліндра, скляна банка якого — зовнішній шар, а продукт — внутрішній шар [3, 4].

Вирішення рівняння приводиться у вигляді рівнянь визначення температури продукту всередині термічного центру для трьох періодів стерилізації згідно з формулою стерилізації продуктів в автоклавах:

для  $0 < \tau \leq \tau_1$ :

$$t'_0 = t_{\text{поч}} + (t_{\text{сп}}^0 - t_{\text{поч}}) \Phi(\text{Fo}_h^\tau) + b_1 \tau \Omega(\text{Fo}_h^\tau); \quad 12$$

для  $\tau_1 < \tau \leq \tau_2$ :

$$t''_0 = t_{\text{поч}} + (t_{\text{сп}}^0 - t_{\text{поч}}) \Phi(\text{Fo}_h^\tau) + b_1 \tau \Omega(\text{Fo}_h^\tau) - b_1 (\tau - \tau_1) \Omega(\text{Fo}_h^{\tau - \tau_1}), \quad 34$$

для  $\tau_2 < \tau \leq \tau_3$ :

$$t'''_0 = t_{\text{поч}} + (t_{\text{сп}}^0 - t_{\text{поч}}) \Phi(\text{Fo}_h^\tau) + b_1 \tau \Omega(\text{Fo}_h^\tau) - b_1 (\tau_2 - \tau_1) \Omega(\text{Fo}_h^{\tau_2 - \tau_1}) - b_2 (\tau - \tau_2) \Omega(\text{Fo}_h^{\tau - \tau_2}), \quad 56$$

де  $t'$ ,  $t''$ ,  $t'''$  — температура продукту у термічному центрі банки відповідно у першому, другому і третьому періодах стерилізації, °С;  $t_{\text{поч}}$  — початкова температура продукту в момент фасування у банки  $t_{\text{сп}}^0$  — початкова температура середовища у автоклаві;  $\Phi(\text{Fo}_h^\tau)$  і  $\Omega(\text{Fo}_h^\tau)$  безрозмірні функції критерію Фур'є, критерій Фур'є для відповідного періоду стерилізації може бути розрахований за рівнянням  $\text{Fo}_h^\tau = a\tau/h^2$ .

Значення безрозмірних функцій  $\Phi(\text{Fo}_h^\tau)$  і  $\Omega(\text{Fo}_h^\tau)$  для типорозміру 1,56 скляної тари приведені у табл. 1.

*Таблиця 1. Залежність безрозмірних функцій  $\Phi$  і  $\Omega$  від критерію  $\text{Fo}$*

|          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Fo       | 0,020 | 0,030 | 0,040 | 0,060 | 0,080 | 0,100 | 0,125 | 0,150 | 0,175 | 0,200 | 0,250 | 0,300 | 0,350 |
| $\Omega$ | 0,003 | 0,012 | 0,034 | 0,101 | 0,181 | 0,258 | 0,346 | 0,420 | 0,485 | 0,538 | 0,622 | 0,682 | 0,730 |
| $\Phi$   | 0,012 | 0,061 | 0,140 | 0,325 | 0,485 | 0,627 | 0,740 | 0,834 | 0,890 | 0,929 | 0,971 | 0,989 | 0,999 |

|          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Fo       | 0,400 | 0,450 | 0,500 | 0,550 | 0,600 | 0,700 | 0,800 | 0,900 | 1,000 | 1,200 | 1,400 | 1,800 |
| $\Omega$ | 0,760 | 0,790 | 0,811 | 0,828 | 0,842 | 0,865 | 0,880 | 0,892 | 0,904 | 0,920 | 0,930 | 0,946 |
| $\Phi$   | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Розрахунок температури середовища в автоклаві під час стерилізації консервів у перший період протягом часу  $0 < \tau \leq \tau_1$  від початкової температури до температури стерилізації здійснюємо за рівнянням:

$$t_{\text{сп}}(\tau) = t_{\text{сп}}^0 + b_1 \cdot \tau, \quad 78$$

де  $\tau$  — поточний час, с;  $b_1$  — швидкість нагрівання середовища,  $^{\circ}\text{C} / \text{с}$ .

Далі температура витримується постійною і рівною температурі стерилізації згідно з формулою стерилізації для певного продукту протягом  $\tau_1 < \tau \leq \tau_2$ .

Після періоду стерилізації температура середовища в автоклаві знижується протягом часу  $\tau_2 < \tau \leq \tau_3$ :

$$t_{\text{cp}}(\tau) = t_{\text{cp}}^0 + b_1 \cdot \tau_1 - b_2 \cdot \tau, \quad (66)$$

де  $b_2$  — швидкість охолодження середовища,  $^{\circ}\text{C} / \text{с}$ .

Значення коефіцієнта температуропровідності приймалося  $2,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ , а коефіцієнта теплопровідності — 1,30 (Вт / (м К)). Коефіцієнти температуропровідності і теплопровідності скла складають відповідно  $4,4 \cdot 10^{-7}$  і 0,75. Параметр  $K = h / R_1$ , що визначає вплив відстані до термічного центру банки, складає 1,63.

Результати розрахунку температур в автоклаві і термічному центрі продукту при стерилізації консервів «Баклажани смажені з солодким перцем» за режимом  $\frac{25-40-25}{120 \text{ }^{\circ}\text{C}}$  у скляній тарі III — 82 — 500 порівняно з експериментальними наводяться в табл. 2.

*Таблиця 2. Результати досліджень і розрахунків процесу стерилізації консервів «Баклажани смажені із солодким перцем» за режимом  $\frac{25-40-25}{120 \text{ }^{\circ}\text{C}}$  у скляній тарі III — 82 — 500*

| Час від початку прогрівання, хв | Температура автоклава, $^{\circ}\text{C}$ |            | Температура продукту, $^{\circ}\text{C}$ |            | Перевідний коефіцієнт $K_F$ |            |
|---------------------------------|---|------------|--|------------|-----------------------------|------------|
|                                 | Експеримент                               | Розрахунок | Експеримент                              | Розрахунок | Експеримент                 | Розрахунок |
| 0                               | 70  | 70         | 36,0                                     | 36,0       |                             |            |
| 5                               | 80  | 80         | 39,5                                     | 36,344     |                             |            |
| 10                              | 90  | 90         | 48,5                                     | 38,749     |                             |            |
| 15                              | 100                                       | 100        | 64,5                                     | 44,721     |                             |            |
| 20                              | 110                                       | 110        | 75,5                                     | 52,292     |                             |            |
| 25                              | 120                                       | 120        | 85,5                                     | 60,822     |                             |            |
| 30                              | 120                                       | 120        | 92,0                                     | 70,022     | 0,0012                      |            |
| 35                              | 120                                       | 120        | 98,0                                     | 79,025     | 0,0049                      |            |
| 40                              | 120                                       | 120        | 102,5                                    | 87,314     | 0,0138                      |            |
| 45                              | 120                                       | 120        | 105,0                                    | 94,225     | 0,0246                      |            |
| 50                              | 120                                       | 120        | 107,5                                    | 99,949     | 0,0437                      | 0,008      |
| 55                              | 120                                       | 120        | 109,0                                    | 104,625    | 0,0618                      | 0,023      |
| 60                              | 120                                       | 120        | 110,5                                    | 108,072    | 0,0870                      | 0,05       |
| 65                              | 120                                       | 120        | 111,0                                    | 110,711    | 0,0980                      | 0,091      |
| 70                              | 105                                       | 104        | 110,0                                    | 110,673    | 0,0775                      | 0,091      |
| 75                              | 90  | 88         | 108,0                                    | 110,229    | 0,0490                      | 0,082      |
| 80                              | 70  | 72         | 102,0                                    | 107,939    | 0,123                       | 0,048      |
| 85                              | 55  | 56         | 95,0                                     | 103,534    | 0,0025                      | 0,018      |
| 90                              | 40  | 40         | 86,0                                     | 96,718     |                             | 0,004      |

Стерилізуючий ефект знаходили шляхом експериментального вимірювання температури продукту в найменш прогрітій точці — геометричному центрі з подальшою математичною обробкою даних теплофізичних вимірювань. Така обробка зводилась до перерахунку летальної дії вимірюваних температур ( $T_{\delta}$ ) на дію температури 121,1 °С, прийнятої за еталон ( $T_e$ ). Перерахунок проводився за допомогою перевідних коефіцієнтів  $K_F$  [3].

Склавши перевідні коефіцієнти, що відповідають кожному значенню вимірюваній у банці температури і помноживши отриману суму на проміжок замірів, отримували величину фактичної летальності  $F_{\text{еф}}$ .

За результатами експерименту і розрахунків було знайдено значення фактичної летальності, які, відповідно, становили 2,38 і 2,067 ум. хв. Таким чином, похибка розрахунків складає 11 %. Нормативна летальність для овочевих закусочних консервів, нарізаних частинками або шматками, складає 1 — 2 ум. хв [3, 4]. При порівнянні отриманого значення фактичного стерилізуючого ефекту зі встановленою нормою летальності видно, що даний режим стерилізації перевищує нормативний:  $F_{\text{факт}} > F_{\text{н}}$  або  $2,38 > 2$ .

Можна стверджувати, що запропонований режим стерилізації консервів «Баклажани смажені з солодким перцем»  $\frac{25 - 40 - 25}{120 \text{ } ^\circ\text{C}}$  забезпечить промисло-ву стерильність нових видів консервів.

Результати розрахунку температур в автоклаві і термічному центрі продукту при стерилізації консервів «Баклажани смажені з солодким перцем» за режимом  $\frac{25 - 40 - 25}{120 \text{ } ^\circ\text{C}}$  у скляній тарі III — 82 — 500 наводяться в табл. 3.

*Таблиця 3. Результати досліджень і розрахунків процесу стерилізації консервів «Баклажани смажені з солодким перцем» за режимом  $\frac{25 - 40 - 25}{120 \text{ } ^\circ\text{C}}$  у скляній тарі III — 82 — 500*

| Час від початку прогрівання, хв | Температура автоклава, °С |            | Температура продукту, °С |            | Перевідний коефіцієнт $K_F$ |            |
|---------------------------------|---------------------------|------------|--------------------------|------------|-----------------------------|------------|
|                                 | Експеримент               | Розрахунок | Експеримент              | Розрахунок | Експеримент                 | Розрахунок |
| 0                               | 50                        | 50         | 41,0                     | 41,0       |                             |            |
| 5                               | 60                        | 60         | 44,0                     | 41,307     |                             |            |
| 10                              | 70                        | 70         | 48,5                     | 43,898     |                             |            |
| 15                              | 80                        | 80         | 56,5                     | 48,791     |                             |            |
| 20                              | 90                        | 90         | 64,5                     | 55,383     | 0,0926                      |            |
| 25                              | 100                       | 100        | 72,0                     | 62,995     | 0,2930                      | 0,074      |
| 30                              | 100                       | 100        | 79,0                     | 71,347     | 0,8570                      | 0,265      |
| 35                              | 100                       | 100        | 85,0                     | 79,287     | 2,1500                      | 0,896      |
| 40                              | 100                       | 100        | 87,5                     | 85,56      | 3,1700                      | 2,348      |
| 45                              | 85                        | 88         | 85,0                     | 85,489     | 2,1500                      | 2,323      |
| 50                              | 75                        | 76         | 78,0                     | 84,231     | 0,7360                      | 1,915      |
| 55                              | 65                        | 64         | 72,0                     | 80,547     | 0,2930                      | 1,088      |
| 60                              | 50                        | 52         | 66,5                     | 74,516     | 0,1260                      | 0,431      |
| 65                              | 40                        | 40         | 60,0                     | 66,715     | 0,0464                      | 0,13       |



Стерилізуючий ефект знаходили шляхом експериментального вимірювання температури продукту в найменш прогрітій точці банки — геометричному центрі з подальшою експериментальною обробкою даних теплофізичних вимірювань. Така обробка зводилась до перерахунку летальної дії вимірюваних температур ( $T_{\delta}$ ) на дію температури  $80^{\circ}\text{C}$ , прийнятої за еталон  $T_e$ . Перерахунок проводився за допомогою перевідних коефіцієнтів  $K_A$  [3].

За результатами експерименту і розрахунків було знайдено значення фактичної летальності, які, відповідно, становили 47,243 і 47,342 ум. хв. Таким чином, похибка розрахунків складає менше 1 %.

Нормативна летальність для даного виду консервів складає  $A_{80}^{15} = 40 - 50 \text{ ум. хв}$  [3,4]. Отже, запропонований режим стерилізації забезпечить промислово стерильність консервів.

### Висновки

Розроблено математичну модель процесу стерилізації овочевих консервів, за допомогою якої адекватно можна розраховувати температурні режими процесу стерилізації й оцінити фактичну летальність.

### Література

1. *Мальский А.Н.* Овощные закусочные консервы / А.Н. Мальский, А.К. Изотов. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — 232 с.
2. *Фізико-хімічні і біологічні основи консервного виробництва* / [Б.Л. Флауменбаум, А.Т. Безусов, В.М. Сторожук, Г.П. Хомич]. — Одеса: Друк, 2006. — 400 с.
3. *Флауменбаум Б.Л.* Теоретические основы стерилизации консервов / Флауменбаум Б. Л. — К.: Изд. Киевского университета, 1960.
4. *Применение математического анализа при разработке новых режимов стерилизации консервов* / Б.Л. Флауменбаум, М.Е. Валявская, Л.З. Каушанская, С.И. Юрченко // Консервная и овощесушильная промышленность. — 1962. — № 11 — С. 14—16.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОНСЕРВОВ В СТЕКЛЯННОЙ ТАРЕ В АВТОКЛАВАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

**Н.В. Попова**

*Национальный университет пищевых технологий*

**С.С. Миронюк**

*Уманский национальный университет садоводства*

*В статье разработана математическая модель процесса стерилизации овощных консервов, с помощью которой можно адекватно рассчитывать температурные режимы процесса стерилизации и оценивать фактическую летальность. Отмечено, что при производстве консервов большое значение*

имеют стерилизация и пастеризация продуктов, а также асептический способ консервирования. В консервной промышленности стерилизация носит условный характер, так как после термической обработки микроорганизмы уничтожаются не полностью, а создаются такие условия, которые не дают возможности дальнейшему развитию оставшихся в живых микроорганизмов. Режимы стерилизации разрабатываются конкретно для каждого продукта и для тех условий, в которых осуществляется стерилизация (тип аппарата, параметры теплоносителя и т. д.). Надежность режимов стерилизации определяется режимом прогрева консервов. Передача теплоты от периферии к центру банки может проходить двояко: за счет конвекции при стерилизации жидких продуктов и за счет теплопроводности для густых.

**Ключевые слова:** стерилизация, тепловая обработка сырья, жизнедеятельность микроорганизмов, оптимальный температурный режим.

## NEW BLENDED OIL WITH OPTIMIZED FATTY ACID CONTENT

A. Dubinina, S. Lehnert, O. Khomenko

*Kharkiv State University of Food Technology and Trade*

---

**Key words:**

*Blend fatty acid  
Composition  
Polyunsaturated fatty  
Acid  $\omega$ -6 and  $\omega$ -3  
Biological value*

---

**Article history:**

Received 20.07.2014  
Received in revised form  
25.07.2014  
Accepted 01.08.2014

---

**Corresponding author:**

O. Khomenko  
**E-mail:**  
olya\_21\_03@mail.ru

---

**ABSTRACT**

The review of scientific literature that is related to the issues of creating vegetable oils with increased biologic activity was done. Products with balanced fatty acid content can be obtained by vegetable oils blending. The objective of this research was content substantiation and blend modeling based on peanut oil with the balanced fatty acid content for therapeutic-prophylactic application. A blend on the base of peanut and linseed oil that can be considered as the product of therapeutic-prophylactic function was developed with the help of mathematical modeling. The product development in question promotes assortment extension of functional products of fat-and-oil industry of Ukraine. The developed blended oil can be recommended to people with skin and cardiovascular diseases, diseases of gastro-intestinal tract, used to prevent development of atherosclerosis or be included in a healthy diet.

---

## НОВА КУПАЖОВАНА ОЛІЯ З ОПТИМІЗОВАНИМ ЖИРНОКИСЛОТНИМ СКЛАДОМ

А.А. Дубініна, С.О. Ленерт, О.О. Хоменко

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

*У статті здійснено огляд наукової літератури, що стосується питань створення рослинних олій з підвищеною біологічною цінністю. Обґрунтовано склад і моделювання купажу на основі арахісової олії зі збалансованим жирнокислотним складом для лікувально-профілактичного використання. За допомогою математичного моделювання розроблено купаж на основі арахісової та лляної олії, що за збалансованістю жирнокислотного складу можна віднести до продуктів лікувально-профілактичного призначення. Розроблена купажована олія може бути рекомендована для людей зі шкірними та серцево-судинними захворюваннями, хворобами шлунково-кишкового тракту, для запобігання розвитку атеросклерозу, у дієтичному харчуванні.*

**Ключові слова:** *купаж, жирнокислотний склад, поліненасичені жирні кислоти  $\omega$ -6 та  $\omega$ -3, біологічна цінність.*

Постановка проблеми. На сьогодні досить добре відомі функціональні продукти харчування. В Європі їх випуск досягає 20—30 % від загального обсягу

всіх реалізованих продуктів харчування. У нашій країні виробництво таких продуктів також поступово зростає. Український ринок продуктів функціонального харчування в основному представлений: продуктами для дітей грудного віку (кефіру і йогурту вітчизняного виробництва); продуктами для вагітних і жінок, що годують грудьми; продуктами для літніх людей (знежирений біфідойогурт, збагачений вітамінами); продуктами для людей з хронічними захворюваннями (наприклад, хворих цукровим діабетом) [1].

Одним із важливих сегментів ринку функціональних продуктів є продукти масложирової промисловості, частка яких у загальному обсязі виробництва продуктів харчування становить 10—13%, а вміст у раціоні харчування — 30—35% від загальної калорійності [2].

Сьогодні харчування населення багато в чому не відповідає вимогам, що пред'являються до здорового харчування. Але помітна тенденція скорочення надходження жирів за рахунок тваринних продуктів (до 34%) і збільшення (до 66%) за рахунок рослинних олій [3, 4]. З гігієнічних позицій важливо, щоб у харчовому раціоні збільшувалась частка рослинних олій, які містять значно більше ненасичених жирних кислот. Однак основною рослинною олією, що споживається в Україні, є соняшникова олія і продукти її переробки, які не мають збалансованого жирнокислотного складу. За сучасними критеріями оптимальний склад жирних кислот визначається не тільки вмістом поліненасичених жирних кислот, а й співвідношенням кислот  $\omega$ -3/ $\omega$ -6, насамперед  $\alpha$ -ліноленової і лінолевої, які є попередниками в синтезі цілого ряду регуляторних сполук в організмі людини і, відповідно, функціональними інгредієнтами олієжирових продуктів здорового харчування.

За рекомендаціями Європейського бюро ВООЗ, на есенціальні жирні кислоти має припадати 4—6 % енергетичної цінності харчового раціону дорослої людини, співвідношення  $\omega$ -3 до  $\omega$ -6 ПНЖК має становити 1:10, а у випадках порушення ліпідного обміну — 1:5 і навіть 1:3.

Згідно з розрахунками А.П. Левицького [5], у наш час у змішаному раціоні стандартного жителя України співвідношення  $\omega$ -3/ $\omega$ -6 ПНЖК становить 33,1:1,4 або 23,6:1 замість 5:1, тобто спостерігається значне перевищення допустимого рівня  $\omega$ -6 ПНЖК більш як у 4 рази.

Одним із ключових напрямків вирішення зазначеної проблеми є розробка та впровадження продуктів збалансованого жирнокислотного складу. У концепції здорового харчування простежується пріоритетна тенденція до збільшення в харчовому раціоні частки олій з підвищеним вмістом  $\omega$ -3 поліненасичених жирних кислот і розробці виробництва сумішей рослинних олій з оптимальним співвідношенням кислот  $\omega$ -3: $\omega$ -6.

Населення України споживає переважно продукти, які містять жирні кислоти групи  $\omega$ -6: соняшкову та кукурудзяну олії, а ті, що багаті на жирні кислоти групи  $\omega$ -3 — лляну, соєву, ріпакову, рижієву — практично виключено з раціону харчування. Ось чому українцям необхідно підвищити споживання олій, які містять  $\omega$ -3 ПНЖК [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукової літератури показав, що на сьогодні активно ведуться роботи зі створення продуктів з опти-

мальним жирнокислотним складом. Найбільш поширеними оліями, що використовують для купажування, є соняшникова, соєва, кукурудзяна, оливкова, ріпакова, лляна, рижієва [7—10]. Розпочато використання для купажування олій нетрадиційної для галузі сировини (гарбуза, розторопші, амаранту, олії із зародків пшениці тощо), що володіє поряд з харчовими перевагами також біологічно активними і фармакологічними властивостями [11—13]. Аналіз літератури не встановив наявності праць, де б пропонувалося використання при проектуванні купажів арахісової олії, хоча вона має відмінні смаковими якостями і високу харчову цінність, містить у своєму складі велику кількість необхідних для людського організму вітамінів, макро- і мікроелементів, а також ряд інших речовин, які сприятливо впливають на функціональний стан нервової, серцево-судинної, травної та імунної систем [14, 15]. Зважаючи на це, створення купажу зі збалансованим жирнокислотним складом на основі арахісової олії підвищеної біологічної цінності є актуальним.

Метою дослідження є наукове обґрунтування складу та моделювання купажу на основі арахісової олії зі збалансованим жирнокислотним складом для харчування лікувально-профілактичного направлення.

Виклад основного матеріалу. Збалансувати вміст жирних кислот арахісової олії можна шляхом змішування з іншими оліями з урахуванням їхнього складу.

Відомо, що насіння арахісу відносять до олійних культур, бо практично половину сухих речовин займає жир. З попередніх досліджень хімічного складу арахісу колекції Інституту олійних культур НААН України відомо, що найбільший вміст жирової фракції (59%) характерний для сорту Краснодарський 14 [16], тому доцільно було б саме його використовувати для виготовлення олії.

Про біологічну цінність сорту арахісу Краснодарський 14 свідчить високий вміст (41% від суми кислот) такої есенціальної жирної кислоти, як лінолева. Мононенасичені кислоти представлені олеїновою, яка складає практично половину від загальної кількості кислот. До того ж характерним для олії арахісу є низький вміст насичених жирних кислот (до 8% від загальної суми) [17].

Аналіз жирнокислотного складу олії арахісу підтвердив, що в ній практично відсутня така есенціальна  $\omega$ -3 ПНЖК, як ліноленова, тому для балансу  $\omega$ -3:  $\omega$ -6 слід підібрати таку олію, в якій вміст ліноленової кислоти був би максимальним. З огляду на це для купажування було обрано лляну олію, яка є лідером серед рослинних олій з біологічної цінності, незамінним джерелом ненасичених жирних кислот. Завдяки підвищеному вмісту  $\omega$ -3, лляна олія є ідеальним природним засобом для профілактики атеросклерозу, ішемічної хвороби серця, цукрового діабету та інших хвороб, пов'язаних з порушенням кровотоку й обміну речовин. Завдяки лікувально-профілактичним властивостям рослинну олію льону застосовують у дієтичному харчуванні при захворюваннях печінки, кишечника, щитовидної залози, шлунка [18].

Для розрахунку збалансованості за співвідношенням  $\omega$ -3 і  $\omega$ -6 жирних кислот у рецептурі купажу олій користувалися пакетом програм MatCad з використанням вимог дієтологів та жирно-кислотним складом олій, які наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Жирнокислотний склад олій, %

| Жирині кислоти |                  | Олія        |             |
|----------------|------------------|-------------|-------------|
|                |                  | арахісова   | ляна        |
| НЖК            | міристинова      | 0,4         | 0           |
|                | пальмітинова     | 4,6         | 6           |
|                | стеаринова       | 2,4         | 4           |
|                | лауринова        | 0,2         | 0           |
|                | бегенова         | 0           | 0,3         |
|                | арахінова        | 0           | 0,5         |
|                | <b>Всього</b>    | <b>7,6</b>  | <b>10,8</b> |
| МНЖК           | олеїнова         | 50          | 20          |
|                | ерукова          | 0           | 0,3         |
|                | пальмітоолеїнова | 0,2         | 0           |
|                | <b>Всього</b>    | <b>50,2</b> | <b>20,3</b> |
| ПНЖК           | лінолева         | 41          | 14          |
|                | ліноленова       | 0,1         | 54          |
|                | <b>Всього</b>    | <b>41,1</b> | <b>68</b>   |

Відомо, що лляну олію як самостійний інгредієнт в чистому вигляді у кулінарії використовують рідко. Це пов'язано з тим, що вона має яскраво виражений специфічний запах і незначний гіркий післясмак. При невеликих концентраціях лляна олія не погіршує органолептичні показники сумішей. Максимально допустима концентрація лляної олії в сумішах, яка не знижує їх якості, становить не більше 17,1 % [19].

В основу розрахунку збалансованого купажу олій було покладено співвідношення МНЖК:ПНЖК як 1:1, причому співвідношення  $\omega$ -3: $\omega$ -6 повинно наблизитись до 1:5 (для лікувально-профілактичного призначення).

У результаті проведеного математичного моделювання було встановлено, що для створення купажованої олії з оптимізованим жирнокислотним складом необхідна така кількість олій: арахісова — 86 %, лляна — 14 %.

В отриманому купажі вміст ненасичених жирних кислот має такий склад: олеїнова кислота — 46,8 %; пальмітоолеїнова — 0,17 %; лінолева кислота — 37,22 %; ліноленова кислота — 7,65 %. Загальний вміст ненасичених жирних кислот у купажованій олії — 90,82 %, з них поліненасичених — 44,81 %, при цьому співвідношення  $\omega$ -6: $\omega$ -3=4,8:1, а співвідношення МНЖК:ПНЖК=1:1, що відповідає нормам «здорового» харчування.

### **Висновки**

Встановлено, що одержати олію зі збалансованим жирнокислотним складом можливо лише за допомогою купажування. Використання математичного моделювання дало змогу розрахувати купаж арахісової та лляної олії, який відповідає нормам «здорового» харчування й може використовуватись як продукт лікувально-профілактичного призначення. Дана розробка сприяє розширенню асортименту функціональних продуктів масложирової промисловості України. Розроблений купаж можна рекомендувати для людей з підвищеним рівнем холестерину в крові для запобігання розвитку атеросклерозу, серцево-судинних і шкірних захворювань, шлунково-кишкового тракту.

Споживання розробленої купаженої олії дасть змогу вирішити проблеми профілактики захворювань, що викликані дефіцитом ПНЖК  $\omega$ -3 групи, а також надлишкової ваги та передчасного старіння. У подальшому планується дослідження стабільності доокиснення розробленого купажу та її підвищення за рахунок введення природних антиоксидантів.

### Література

1. *Львова Л.* Продукти спеціального призначення / Л. Львова // Фармацевт Практик. — 2012. — № 3. — Режим доступу: <http://www.healthyway.com.ua/index.php/2011-04-07-14-50-47/19-2012-01-17-15-07-29/157-2012-04-05-11-54-42>
2. *Тутельян В. А.* Функциональные жировые продукты в структуре питания / В. А. Тутельян, А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова // Масложировая промышленность. — 2009. — № 6. — С. 6—9.
3. *Смоляр В. І.* Стан фактичного харчування населення незалежної України / В. І. Смоляр // Проблеми харчування. — 2012. — №1—2. — С. 5—9.
4. *Сегеда С. А.* Оцінка споживання основних продовольчих продуктів в Україні / С. А. Сегеда // Збірник наукових праць ВНАУ. — 2012. — №3(69). — С. 195—199.
5. *Левіцкий А. П.* Идеальная формула жирового питания / А.П. Левицкий. — Одесса, 2002. — 62 с.
6. *Кричовська Л. В.* Дослідження якості харчових продуктів / Л. В. Кричовська // Товари і ринки. — 2010. — №2. — С. 98—99.
7. *Прокопенко Л. Г.* Полиненасыщенные жирные кислоты в растительных маслах / Л. Г. Прокопенко, Л. И. Бойняжева, Е. В. Павлова // Масложировая промышленность. — 2009. — № 2. — С. 11—12.
8. *Табакаева О. В.* Растительные масла с оптимизированным жирнокислотным составом / О. В. Табакаева, Т. К. Каленик // Масложировая промышленность. — 2007. — № 1. — С. 21—22.
9. *Табакаева О. В.* Обогащенные растительные масла с оптимизированным жирнокислотным составом / О. В. Табакаева, Т. К. Каленик // Масложировая промышленность. — 2007. — № 2. — С. 34—35.
10. *Утешева С. Ю.* Тенденции в создании майонезов и соусов функционального назначения / С. Ю. Утешева, А. П. Нечаев // Масложировая промышленность. — 2007. — №3. — С. 12—16.
11. *Кулакова С. Н.* О растительных маслах нового поколения в нашем питании / С. Н. Кулакова, М. М. Гаппаров, Е. В. Викторова // Масложировая промышленность. — 2005. — №1. — С. 4—7.
12. *Кулакова С. Н.* Растительные масла нового поколения и их роль в питании / С. Н. Кулакова, Е. В. Викторова // Масла и жиры. — 2006. — №9. — С. 1—5.
13. *Пищевой эмульсионный жировой продукт:* пат. 2242138 Рос. Федерация: МПК А23D9/00/ Паронян В.Х., Восканян О.С., Тырси́на А.В. [и др.]; заявитель и патентообладатель Паронян В. Х., Восканян О. С., Скрыбина Н. М. — № 2004103666/13; заявл. 10.02.2004; опубл. 20.12.2004, Бюл. № 3. — 3 с.
14. *Nut and peanut butter consumption and risk of type 2 diabetes in women / R. Jiang, J. Manson, M. Stampfer, S. Liu [et al.] // J. Am. Medical Assoc. — 2002. — V. 20. — P. 2554—2560.*

15. Alper C. Peanut consumption improves indices of cardiovascular disease risk in healthy adults / C. Alper, R. Mattes // J. Am. Coll. Nutri. — 2003. — V. 22. — P. 133—141.

16. Дубініна А.А. Дослідження загального хімічного складу сортів арахісу, поширених в Україні / А.А. Дубініна, С.О. Ленерт, О.О. Хоменко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі.: зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харч. та торг. — Х.: ХДУХТ, 2012. — Вип. 1(15). — С. 422—428.

17. Determination of fatty acid composition of peanut of different sorts by the method of gaseous chromatography [E-resource] / O. Cherevko, L. Yancheva, A. Dubinina, S. Lehnert, O. Khomenko // Technology and innovation for a sustainable future: a commodity science perspective : 18th IGWT Symposium, 24—28 September 2012. — proceedings. — Rome, 2012. — 1 Electron. optic. disk (CD-ROM); 12 cm. — System requirements: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP; MS Word 97—2007. — Container names.

18. Ильяшенко Д. В. Льняное масло как алиментарно-профилактический фактор в экологии питания / Д. В. Ильяшенко, А. С. Воробьева // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и экология». Тверь, 2005. — Вып. 1. — С. 80—83.

19. Боева А. Ю. Формирование улучшенных потребительских свойств кулинарных изделий на основе морской капусты путем совершенствования их состава и технологии производства: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / А. Ю. Боева. — М., 2010. — 28 с.

## **НОВОЕ КУПАЖИРОВАННОЕ МАСЛО С ОПТИМИЗИРОВАННЫМ ЖИРНОКИСЛОТНЫМ СОСТАВОМ**

**А.А. Дубинина, С.А. Ленерт, О.А. Хоменко**

*Харьковский государственный университет питания и торговли*

*В статье осуществлен обзор научной литературы, касающейся вопросов создания растительных масел с повышенной биологической ценностью. Обоснован состав и моделирование купажа на основе арахисового масла со сбалансированным жирнокислотным составом для лечебно-профилактического использования. С помощью математического моделирования разработан купаж на основе арахисового и льняного масла, который по сбалансированности жирнокислотного состава можно отнести к продуктам лечебно-профилактического назначения. Разработанное купажированное масло может быть рекомендовано для людей с кожными и сердечно-сосудистыми заболеваниями, болезнями желудочно-кишечного тракта, для предупреждения развития атеросклероза, в диетическом питании.*

**Ключевые слова:** купаж, жирнокислотный состав, полиненасыщенные жирные кислоты  $\omega$ -6 и  $\omega$ -3, биологическая ценность.



## MATHEMATICAL MODELING AND OPTIMIZATION OF REDUCING SUBSTANCES DECOMPOSITION IN THE PROCESS OF LIMING OF CANE RAW SUGAR MELT LIQUOR

N. Gusyatinska, N. Romanchenko

National University of Food Technologies

|   |   |
|---|---|
| <b>Key words:</b><br><i>Melt liquor</i><br><i>Cane raw sugar</i><br><i>Sucrose</i><br><i>Reducing substances</i><br><i>Purification</i> | <b>ABSTRACT</b><br>During the processing of cane raw sugar to sugar beet plants an important objective is to maximize the decomposition of degenerated substances providing the slightest decomposition of sucrose, which requires specification of optimal process parameters of hot lime, depending on the initial content of degenerated substances in source melt liquor. To this end, and in order to predict the process effectiveness, a mathematical model has been developed considering temperature, duration and pH <sub>20</sub> of the liming process. Experimental research which consisted in modeling the process of degenerated substances decomposition in terms of handling cane raw sugar melt liquor with calcium hydroxide has been conducted. The equation of regression of degenerated substances content in melt liquor and degree of decomposition temperature, duration and pH <sub>20</sub> of the liming process have been obtained. |
| <b>Article history:</b><br>Received 08.07.2014<br>Received in revised form 22.07.2014<br>Accepted 29.07.2014                            |   |
| <b>Corresponding author:</b><br>N. Romanchenko<br>N. Gusyatinska<br><b>E-mail:</b><br>NataRomano@ukr.net<br>NGusyatinska@ukr.net        |   |

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗКЛАДАННЯ РЕДУКУВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ПРИ ОЧИЩЕННІ КЛЕРОВКИ ТРОСТИННОГО ЦУКРУ-СИРЦЮ

Н.А. Гусятинська, Н.М. Романченко,

Національний університет харчових технологій

*Під час перероблення тростинного цукру-сирцю на бурякоцукрових заводах важливим завданням є максимальне розкладання редукувальних речовин за умови найменшого розкладання сахарози, що вимагає уточнення оптимальних параметрів процесу гарячого ваннування залежно від початкового вмісту редукувальних речовин у вихідній клеровці. З цією метою, а також для прогнозування ефективності процесу розроблена математична модель з урахуванням температури, тривалості та рН<sub>20</sub> процесу ваннування. Проведено експериментальні дослідження шляхом моделювання процесу розкладання редукувальних речовин в умовах оброблення гідроксидом кальцію клеровки тростинного цукру-сирцю. Одержано рівняння регресії вмісту редукувальних речовин у клеровці та ступеня їх розкладання від температури, тривалості та рН<sub>20</sub> процесу ваннування.*

**Ключові слова:** клеровка, тростинний цукор-сирець, сахароза, редукувальні речовини, очищення.

Пріоритетним завданням економіки України є забезпечення стабільного ринку харчової продукції, в тому числі цукру, що потребує здійснення комплексу заходів щодо підвищення якості сировини, впровадження сучасних технологічних рішень в оптимізації процесів та обладнання. У зв'язку зі вступом України до СОТ збільшилася частка цукру-сирцю, що переробляється на цукрових заводах у білий цукор. З огляду на те, що у світі відбувається зростання обсягів споживання цукру, підвищення ефективності переробки тростинного цукру-сирцю є актуальним завданням.

Вагомий внесок у розроблення технології зберігання й перероблення тростинного цукру-сирцю зробили вітчизняні та зарубіжні вчені Л.П. Рева, І.Ф. Бугаєнко, В.О. Штангеев, Р.Ц. Міщук, О.Р. Сапронов, Г.Н. Міхатова, В.А. Голибін, М.І.Єгорова, Т.П. Хвалковський та ін. Поряд з цим, потребують подальшого вивчення ряд питань, пов'язаних з розробленням сучасних способів інтенсифікації технологічних процесів, спрямованих на підвищення ефективності вапнокарбонізаційного очищення клеровок.

Відомо, що склад цукру-сирцю залежить від багатьох факторів: сорту тростини, кліматичних умов її вирощування, способу збирання, технологічної схеми перероблення тощо. Загалом, нецукри, що входять до складу цукру-сирцю, здійснюють негативний вплив на технологічний процес, погіршують якість білого цукру та зменшують його вихід. Необхідно також зазначити, що якість цукру-сирцю, який надходить у перероблення для одержання білого цукру, значно відрізняється. Так, до складу тростинного цукру-сирцю входить 0,3...1,0 % редукувальних речовин, 98 % з яких — глюкоза і фруктоза. При цьому вміст глюкози становить близько 60 %, а фруктози — близько 40 % [1]. Високий вміст редукувальних речовин пояснюється особливостями технології одержання цукру-сирцю з тростини, що полягає в проведенні процесу очищення соку у м'якому лужному режимі (0,1 % СаО та рН<sub>20</sub> 7,5), внаслідок чого редукувальні речовини не повністю розкладаються і під час кристалізації частково залишаються в плівці міжкристалного розчину на поверхні кристалів цукру-сирцю. Редукувальні речовини в нейтральному та кислому середовищах при наявності окисників досить легко окиснюються. В лужному середовищі стійкість моносахаридів різко зменшується. При цьому гексози піддаються ізомерним перетворенням і розкладаються. З підвищенням температури і збільшенням концентрації луку ці процеси прискорюються й ускладнюються [2, 3].

Продукти розкладання редукувальних речовин взаємодіють з іонами кальцію з утворенням розчинних солей, які недостатньо повно адсорбуються під час очищення цукровмісних розчинів на поверхні карбонату кальцію [1]. За рахунок цього підвищується вміст солей кальцію в очищеній клеровці. В той же час, у разі неповного розкладання редукувальних речовин під час очищення клеровки тростинного цукру-сирцю, перебіг цього процесу продовжується на стадії уварювання утфелів, що, відповідно, призводить до значного підвищення кольоровості продуктів і білого цукру.

У технології переробки тростинного цукру-сирцю питання впливу редукувальних цукрів, враховуючи їх кількість у напівпродуктах виробництва та складний механізм хімічних перетворень, має велике значення.

Необхідно зазначити, що інформація про вплив редукувальних цукрів у технологічному процесі, наведена в науковій літературі, містить певні розбіжності. Деякі автори [4, 5] вважають, що редукувальні цукри відіграють позитивну роль у кристалізації та мелясоутворенні: зменшують в'язкість міжкристалльної рідини, знижують розчинність сахарози, а також чистоту кінцевого відтоку — меляси. Інші вважають, що редукувальні цукри мають велику мелясотворну здатність, тому важливим є забезпечення процесу повного їх розкладання під час вапнування клеровки з подальшим видаленням продуктів розкладу шляхом адсорбції на осаді  $\text{CaCO}_3$  або активному вугіллі [6, 7].

При порівнянні ролі редукувальних цукрів і продуктів їх лужного розкладання підкреслюється [7, 8], що продукти розкладання є більш шкідливими для виробництва, оскільки підвищують в'язкість розчинів, що, у свою чергу, впливає на швидкість кристалізації сахарози, коефіцієнт мелясоутворення і втрати сахарози в мелясі.

Враховуючи думки багатьох дослідників щодо негативного впливу продуктів лужного розкладання редукувальних цукрів на перебіг технологічних процесів, доцільно проводити технологічний процес вапнування клеровки з метою досягнення найбільш повного розкладання редукувальних речовин за умови мінімального розкладання сахарози [9]. При цьому важливим завданням є забезпечення більш повного видалення продуктів розкладання, в тому числі барвних речовин, під час вапно-карбонізаційного очищення клеровки.

Мета: дослідження процесу розкладання редукувальних речовин на стадії гарячого вапнування клеровки тростинного цукру-сирцю з метою встановлення емпіричних залежностей, що описували б ефективність цього процесу від ряду факторів, зокрема температури й тривалості, з урахуванням початкового вмісту редукувальних речовин у вихідній клеровці.

Експериментальні дослідження проводилися шляхом моделювання процесу вапнування клеровки тростинного цукру-сирцю в діапазоні витрат  $\text{CaO}$ , що відповідали значенням  $\text{pH}_{20}$  — 8...12; температурного режиму 75...90 °С; тривалості процесу — 5...25 хв.

Дослідження здійснювали таким чином: вихідний тростинний цукро-сирець клерували протягом 10 хв за температури 70 °С. Одержану клеровку з вмістом сухих речовин 50 % розділяли на порції, які підлягали вапнуванню за визначених умов. Через певні проміжки часу — 5, 10, 15, 20 і 25 хв відбирали проби клеровки тростинного цукру-сирцю, в яких визначали вміст редукувальних речовин за методом Берлінського інституту цукрової промисловості (з використанням реактиву Мюллера). Вихідний вміст редукувальних речовин у клеровці складав 0,436 % до маси клеровки. На рис. 1, 2 наведено залежності вмісту редукувальних речовин від тривалості й температури процесу вапнування. Аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що максимальне розкладання редукувальних речовин клеровки тростинного цукру-сирцю досягається за значень  $\text{pH}_{20}=12$ , температури процесу 85...90 °С та тривалості 8...12 хв. За результатами експериментальних досліджень роз-

раховано ефект розкладання редукувальних речовин клеровки тростинного цукру-сирцю під час проведення процесу вапнування.

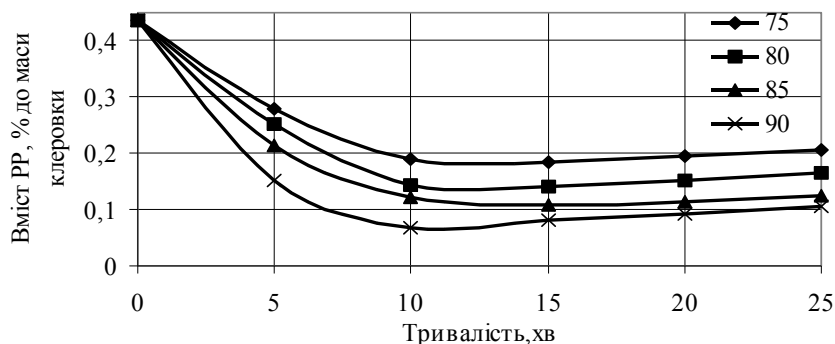


Рис. 1. Залежність вмісту редукувальних речовин від тривалості процесу вапнування за різних температур і рН<sub>20</sub> =11

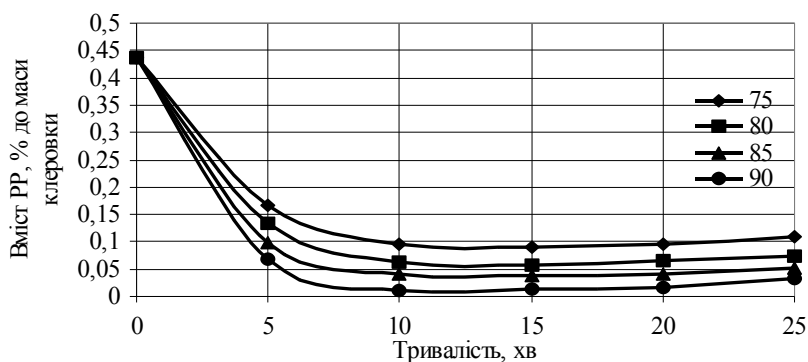


Рис. 2. Залежність вмісту редукувальних речовин від тривалості процесу за різних температур і рН<sub>20</sub> =12

Отримані результати представлено у вигляді графічних залежностей на рис. 3, 4.

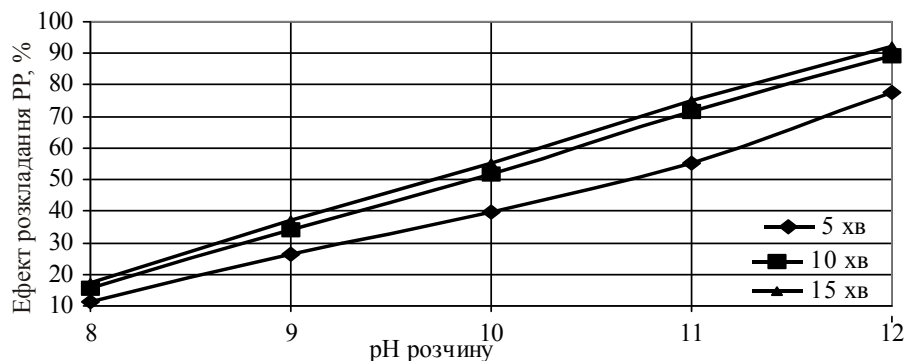


Рис. 3. Залежність ефекту розкладання редукувальних речовин від рН<sub>20</sub> розчину за температури 85 °C

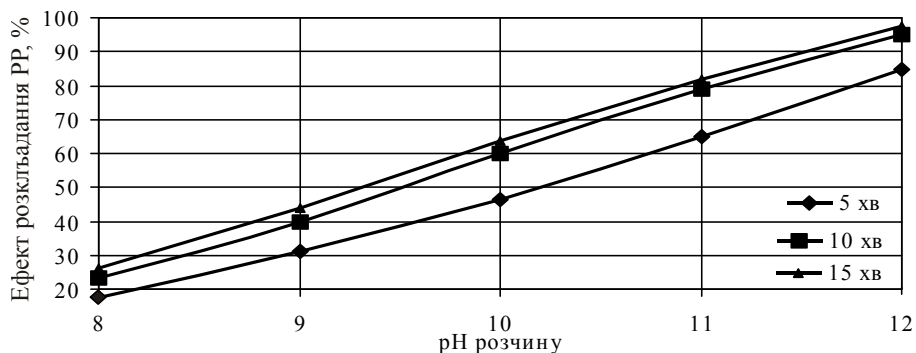


Рис. 4. Залежність ефекту розкладання редукувальних речовин від рН<sub>20</sub> розчину за температури 90 °С

Аналіз наведених залежностей (рис. 3, 4) свідчить про збільшення ефекту розкладання редукувальних речовин з підвищенням значення рН<sub>20</sub> і температури процесу вапнування. Досягнення найбільшого ефекту розкладання редукувальних речовин спостерігалось за значень рН<sub>20</sub> — 11,0...12,0; температури — 80...90 °С, тривалості процесу основного вапнування 7...12 хв. Ефект розкладання редукувальних речовин за цих умов становив 90...95 %. При подальшому збільшенні тривалості процесу основного вапнування спостерігалось незначне підвищення ефекту розкладання редукувальних речовин. Витрати вапна за такого технологічного режиму очищення клеровки цукру-сирцю становили 1,0...1,5 % СаО до маси клеровки.

Сучасні методи оптимізації технологічних процесів потребують розроблення математичної моделі на основі експериментальних даних, одержаних при зміні основних параметрів, що впливають на об'єкт дослідження [11]. Нами проведено математичне моделювання з метою встановлення емпіричних рівнянь, які б описували процес розкладання редукувальних речовин під час очищення клеровки тростинного цукру-сирцю. Вибір рівнянь, розрахунок та уточнення коефіцієнтів рівнянь регресії здійснювали за допомогою пакета прикладних програм Mathcad Professional. У результаті математичного моделювання одержано рівняння (1, 2) залежності вмісту редукувальних речовин (РР), а також ефекту розкладання (ЕР) редукувальних речовин у клеровці від температури, тривалості та рН<sub>20</sub> процесу вапнування:

$$PP=0,813+0,003 x_1-0,007 x_2-0,003 x_3+0,00001 x_1x_2-0,0009 x_1x_3-0,002 x_2x_3-0,00001 x_1^2+0,0008 x_2^2+0,0014 x_3^2; \quad (1);$$

$$EP=-70,112-0,82 x_1+1,596 x_2-1,128 x_3-0,02 x_1x_2+0,207 x_1x_3+0,542 x_2x_3-0,003 x_1^2-0,187 x_2^2-0,23 x_3^2, \quad (2)$$

де  $x_1$  — температура, °С;  $x_2$  — тривалість, хв;  $x_3$  — рН<sub>20</sub>.

Відносна похибка показників отриманих рівнянь знаходиться в межах допустимих значень. Проведена перевірка математичної моделі підтвердила її адекватність. За наведеними рівняннями регресії встановлено залежність тривалості процесу вапнування клеровки тростинного цукру-сирцю від по-

чаткового вмісту редукувальних речовин у клеровці тростинного цукру-сирцю й температури процесу. Так, на основі розв'язання рівняння (2) за встановлених меж температури процесу вапнування — 75...90 °С і тривалості— 2...15 хв одержано залежність ефекту розкладання редукувальних речовин (ER(T, t)) для заданого значення рН=12:

$$ER(T, t) = (-745,797 + 17,716 \cdot T - 0,096 \cdot T^2) \cdot e^{(0,127 - 1,575 \cdot 10^{-3} \cdot T + 4,969 \cdot 10^{-6} \cdot T^2) \cdot t}, \quad (3)$$

де T — температура процесу вапнування, °С; t — тривалість процесу вапнування, хв.

З рівняння (3) визначено залежності ефекту розкладання РР (рівняння 4, 5) для заданих температур 80, 85 °С. Ефект розкладання РР:

за температури 80 °С:

$$ER_{80}(t) = 57,621 \cdot e^{0,033 \cdot t}; \quad (4)$$

за температури 85 °С:

$$ER_{85}(t) = 67,073 \cdot e^{0,029 \cdot t}. \quad (5)$$

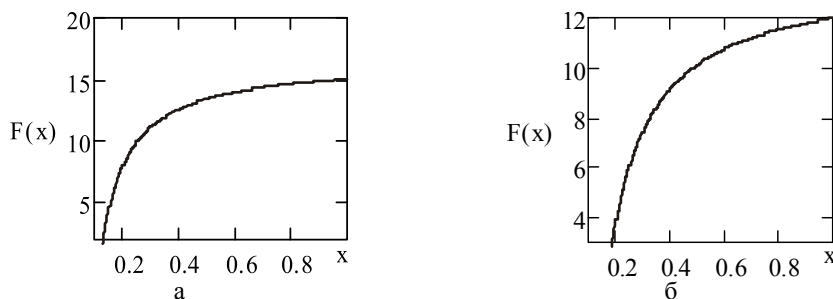
Виходячи з рівнянь 4 і 5 одержано залежності тривалості процесу вапнування (при заданих температурах) від початкового вмісту редукувальних речовин (x):

за температури 80 °С:

$$t = \frac{\ln(1,735 - \frac{0,087}{x})}{0,033}; \quad (6)$$

за температури 85 °С:

$$t = \frac{\ln(1,491 - \frac{0,075}{x})}{0,029}. \quad (7)$$



**Рис. 5. Залежність тривалості процесу вапнування від початкового вмісту редукувальних речовин у клеровці:** а — температура 80 °С; б — температура 85 °С; F(x) — тривалість процесу вапнування, хв.; x — початковий вміст редукувальних речовин у клеровці, %

Аналіз наведених залежностей свідчить, що при встановленні оптимальної тривалості процесу гарячого вапнування необхідно враховувати вихідний вміст

редукувальних речовин у клеровці тростинного цукру-сирцю, оскільки у разі збільшення тривалості процесу поряд з розкладанням редукувальних речовин буде відбуватиметься перебіг реакцій інверсійного розкладу сахарози, що є небажаним. У середньому технологічні параметри процесу вапнування становлять: температура — 80...90 °С; тривалість — 7...12 хв;  $pH_{20} = 11,0...12,0$ . Використовуючи одержане рівняння регресії (3), можна моделювати параметри технологічного процесу вапнування клеровки тростинного цукру сирцю з урахуванням вмісту редукувальних речовин у клеровці тростинного цукру-сирцю до та після проведення процесу вапнування.

### Висновки

На основі проведених експериментальних досліджень виявлено залежності ефекту розкладання редукувальних речовин від температури й тривалості процесу вапнування клеровки тростинного цукру-сирцю. Використання методів математичного моделювання дало змогу отримати рівняння регресії, що описують залежність ефекту розкладання редукувальних речовин від температури, значення рН і тривалості процесу. Також одержано рівняння, за якими розраховується оптимальне значення тривалості процесу вапнування з метою досягнення найвищого ефекту розкладання редукувальних речовин з урахуванням їх початкового вмісту у клеровці. Встановлено, що оптимальні параметри процесу гарячого вапнування знаходяться в таких межах: температура — 80...90 °С; тривалість процесу — 7...12 хв;  $pH_{20} = 11,0...12,0$ .

### Література

1. Бугаенко И.Ф. Повышение эффективности переработки тростникового сахара-сырца / Бугаенко И.Ф. — М. : Теллер, 2000. — 296 с.
2. Нахманович М.И. Реакции моносахаридов / Нахманович М.И. — М.: Пищепромиздат., 1960. — С. 32.
3. Shneider F. Dagradaation des sucres / F. Shneider // Compte—rendu de la Assemblée. — 1957. — 32.
4. Зеликман И.Ф., Абдураимов Т.Р. Характер несахаров тростниково-сахарного производства / И.Ф. Зеликман, Т.Р. Абдураимов // Сахарная промышленность. — 1960. — № 9. — С. 19—22.
5. Hartl J. Rafinace trtinove suroviny / J. Hartl // Licty cukrovarnicke. — Praha; 1962. — 1978. — № 1. — Р. 7—14.
6. Добжицкий Я. Очистка соков в сахарном производстве / Я. Добжицкий // Перевод с польского. — М.: Пищевая промышленность, 1964. — С. 14 — 16, 46, 65, 67, 26.
7. Палаш В.П. Влияние реакции щелочного распада инвертного сахара на вязкость сахарных растворов и на меласообразование / В.П. Палаш // Известия высших учебных заведений. — Краснодар: Пищевая технология. — 1965. — № 6. — С. 21—23.
8. Палаш В.П. О роли редуцирующих веществ в технологии сахарного производства / В.П. Палаш, С.З. Иванов // Сахарная промышленность. — 1967. — № 9. — С. 10—13.

9. Селягина Н.А. Совершенствование технологической схемы при переработке сахара-сырца// Сахар. — 2004. — № 3. — С. 47—50.

10. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое планирование основных процессов химических производств / Кафаров В.В., Глебов М.Б. — М.: Высшая школа, 1991. — 400 с.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗЛОЖЕНИЯ РЕДУЦИРУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ОЧИСТКЕ КЛЕРОВКИ ТРОСТНИКОВОГО САХАРА-СЫРЦА**

Н.А. Гусятинская, Н.М. Романченко

*Национальный университет пищевых технологий*

*При переработке тростникового сахара-сырца на свеклосахарных заводах важной задачей является максимальное разложение редуцирующих веществ при условии наименьшего разложения сахарозы, что требует уточнения оптимальных параметров процесса горячей преддефекации в зависимости от начального содержания редуцирующих веществ в исходной клеровке. С этой целью, а также для прогнозирования эффективности процесса разработана математическая модель с учётом температуры, продолжительности и  $pH_{20}$  процесса преддефекации. Проведены экспериментальные исследования на основе моделирования процесса разложения редуцирующих веществ в условиях обработки гидроксидом кальция клеровки тростникового сахара-сырца. Получены уравнения зависимости содержания редуцирующих веществ в клеровке и степени их разложения от температуры, продолжительности и  $pH_{20}$  процесса дефекации.*

**Ключевые слова:** *клеровка, тростниковый сахар-сырец, сахароза, редуцирующие вещества, очищение.*



## CHANGES IN BROILER RAW MEAT PARAMETERS DURING PICKLING

T. Zmiyevska, N. Usatenko

*Institute of Food Resources of NAAS*

---

**Key words:**

*Adhesion  
Functional and technological parameters  
Meat of broilers  
Proteins  
Restructured products*

---

**Article history:**

Received 13.06.2014  
Received in revised form  
27.06.2014  
Accepted 06.07.2014

---

**Corresponding author:**

T. Zmiyevska  
**Email:**  
tanja\_sch@bk.ru

---

**ABSTRACT**

The qualitative parameters of restructured products of boiler meat depend on the method and conditions of pickling. The objective of the research was to determine the effect of the pickling process on the change of raw meat properties. Raw meat processing was carried out in a vacuum meat tumbler's drum VES VMR-11. The special setup of lever type was developed to study the adhesive properties; standard methods were used for the other parameters. It was found that during the pickling process water activity decreased pH and water binding capacity increased and adhesive properties changed negligible. The following processing parameters were recommended: minced meat should be treated for 2 hours in a meat tumbler's drum rotating at 2 r.p.m. at vacuum level of 0.06-0.07 MPa; then raw meat should be ripening for 16 hours at the temperature of 0 °C to 4 °C. The characteristics of final products including their output confirm the correctness of proposed parameters.

---

## ЗМІНА ХАРАКТЕРИСТИК М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ З КУРЧАТ-БРОЙЛЕРІВ У ПРОЦЕСІ ПОСОЛУ

Т.М. Змієвська, Н.Ф. Усатенко

*Інститут продовольчих ресурсів НААН*

*Якісні характеристики реструктурованих формованих продуктів із м'яса курчат-бройлерів залежать від способу і умов посолу. Для того, щоб визначити вплив процесу посолу на зміну властивостей м'ясної сировини, здійснювали масування м'ясної сировини у вакуумному масажері VES VMR 11. Для дослідження адгезійних властивостей створено спеціальну установку важільного типу, для інших показників використано стандартні методики. Встановлено, що процес посолу супроводжується зменшенням активності води, підвищенням рН і вологосв'язувальної здатності, а також зміною адгезійних властивостей у незначних межах. Рекомендовано такі параметри процесу обробки: масування сировини подрібненої до стану шроту — 2 год, визрівання — 16 год за температури від 0 °C до 4 °C, глибина вакууму масажера 0,06-0,07 МПа, кількість обертів барабана при масуванні 2 об./хв. Характеристика готових виробів, зокрема їх вихід, підтверджують правильність знайдених параметрів.*

**Ключові слова:** адгезія, білки, курчата-бройлери, реструктуровані продукти.

В умовах посилення впливу економічних факторів на діяльність підприємств м'ясопереробної галузі одним із перспективних напрямків підвищення рентабельності і, як наслідок, зниження собівартості готової м'ясної продукції є розширення асортименту м'ясної продукції за рахунок раціонального переробляння птиці. Значної уваги в м'ясній і птахопереробній промисловості заслуговують реструктуровані формовані продукти. Виготовляють їх з окремих шматків подрібненої м'ясної сировини, яка після відповідної обробки набуває монолітної структури. Для цього застосовують спосіб реструктурування, тобто процес відтворення, склеювання або відновлення структури м'яса чи м'ясопродуктів на новій основі [1].

Здійснюється даний процес шляхом механічної обробки м'ясної сировини та застосуванням речовин, які забезпечують спрямований вплив на білкові системи, в результаті чого на поверхні м'яса відбувається більшість біохімічних змін м'язової тканини, які сприяють підвищенню адгезійних властивостей і, як наслідок, здатності шматків з'єднуватись між собою [1 — 5].

Хлорид натрію є однією з речовин, що змінює стан білкової системи м'язової тканини в технологічному процесі посолу сировини. Під його дією в поверхневих шарах утворюється ексудат (виділення) з білків (переважно міофібрилярних), молекули яких мають виражену ферментативну активність, високу водозв'язуючу, гелеутворюючу і емульгуючу здатність. При тепловій обробці екстрагований білковий ексудат перетворюється в гель, який діє як клей і з'єднує шматки м'яса разом [3, 6].

Попередні дослідження О.Н. Кузнецова, А.І. Жарінова, Л.С. Кудряшова, В.О. Басова [1—3, 7] базувались в основному на вивченні процесу реструктурування традиційної сировини — яловичини та свинини, кількість якої на сьогодні обмежена. Враховуючи високу інтенсивність процесу відгодівлі курчат-бройлерів і помірну вартість їх м'яса, цілком можливе розширення асортименту м'ясопродуктів за рахунок їх повної переробки. При цьому, невисокі функціонально-технологічні характеристики цієї сировини потребують особливого підходу до технології виготовлення з неї продуктів, в тому числі і реструктурованих.

Особливу увагу насамперед необхідно приділити дослідженню одного з визначальних етапів обробки м'ясної сировини, що передує формуванню її в оболонку — процесу посолу.

Мета: вивчення та наукове обґрунтування динаміки змін характеристик м'ясної сировини з курчат-бройлерів у процесі посолу при виробництві реструктурованих формованих продуктів.

Предмет досліджень: ринкове охолоджене м'ясо курчат-бройлерів.

Фізико-хімічні показники в м'ясній сировині з курчат-бройлерів визначали за стандартними методиками, наведеними в ГОСТ, ДСТУ ISO: масову частку вологи — за ГОСТ 9793-74, ДСТУ ISO 1442; масову частку білка — за ГОСТ 25011-81; масову частку жиру — за ГОСТ 23042-86; величину рН — за допомогою йоновимірювача лабораторного марки И-160М з точністю вимірювань до  $\pm 0,02$ ; активність води  $a_w$  — за допомогою швидкісного приладу моделі

AquaLab Серії ЗТЕ з точністю вимірювання до  $\pm 0,003$ ; масу наважок — за допомогою вагів лабораторних Adventurer™ марки AR 3130-5400 з похибкою вимірювань  $\pm 5$  мг і вагів марки "AXIS" AD 50 з похибкою вимірювань  $\pm 0,0005$  г; вологозв'язуючу здатність (ВЗЗ) і вологоутримуючу здатність (ВУЗ) — за методом Р. Грау та Р. Хамма в модифікації В.П. Воловинської та Б.Я. Кельмана [8]; міцність адгезії — на лабораторній установці, зображеній на рис. 1.

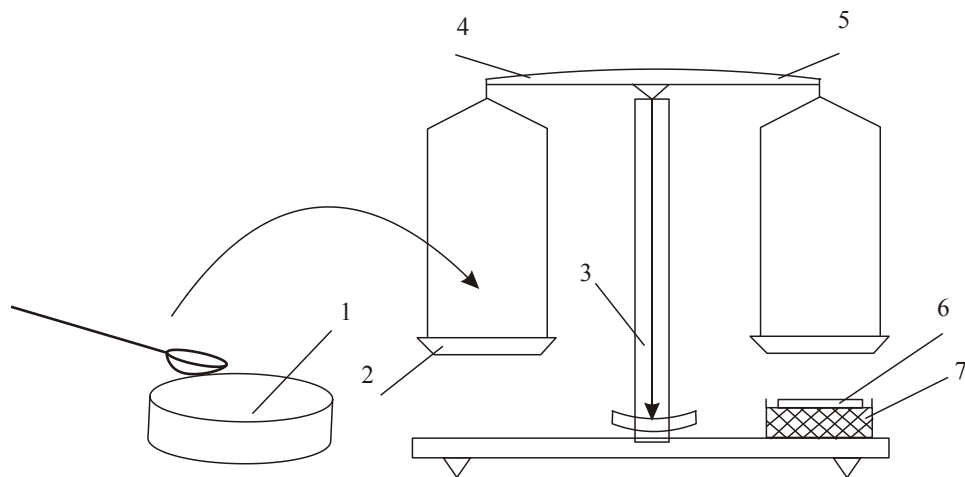


Рис. 1. Лабораторна установка для дослідження адгезійних властивостей сировини

Установка складалась з двоплечового важеля 3, на одне плече 5 якого підвішували плоску металеву пластину 6 розміром 20x20 мм, а на друге плече 4 — місткість 2 для наважки. Як наважку використовували прогартований пісок 1. Металеву пластину приводили в контакт з матеріалом 7, який досліджували. Під час випробувань, збільшуючи поступово масу наважки, фіксували момент відриву пластини від продукту. Після визначення маси піску, наявного у місткості 2 в момент відриву пластини 6 від продукту 7, визначали міцність адгезії —  $P_0$  (Па) за формулою:

$$P_0 = 9,81 \cdot m / S_0, \quad (1)$$

де  $m$  — маса наважки, кг;  $S_0$  — площа пластини,  $m^2$ .

Механічну обробку м'ясної сировини з курчат-бройлерів здійснювали у лабораторному вакуумному масажері VES VMR-11 (Китай) (рис.2), що складався з барабана 1, в який завантажувалась м'ясна сировина. Всередині корпусу розміщувались лопаті 2 для покращення процесу. Закривався барабан кришкою 3. В корпусі 6, на який встановлювався барабан, містився вакуумний насос, який за допомогою шланга (на рис.2 не показаний) під'єднувався до барабана через отвір 4 в кришці 3 та створював вакуум у робочій камері. Його величина знаходилась в межах 0,06—0,07 МПа. Обертався барабан за допомогою роликів 5, що приводились в рух за допомогою електричного двигуна, встановленого в середині корпусу 6. В установці також передбачений пульт управління 7, за допомогою якого регулювали параметри обробки.

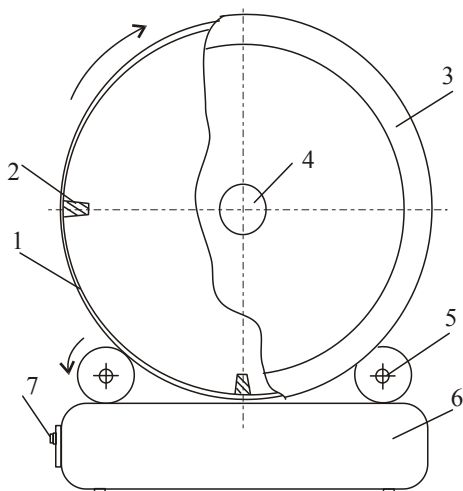


Рис. 2. Схема лабораторного вакуумного масажера VES VMR-11

Результати досліджень. Вивчено як функціонально-технологічні характеристики, так і реологічні поверхневі властивості шматкового м'яса, а саме: міцність адгезії, на величину якої впливає утворення на поверхні м'язової тканини білкового ексудату, екстрагованого під час посолу м'яса. Для забезпечення готовому продукту характерних для нього органолептичних і структурно-механічних характеристик до складу розсолу вводили 2,5 % кухонної солі та 0,3 % фосфатів харчових.

Для виготовлення модельних фаршів використовували біле та червоне м'ясо курчат-бройлерів у

рівних пропорціях, яке подрібнювали на вовчку з діаметром отворів вихідної решітки 16 мм. Подрібнену м'ясну сировину (шрот) поміщали у вакуумний масажер (рис.2), додавали 30 % розсолу до маси сировини і масували протягом 2 год при швидкості руху барабана 2 об./хв. У процесі посолу в сировині вимірювали активність води  $a_w$ , рН середовища, ВЗЗ і міцність адгезії. Дослідження проводили у такій послідовності: в сировині — за початковим станом; після 2 годин масування в масажері під вакуумом; в процесі визрівання в холодильній камері за температури 0—4 °С — через 4, 16 і 20 годин. Результати досліджень узагальнено на рис. 3—6.

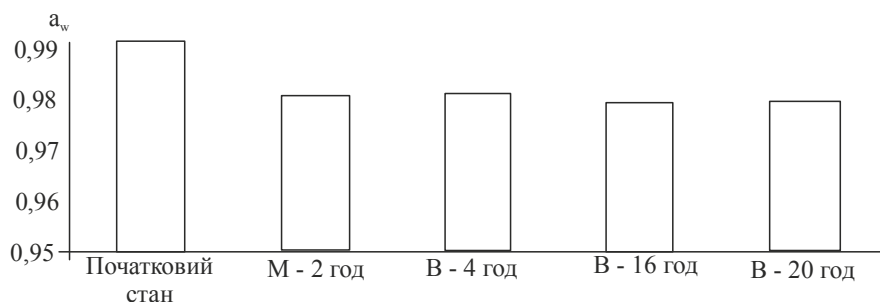
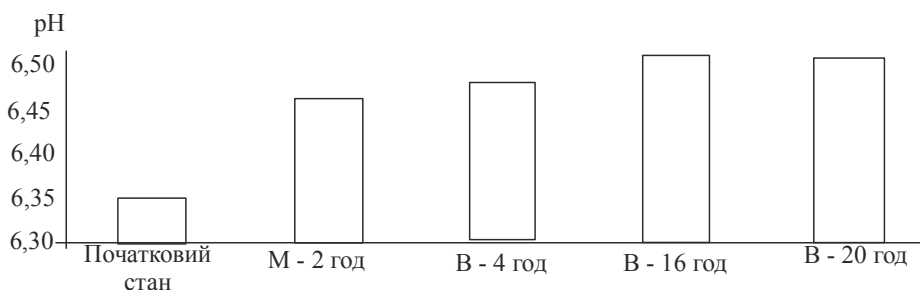


Рис. 3. Зміна активності води  $a_w$  у процесі масування (М) і визріванні (В) м'ясної сировини

Зменшення показника активності води на рис. 3 вказує на те, що вільна волога в м'ясній сировині в процесі соління переходить у зв'язану форму [9].

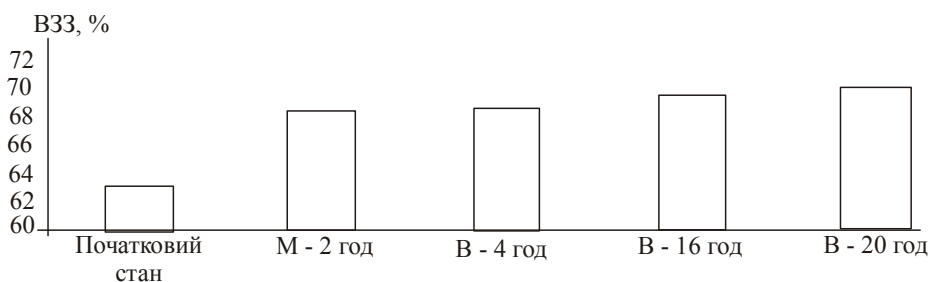
З рис. 4 видно, що при додаванні розсолу до м'ясної сировини її кислотність, яка виражається водневим показником рН, зменшується. Це відбувається внаслідок приєднання до білків негативно заряджених іонів хлору, які, у свою чергу, блокують позитивно заряджені групи ( $\text{NH}_3^+\text{Cl}^-$ ).

Унаслідок цього кількість вільних негативно заряджених груп (COO<sup>-</sup>) зростає і рН підвищується [10]. Додані в розсіл фосфати викликають дисоціацію актоміозину (на актин і міозин), що призводить до набухання й розчинності білків, тобто збільшення кількості вільних зв'язків, до яких приєднуються іони водню. Результатом цього є зменшення вільних позитивно заряджених іонів Н<sup>+</sup>, як наслідок, збільшення лужності середовища.



**Рис. 4. Зміна рН середовища в процесі масування (М) і визрівання (В) м'ясної сировини**

Зростання ВЗЗ відбулося внаслідок "розпушування" білкових структур у процесі масування і завдяки додаванню розсолу, який вплинув на зміну білкової структури та функціональних властивостей м'ясної сировини. Як видно з рис. 5, найкращі показники отримано після 16 год посолу.



**Рис. 5. Зміна вологов'язувальної здатності в процесі масування (М) і визрівання (В) м'ясної сировини**

На рис. 6 зображена динаміка змін адгезійної властивості м'ясної сировини в процесі посолу. Міцність адгезії сировини в початковому стані дорівнювала 605,5 Па. Додавання розсолу призвело до часткового зневоднення м'язових білків через різницю осмотичних тисків розсолу і м'язової рідини, в результаті чого адгезійні властивості зменшились. У процесі визрівання при вирівнюванні осмотичних тисків відбувається обводнення білкової складової. Міжм'язовий простір заповнюється розсалом, через що збільшується відстань між волокнами і зв'язок між ними послаблюється. Дане явище зумовлює екстракцію солерозчинних білків (актину й міозину) і виділення їх на поверхню. Кількість виділеного ексудату, що має підвищену липкість, визначає величину адгезії, максимальний рівень якої було досягнуто за 16 год визрівання. В подальшому адгезія набуває

зворотного характеру і починає зменшуватися, що є негативним для процесу реструктурування. Отримані результати (рис. 3—6) вказують на доцільність визрівання м'ясної сировини з курчат-бройлерів протягом не більше, ніж 16 годин, оскільки в подальшому функціональні властивості сировини погіршуються.

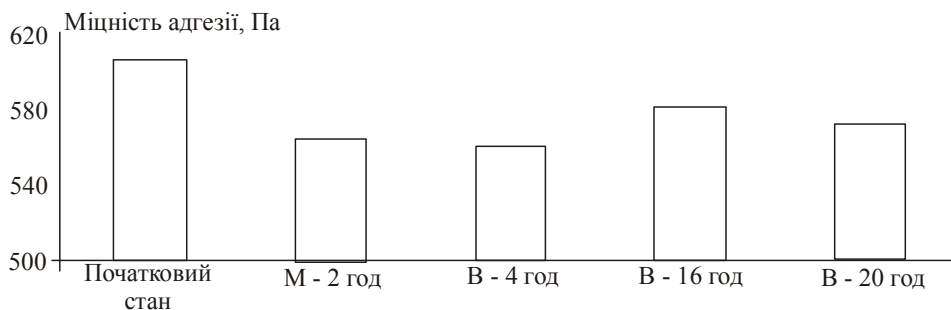


Рис. 6. Зміна міцності адгезії в процесі масування (М) і визріванні (В) м'ясної сировини

Для підтвердження зазначеного часу визрівання посолену сировину після 4, 16 та 20 годин визрівання формували в поліамідні оболонки, піддавали варінню на водяній бані за температури 85 °С до досягнення температури в центрі батона 71±1 °С і охолоджували. В готових виробах визначали фізико-хімічні характеристики. Результати досліджень наведено в таблиці.

Таблиця. Фізико-хімічні характеристики продуктів

| Зразки                | Масова частка, % |      |        |      | a <sub>w</sub> | рН   | ВУЗ  | Вихід, % |
|-----------------------|------------------|------|--------|------|----------------|------|------|----------|
|                       | білка            | жиру | вологи | золи |                |      |      |          |
| № 1—4 год визрівання  | 17,6             | 6,20 | 74,18  | 2,02 | 0,988          | 6,31 | 59,2 | 106,4    |
| № 2—16 год визрівання | 16,47            | 4,92 | 76,70  | 1,91 | 0,983          | 6,60 | 63,1 | 115,1    |
| № 3—20 год визрівання | 16,34            | 4,99 | 76,74  | 1,93 | 0,984          | 6,61 | 63,2 | 115,2    |

Дані, наведені у таблиці, свідчать, що збільшення часу визрівання від 4 год до 16 год призводить до покращення фізичних властивостей продукту (до підвищення ВУЗ на 4 %, виходу продукту на 8,7 %). У цей же період спостерігається найбільш прийнятна для збереження мікробіологічної стабільності продукту сукупність змін активності води та рН [11].

### Висновки

Встановлені раціональні технологічні параметри процесу посолу, за яких сировина набуває найкращих функціонально-технологічних властивостей: подрібнення її до стану шроту розміром близько 16 мм; оброблення подрібненої сировини в масажері під вакуумом величиною 0,06—0,07 МПа та кількістю обертів барабана 2 об./хв протягом 2 год у розсолі (30 % від маси сировини); визрівання обробленої сировини в холодильній камері за температури повітря від 0 °С до 4 °С протягом 16 годин.

**Література**

1. *Жаринов А.И.* Основы современных технологий переработки мяса. Ч.1: Эмульгированные и грубоизмельченные мясопродукты.: Краткий курс / А.И. Жаринов; Под ред. М.П. Воякина. — М.: ИТАР-ТАСС, 1994.— 154 с.
2. *Ляйтнер Л., Гоулд Г.* Барьерные технологии: комбинированные методы обработки, обеспечивающие стабильность, безопасность и качество продуктов питания. — Перевод с англ. // М.: ВНИИ мясной промышленности им. В.М.Горбатова, 2006. — 236 с.
3. *Жаринов А.И.* Основы современных технологий переработки мяса. Ч.II: Цельномышечные и реструктурированные мясопродукты.: Краткий курс / А.И. Жаринов; под ред. М.П. Воякина. — М.: ИТАР-ТАСС, 1997.— 179 с.
4. *Herranz B.* Effect of alkalis on konjac glucomannan gels for use as potential gelling agents in restructured seafood products / B. Herranz, C.A. Tovar, B.S. Zaldivar, A.J. Borderias // Food Hydrocolloids. — 2012. — V. 27. — P. 145—153.
5. *Cofrades S.* Quality characteristics of low-salt restructured poultry with microbial transglutaminase and seaweed / S. Cofrades, I. López-López, C. Ruiz-Capillas, M. Triki, F. Jiménez-Colmenero // Meat Science. — 2011. — V. 87. — P. 373—380.
6. *Гоноцкий В.А.* Глубокая переработка мяса птицы в США / В.А. Гоноцкий, А.Д. Давлеев, В.И. Дубровская, Ю.Н. Красюков; под ред. А.Д. Давлеева. — М.: Альфа-дизайн, 2006. — 320 с.
7. *Кудряшов Л.С.* Перспективы создания функциональных продуктов питания на мясной основе / Л.С. Кудряшов, А.Д. Семенова, В.А. Куприянов // Все о мясе. — 2002. — № 3. — С.13—18.
8. *Антипова Л.В.* Методы исследования мяса и мясных продуктов / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов. — М.: Колос, 2001. — 68 с.
9. *Соколов А.А.* и др. Технология мяса и мясопродуктов. — М.: Пищевая промышленность, 1970. — 740 с.
10. *Янчева М.О.* Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів / М.О. Янчева, Л.В. Пешук, О.Б. Дроменко. Навч. пос. — К.: Центр учбової літератури, 2009. — 304 с.
11. *Ефремова А.С.* Особенности производства реструктурированных мясных продуктов / А.С. Ефремова, О.В. Басов, В.Н. Письменская, А.Г. Забашта // Мясные технологии. — 2009. — № 1. — С. 43—46.
12. *Гуць В.С.* Адгезия пищевых продуктов в процессах упаковки / Упаковка. — 2006. — № 2. — С. 39—41.

**ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МЯСНОГО СЫРЬЯ ИЗ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ПОСОЛА**

**Т.Н. Змиевская, Н.Ф. Усатенко**

*Институт продовольственных ресурсов НААН*

*Качественные характеристики формированных продуктов из мяса цыплят-бройлеров зависят от способа и условий посола. Для того, чтобы определить влияние процесса посола на изменение характеристик мясного сырья,*

массировали мясное сырье в вакуумном массажере VES VMR-11. Для исследования адгезионных свойств создана специальная установка рычажного типа, для других показателей — использовали стандартные методики. Установлено, что процесс посола сопровождается уменьшением активности воды, увеличением рН и влагосвязывающей способности, а также незначительным изменением адгезионных свойств. Рекомендованы следующие параметры процесса обработки: массирование сырья измельченного до состояния шрота — 2 ч, созревание - 16 ч при температуре от 0 °С до 4 °С, глубина вакуума массажера 0,06-0,07 МПа, количество оборотов барабана при массировании — 2 об./мин. Характеристики готовых продуктов, в частности их выход, подтверждают правильность найденных параметров.

**Ключевые слова:** адгезия, белки, цыплята-бройлеры, реструктурированные продукты.



## EFFICIENT APPLICATION OF MALTITOL-FRUCTOSE MIXTURE IN MANUFACTURING DECORATIVE SEMI-FINISHED PRODUCT OF FOAM AND JELLY STRUCTURE

A. Dorokhovych, A. Murzin

*National University of Food Technologies*

O. Honcharuk

*Chuiiko Institute of Surface Chemistry NSA of Ukraine*

---

**Key words:**

*Pancreatic diabetes*

*Maltitol*

*Fructose*

*Rheology*

*Thixotropy*

---

**Article history:**

Received 30.01.2014

Received in revised form  
22.04.2014

Accepted 15.06.2014

---

**Corresponding author:**

A. Murzin

**Email:**

avmurzin@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The article under consideration discloses the possibility of maltitol efficient application in manufacturing decorative semi-finished product having soufflé type foam and jelly structure for cakes and pastries. Thus, the expediency of application of maltitol mixed with fructose monosaccharide has been scientifically substantiated. By means of the experiment multifactor planning the optimal proportion of receipt components such as maltitol, fructose and agar has been determined and amounted to 1:1:0.025. The article gives prominence to the research as regards the rheological properties of decorative semi-finished products produced on the basis of maltitol, fructose and maltitol-fructose mixture. The thixotropic properties of a decorative semi-finished product based on maltitol-fructose mixture have been defined what makes 74% for freshly cooked samples and 62% for those ones after a six-day storage period. The research results have provided the basis for foam and jelly structured decorative semi-finished products receipts development which have been applied when producing cakes, pastries and muffins.

---

## РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІОЛУ МАЛЬТИТОЛУ В СУМІШІ З ФРУКТОЗОЮ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ОЗДОБЛЮВАЛЬНОГО НАПІВФАБРИКАТУ ПІНОДРАГЛЕПОДІБНОЇ СТРУКТУРИ

А.М. Дорохович, А.В. Мурзін

*Національний університет харчових технологій*

О.В. Гончарук

*Інститут хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України*

*У статті встановлено можливість раціонального використання поліолу мальтитола при виробництві пінодрагледобітного оздоблювального напівфабрикату типу «суфле» для тортів і тістечок. Науково обґрунтовано доцільність використання мальтитола в суміші з моносахаридом фруктозою. Шляхом багатфакторного планування експерименту визначено оптимальне співвідношення*

*рецептурних компонентів: мальтитолу, фруктози, агару, яке склало 1:1:0,025. Досліджено реологічні властивості оздоблювальних напівфабрикатів на основі мальтитолу, фруктози та суміші мальтитолу з фруктозою. Визначено тиксотропні властивості оздоблювального напівфабрикату на основі суміші мальтитолу та фруктози, що складає 74 % для свіжовиготовлених і 62 % після 6 діб зберігання. Результати досліджень лягли в основу розроблення рецептур оздоблювальних напівфабрикатів пінодрагледоподібної структури, які знайшли застосування при виробництві тортів, тістечок і мафінів.*

**Ключові слова:** цукровий діабет, мальтитол, фруктоза, реологія, тиксотропія.

Кондитерські вироби займають вагому нішу в раціонах харчування сучасної людини. Великим попитом користуються торти й тістечка з оздоблювальними напівфабрикатами пінодрагледоподібної структури. Основною сировиною для виробництва такого напівфабрикату є цукор білий кристалічний, агар, ячний білок, згущене молоко, вершкове масло, патока. Вміст сахарози в цьому напівфабрикаті складає до 50 %. Зараз велика кількість людей страждає на дуже важку хворобу — цукровий діабет. За даними Міжнародної федерації діабету в 2011 р. кількість хворих склала 366 млн., а за прогнозами на 2030 р. ця кількість збільшиться до 552 млн.

Згідно з рекомендаціями міжнародних організацій (Європейської асоціації з вивчення цукрового діабету (EASD), Американської діабетичної асоціації (ADA), Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ)), в продуктах, які можна споживати хворим на цукровий діабет, вміст сахарози не повинен перевищувати 10 %. У ДСТУ 7346 «Вироби кондитерські борошняні для спеціального дієтичного споживання» вміст сахарози не повинен перевищувати 8 %. Це вказує на те, що торти і тістечка з напівфабрикатом пінодрагледоподібної структури, виготовлені за існуючими рецептурами, не можна вживати хворим на цукровий діабет.

За кордоном широке використання при виробництві кондитерських виробів, які можна споживати хворим на цукровий діабет, знайшли цукрозамінники нового покоління — поліоли з низьким глікемічним індексом. На кафедрі технології хлібопекарських і кондитерських виробів Національного університету харчових технологій проводяться дослідження з розроблення інноваційних технологій і рецептур кондитерських виробів пониженої калорійності і глікемічності (карамель, цукерки, мармелад, маршмелоу, печиво, кекси, мафіни, торти, тістечка, вафлі), виготовлених на основі цукрозамінників нового покоління — поліолів з пребіотичними властивостями, які можна і доцільно вживати всім групам населення, в тому числі хворим на цукровий діабет.

Аналіз літературних джерел підтвердив відсутність досліджень з використання цукрозамінників нового покоління при виробництві оздоблювальних напівфабрикатів пінодрагледоподібної структури, тому виникла необхідність розроблення технології і рецептури оздоблювального напівфабрикату на основі цукрозамінників нового покоління, а також встанов-

лення можливості раціонального використання поліолу мальтитолу при виробництві оздоблювального напівфабрикату типу суфле.

Оздоблювальний напівфабрикат типу суфле має складну пінодраглеподібну структуру. При розробленні рецептури напівфабрикату, який можна споживати хворим на цукровий діабет, з рецептурного складу звичайного напівфабрикату типу суфле було виключено цукор білий кристалічний і патоку, тому що вони мають високий глікемічний індекс. Для того, щоб знизити калорійність, було виключено згущене молоко та вершкове масло.

Запропонована інноваційна технологія оздоблювального напівфабрикату пониженої калорійності і глікемічності, на яку подана заявка на патент України. Технологія складається з таких технологічних фаз: приготування агаро-мальтитолово-фруктозного сиропу, приготування пінної маси на основі збитого яєчного білка, приготування маси оздоблювального напівфабрикату на основі змішування агаро-мальтитолово-фруктозного сиропу і збитої яєчної маси, збагачення маси смаковими добавками. Гіпотетична схема структури оздоблюваного напівфабрикату пінодраглеподібної структури наведена на рис.1. Піноутворенню в такій структурі сприяє яєчний білок, який має поверхнево-активні властивості, а структурований прошарок складається з драглів агару у водному середовищі за наявності цукру або цукрозамінників. Структурно-механічні властивості напівфабрикату будуть визначатись як вмістом повітря («збитістю» структури), так і міцністю драгелевого прошарку.

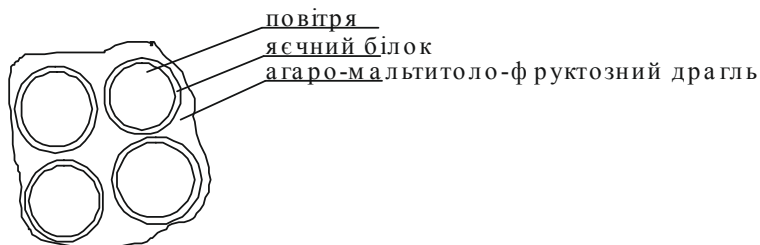


Рис. 1. Гіпотетична схема структури оздоблювального напівфабрикату

Механізм драглеутворення агару у воді відомий і детально розглянутий в літературі [1,2]. Водні розчини агару відносяться до ліофільних дисперсних систем, що обумовлено наявністю в структурі агару великої кількості полярних функціональних груп, здатних до взаємодії з водою, в тому числі за рахунок утворення водневих зв'язків. Така взаємодія сприяє утворенню сольватної (гідратної) оболонки навколо молекул агару і низькому поверхневому натягу на межі агар/вода. Утворення такої гідратної оболонки є додатковим фактором стабільності наряду з електростатичним, і такі системи мають невисоку тенденцію до агрегування. Для сприяння драглеутворенню в розчин додають цукор [1]. За наявності в розчині цукру або цукрозамінників, які також мають полярні групи і активно взаємодіють з водою, утворюючи гідратні оболонки і зв'язуючи молекули води, утворюється «дефіцит» молекул води в гідратних оболонках навколо молекул агару, що знижує їхню стабілізуючу здатність і збільшує поверхневий натяг на межі агар/водний

розчин цукру. Коли енергія взаємодії полімеру з розчинником стає меншою, порівняно з енергією взаємодії між собою, відбуваються локальні контакти між макромолекулами і просторовою сіткою зв'язків, обумовлені дисперсійною, дипольною взаємодією або водневими зв'язками. Таким чином, цукор значною мірою впливає на структурно-механічні властивості драглів агару. В той же час, існують суттєві відмінності у властивостях цукру та цукрозамінників при взаємодії з водою [3], що буде відображатись на процесах драглеутворення і структурно-механічних властивостях драглів за наявності таких цукрозамінників. Оскільки такі цукрозамінники є перспективними для отримання нових дієтичних продуктів, визначення їх впливу на структурно-механічні властивості пінодраглеподібних структур є необхідним для розробки технології та рецептури нових продуктів.

Як цукрозамінник у даному дослідженні для отримання інноваційного оздоблювального напівфабрикату пониженої калорійності та глікемічності було обрано поліол мальтитол  $C_{12}H_{24}O_{11}$  ( $M=344,31$  г/моль). Мальтитол складається з молекул глюкози та сорбіту, розщеплюється в організмі під дією мікрофлори товстого кишечника на ці молекули, не викликає різкого підвищення рівня глюкози в крові і має пробіотичний ефект.

Проте напівфабрикат, отриманий з повною заміною цукру на мальтитол, не утворював однорідної пінодраглеподібної структури внаслідок викристалізації мальтитолу. Викристалізацію мальтитолу можна пояснити особливостями його взаємодії з водою [3].

Причину кристалізації мальтитолу при зберіганні можна пояснити відсутністю антикристалізатора — патоки, яка входить до рецептурного складу традиційного суфле на цукрі білому кристалічному, а також низькою розчинністю мальтитолу (55 %), що на 18 % нижча за розчинність сахарози. Спочатку готовий мальтитоло-агаровий сироп має високу температуру ( $t$  100°C), що дозволяє мальтитолу знаходитись у розчиненому стані. Після охолодження і змішування зі збитою білковою масою температура зменшується до 20...22 °C. Низька температура сприяє кристалізації мальтитолу, що призводить до послаблення пружно-еластичної структури оздоблювального напівфабрикату.

Для цілеспрямовано впливу на структуроутворення в суміш було введено фруктозу, яка, з одного боку, відповідає вимогам дієтичного харчування діабетиків, а з іншого — сприяє драглеутворенню. Нами було проведено велику кількість досліджень з раціонального використання фруктози при виробництві оздоблювального напівфабрикату пінодраглеподібної структури [4]. Напівфабрикат, виготовлений на фруктозі, мав дуже високі органолептичні й оптимальні структурно-механічні показники. Технологія захищена патентом України [5]. Так, нами запропоновано виробляти оздоблювальний напівфабрикат на основі суміші мальтитолу і фруктози з урахуванням властивостей фруктози, які забезпечують утворення оздоблювального напівфабрикату з необхідними органолептичними й структурно-механічними показниками. Використання фруктози забезпечує достатньо високий поверхневий натяг на межі агар/вода, що сприяє агрегації молекул агару. Крім того, розчинність фруктози (78 %), яка на 30 % вища, ніж у мальтитолу, запобігає кристалізації фруктози при охолодженні оздоблювального напівфабрикату.

Для встановлення оптимального рецептурного співвідношення мальтитолу, фруктози і агару був використаний математичний метод багатофакторного планування експерименту [6]. Розроблена матриця варіювання факторів експерименту. За критерій оптимізації обрано густину зразків ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ).

Встановлене оптимальне співвідношення основних сировинних інгредієнтів мальтитол-фруктоза-агар, яке склало 1:1:0,025. Оздоблювальний напівфабрикат мав відмінні органолептичні і структурно-механічні властивості.

Для наукового обґрунтування впливу мальтитолу і фруктози на формування структури оздоблювального напівфабрикату було проведено ряд реологічних досліджень. Відомо, що пінодраглеподібний напівфабрикат належить до неньютонівських систем, ефективна в'язкість яких залежить від швидкості зсуву, тому вплив мальтитолу, фруктози та їх суміші на зміну ефективної в'язкості напівфабрикату доцільно визначити з урахуванням градієнта швидкості зсуву (рис. 2).

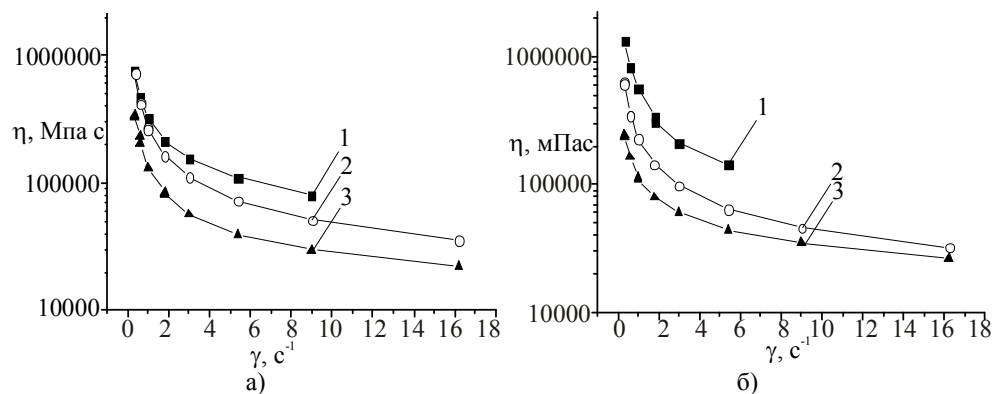


Рис. 2. Залежність ефективної в'язкості ( $\eta$ , мПа·с) пінодраглеподібних напівфабрикатів на основі фруктози — 1), суміші мальтитолу з фруктозою — 2), мальтитолу — 3), свіжоприготовлених — а) і через 6 днів зберігання — б) від градієнта швидкості зсуву ( $\gamma$ ,  $\text{с}^{-1}$ )

У табл. 4 наведені значення ефективної в'язкості при різних швидкостях зсуву свіжовиготовлених напівфабрикатів і зміна ефективної в'язкості після шести днів зберігання. Шість днів зберігання відповідають вимогам, наведеним у ДСТУ 4803:2007).

Таблиця 1. Ефективна в'язкість

| Зразок суф-ле        | Термін зберігання | $\eta(\gamma=0,3333 \text{ с}^{-1}), \text{Па}\cdot\text{с}$ | $\eta(\gamma=5,4 \text{ с}^{-1}), \text{Па}\cdot\text{с}$ | $\eta(\gamma=9 \text{ с}^{-1}), \text{Па}\cdot\text{с}$ |
|----------------------|-------------------|--|---|---|
| Мальтитол            | свіже             | 333,393  | 39,515  | 29,793  |
|                      | 6 днів            | 239,136  | 44,138  | 34,714  |
| Фруктоза             | свіже             | 763,421  | 110,494   | 80,522  |
|                      | 6 днів            | 1319,076   | 143,000   | -   |
| Мальтитол і фруктоза | свіже             | 719,934  | 72,470  | 51,087  |
|                      | 6 днів            | 625,717  | 64,417  | 45,808  |

Аналіз отриманих даних показав, що початкова (максимальна) в'язкість практично не порушеної системи при  $\gamma = 0,3333 \text{ с}^{-1}$  у напівфабрикату на фруктози

складає 763,421 Па·с, у напівфабрикату на мальтитолі — 333,393 Па·с, тобто в'язкість виробів на фруктозі більша у 2,3 рази. При зберіганні напівфабрикату на фруктозі за шість діб в'язкість збільшується від 763,421 Па·с до 1319,076 Па·с, у напівфабрикату на мальтитолі зменшується від 333,393 Па·с до 239,136 Па·с.

У результаті проведених досліджень встановлено (табл. 4), що початкова в'язкість практично незруйнованої структури оздоблювального напівфабрикату на суміші складає 719,934 Па·с, тобто в 2,2 рази більша, ніж напівфабрикату на мальтитолі, і на 44,0 Па·с менша, ніж у напівфабрикату на фруктозі. В процесі зберігання протягом шести діб в'язкість напівфабрикату змінилась від 719,934 до 625,717 Па·с.

Різниця у міцності драглів на фруктозі, мальтитолі і суміші мальтитолу й фруктози пояснюється тим, що при утворенні агарових драглів домінує нейтральна коагуляція.

Для утворення драглів із високомолекулярними сполуками, до яких відноситься агар, характерним є те, що зв'язки утворюються не на кінцях окремих молекул, як це відбувається при коагуляції колоїдних часток, а виникають між будь-якими ділянками гнучких макромолекул за умови наявності груп, які можуть взаємодіяти одна з одною.

Велику роль при утворенні агарових драглів мають водневі зв'язки, що виникають між ділянками молекул, які містять полярні групи. Навколо них існує значне силове поле, завдяки якому полярні групи зв'язуються за допомогою вторинних валентностей [1].

Для пояснення різниці впливу фруктози, мальтитолу і суміші мальтитол-фруктоза нами запропонована така гіпотеза: водневі зв'язки можуть утворюватися між полярними групами молекул полімеру (в нашому випадку агару) і полярними групами інших речовин (в нашому випадку фруктози і мальтитолу).

Після утворення просторової сітки з асоційованих молекул відбувається застигання, що супроводжується зміцненням драглів унаслідок виникнення між ними гомеополарних, гетерогенних і асоціативних (вторинно-валентних) зв'язків. Це призводить до збільшення в'язкості агаро-фруктозного пінодрагледоподібного напівфабрикату після 6 діб вистоювання (табл. 4). При вистоюванні пінодрагледоподібного агаро-мальтитолового напівфабрикату спостерігається послаблення структури. Це пояснюється тим, що в процесі вистоювання відбувається кристалізація мальтитолу.

Запропонована гіпотеза підтверджується проведеними нами дослідженнями на дериватиграфі з визначення кількості вільної та зв'язаної вологи у напівфабрикатах на мальтитолі, фруктозі та на їх суміші. Результати досліджень наведені в табл. 5.

*Таблиця 2. Кількість вільної і зв'язаної вологи за аналізом кривих TG=f(t)*

| Показники                                | Пінодрагледоподібний напівфабрикат, виготовлений на основі: |          |                               |
|--|---|----------|-------------------------------|
|  | мальтитолу  | фруктози | суміші мальтитолу та фруктози |
| Загальна кількість видаленої вологи, %   | 28,5  | 28,5     | 28,5                          |
| Вільна волога від загальної кількості, % | 45,0  | 55,0     | 50,0                          |

| Показники                                  | Пінодрагледоподібний напівфабрикат, виготовлений на основі: |          |                               |
|--|---|----------|-------------------------------|
|  | мальтитолу  | фруктози | суміші мальтитолу та фруктози |
| Зв'язана волога від загальної кількості, % | 55,0  | 45,0     | 50,0                          |

Згідно з даними аналізу, вміст вільної води в напівфабрикатах на фруктозі на 10 % більший, ніж у напівфабрикатах, виготовлених на мальтитолі.

Досліди показали, що використання фруктози в суміші з мальтитолом чинить позитивний вплив на забезпечення необхідних органолептичних показників і структурно-механічних характеристик, які несуттєво змінюються протягом 6 діб зберігання. Це є позитивним при використанні оздоблювального напівфабрикату як прошарку при виробництві бісквітних тортів, оскільки його структура протягом гарантійного терміну зберігання практично не зміниться.

Дослідження з визначення тиксотропних властивостей дисперсних систем, тобто оздоблювальних напівфабрикатів, виготовлених при оптимальному співвідношенні мальтитол-фруктоза-агар, проводилися на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2». Згідно з методикою, для визначення гістерезису реологічних кривих, дослідження проводили в режимах збільшення швидкості зсуву (прямий режим) і в режимі зворотного зменшення швидкості зсуву (зворотний режим), що надає можливість відстежити зміну структурно-механічних властивостей системи після її механічного руйнування в процесі вимірювання. Для структурованих систем при механічній дії в процесі вимірювання структурно-механічних параметрів на ротаційному віскозиметрі є характерним як руйнування міжчастинкових зв'язків, так і утворення нових, причому при збільшенні швидкості зсуву рівновага зміщується у бік руйнування, що супроводжується падінням ефективної вязкості. Зважаючи на це, зміну ефективної в'язкості визначали з урахуванням швидкості зсуву від  $\gamma_{\min}$  до  $\gamma_{\max}$ , далі, при визначеній максимальній швидкості зсуву, що відповідає  $\eta_{\min}$ , масу витримували протягом 5 хв до рівноваги між процесами руйнування і відновлення міжчастинкових зв'язків. Потім проводили визначення зміни  $\eta_{\text{ef}}$  при  $\gamma$  від максимальних до мінімальних значень. Отримано гістерезисну криву, яка характеризує тиксотропні властивості, здатність системи до руйнування і відновлення. В результаті проведених розрахунків визначено величину ефективної в'язкості в кінці вимірювання у відсотках від початкової  $\eta_0$  (табл. 6), за якою можна оцінити відновлення системи після механічного впливу.

На рис. 4 наведено результати досліджень тиксотропних властивостей оздоблювального напівфабрикату, виготовленого на основі суміші мальтитолу і фруктози. Отримані дані наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Ефективна в'язкість суфле

| Зразок суфле         | Термін зберігання | $\eta(\gamma=0,3333 \text{ c}^{-1})$ , Па с |         | $\eta\%$ |
|----------------------|-------------------|---|---------|----------|
|                      |                   | початкове                                   | кінцеве |          |
| Мальтитол і фруктоза | свіже             | 719,934                                     | 529,080 | 74       |
|                      | 6 діб             | 625,717                                     | 386,542 | 62       |

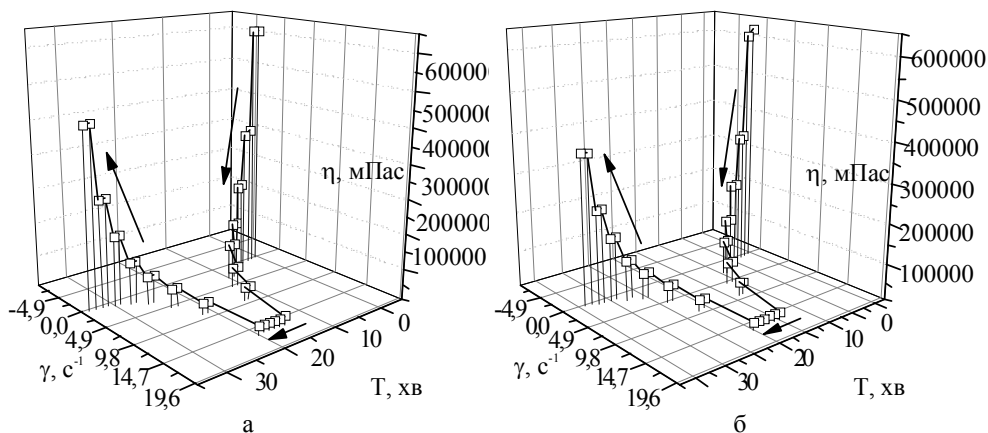


Рис. 3. Гістерезисні криві в'язкості ( $\eta$ , мПа·с) пінодрагледібною напівфабрикату на суміші мальтитоли і фруктози свіжоприготовленою — а), та через 6 днів зберігання — б)

Як видно з результатів обробки даних, при зменшенні градієнта швидкості зсуву структура напівфабрикату на суміші мальтитоли і фруктози відновлюється досить добре, тобто напівфабрикат має відповідні тиксотропні властивості. У свіжовиготовлених зразків ефективна в'язкість у кінці вимірювання  $\eta_{\%}$  дорівнює 74 % від початкового значення, а у зразків після 6 днів зберігання — 62 %

### Висновки

Отримані результати лягли в основу розроблення рецептур пінодрагледібних напівфабрикатів типу суфле на суміші мальтитоли і фруктози, які знайшли широке використання при виробництві тортів, тістечок, кексів і мафінів. Згідно з розробленою рецептурою визначена харчова й енергетична цінність нового напівфабрикату. За методикою, розробленою у НУХТ, розраховано показник глікемічності [6]. Розрахунки показали, що показник глікемічності у напівфабрикату, виготовленого на суміші мальтитоли і фруктози, на 60...65 % менший, ніж у напівфабрикату, виготовленого на сахарозі (цукрі білому кристалічному). Розроблений кондитерський пінодрагледібний напівфабрикат на суміші фруктози і мальтитоли заслуговує маркування: «з редукованою глікемічністю»; «без цукру (сахарози)»; «функціональний продукт».

### Література

1. Зубченко А.В. Фізико-хімічні основи технології кондитерських изделий / Воронеж. гос. технол. акад. — Воронеж, 1997. — 416 с.
2. Нижник В.В. Колоїдна хімія з елементами нанохімії / В. В. Нижник, В. А. Волошинець, Т. Ю. Нижник — К.: Фітосоціоцентр, 2012. — 506 с.
3. Дорохович А.М. Фізико-хімічні, технологічні, фізіологічні властивості поліолів та цукрів / А.М. Дорохович, В.В. Дорохович, В.В. Бадрук, А.В. Мурзін, А.Г. Абрамова, Я.С. Єстремська // Харчова наука і технологія. — 2013. — №1(22) — С. 73—76.



4. *Дорохович А.М.* Визначення впливу фруктози на технологічні властивості оздоблювальних напівфабрикатів типу «суфле» для бісквітних тортів та тістечок / А.М. Дорохович, А.В. Мурзін, Н.А. Парасина, І.В. Рубан // Наукові праці ОНАХТ. — 2012. — №1(42) — С. 182-187.

5. *Патент* 80629 Україна, МПК А21D 13/08 (2006.01) Оздоблювальний напівфабрикат піноподібної структури на основі фруктози та лактулози для дієтичних тортів та тістечок / Дорохович А.М., Мурзін А.В.; заявник та власник Національний університет харчових технологій. — № u201212928; заявл. 13.11.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 11.

6. *Дорохович А.М., Оболкіна В.І., Гавва О.О.* Оптимізації технологічних процесів галузі (кондитерське виробництво): Конспект лекцій для студ. спец. 7.091702 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів». — К.: НУХТ, 2009. — 89 с.

7. *Патент* 40623 Україна, МПК А 23L1/10. Спосіб визначення показника глікемічності харчового продукту / А.М. Дорохович, В.М. Ковбаса та ін. Опубл. 27.04.2009. Бюл. № 8.

## **РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИОЛА МАЛЬТИТОЛА В СМЕСИ С ФРУКТОЗОЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОТДЕЛОЧНОГО ПОЛУФАБРИКАТА ПЕНОСТУДНЕПОДОБНОЙ СТРУКТУРЫ**

**А.Н. Дорохович, А.В. Мурзін**

*Національний університет пищевых технологий*

**Е.В. Гончарук**

*Институт химии поверхности им. О. О. Чуйка НАН Украины*

*В статье установлена возможность рационального использования полиола мальтитола при производстве пеностуднеподобного отделочного полуфабриката типа «суфле» для тортов и пирожных. Научно обоснована целесообразность использования мальтитола в смеси с моносахаридом фруктозой. Путем многофакторного планирования эксперимента определено оптимальное соотношение рецептурных компонентов: мальтитола, фруктозы, агара, которое составило 1:1:0,025. Исследованы реологические свойства отделочных полуфабрикатов на основе мальтитола, фруктозы и смеси мальтитола с фруктозой. Определены тиксотропные свойства отделочного полуфабриката на основе смеси мальтитола и фруктозы, что составляет 74 % для свежоизготовленных и 62 % после 6 суток хранения. Результаты исследования легли в основу разработки рецептур отделочных полуфабрикатов пеностуднеподобной структуры, которые нашли применение при производстве тортов, пирожных и маффинов.*

**Ключевые слова:** сахарный диабет, мальтитол, фруктоза, реология, тиксотропия.

## GROUP SYMMETRY EXTENSION OF HYDRODYNAMIC DIFFERENTIAL EQUATIONS

A. Bogatyrchuk, I. Juryk

National University of Food Technologies

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Key words:</b><br/><i>Hydrodynamic equation<br/>Infinitesimal operator<br/>Group classification</i></p> <p><b>Article history:</b><br/>Received 11.07.2014<br/>Received in revised form 22.07.2014<br/>Accepted 01.08.2014</p> <p><b>Corresponding author:</b><br/>A. Bogatyrchuk<br/><b>Email:</b><br/>an1952@ukr.net</p> | <p><b>ABSTRACT</b></p> <p>Group classification of hydrodynamic differential equations used for the description of inviscid compressible fluid motion, as well as the equations of medium state, has been performed. The symmetrical properties of a set of equations describing a liquid motion have been studied. It was stated that the main thermodynamic parameters of a medium (pressure <math>p</math>, density <math>\rho</math> and temperature <math>T</math>) are connected by a relation <math>p=F(\rho, T)</math>, where <math>F(\rho, T)</math> is a smooth function. It was also stated that the process is either isothermal or homogeneously thermal. The infinitesimal method of C.Li was used for symmetry research. The task of determining the maximum local group of dot conversions is reduced to determining the coordinates of infinitesimal operators which generate its one-parameter groups.</p> |
|--|---|

## РОЗШИРЕННЯ ГРУПОВОЇ СИМЕТРІЇ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ГІДРОДИНАМІКИ

А.С. Богатирчук, І.І. Юрик

Національний університет харчових технологій

У статті проведено групову класифікацію диференціальних рівнянь гідродинаміки, які описують рух нев'язкої стисливої рідини, разом з рівнянням стану середовища. Досліджено симетрійні властивості системи рівнянь, які описують рух рідини. Припускалось, що основні термодинамічні параметри середовища (тиск  $p$ , густина  $\rho$  і температура  $T$ ) зв'язані співвідношенням  $p=\Phi(\rho, T)$ , де  $\Phi(\rho, T)$  — гладка функція, а також те, що процес або ізотермічний, або гомотермічний. Для дослідження симетрії використовувався інфінітезимальний метод С. Лі. Задача знаходження максимальної локальної групи точкових перетворень зводиться до знаходження координат інфінітезимальних операторів, які породжують її однопараметричні групи.

**Ключові слова:** рівняння гідродинаміки, інфінітезимальний оператор, групова класифікація.

Принцип симетрії відіграє значну роль у сучасних дослідженнях математичної фізики. Основні рівняння математичної і теоретичної фізики мають широку симетрію і саме ця властивість виділяє їх з усієї множини диференціальних рівнянь. Встановлення симетрійних властивостей рівнянь матема-

тичної фізики дозволяє дати загальну класифікацію їх розв'язків, що має широкі застосування в різних розділах математики, механіки та фізики. Вивчення груп перетворень, відносно яких інваріантна фізична система, надає можливість отримати важливу інформацію без розв'язування рівнянь. Закони збереження, розмноження розв'язків, абзаци, розділення змінних — всі ці поняття і методи базуються на симетрійних властивостях диференціальних рівнянь. Більше того, всі відомі розв'язки, а також багатопараметричні сімейства нових частинних розв'язків можна отримати у межах групового підходу.

У статті досліджуються симетрійні властивості системи рівнянь, які описують рух рідини:

$$\begin{aligned} D_t u^k(t, x) + \rho^{-1} \nabla_k p(t, x) &= 0 \\ D_t \rho(t, x) + \rho \nabla_k u^k(t, x) &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $t \in R'$ ,  $x \in R^n$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ ;  $u^k(t, x) - k$  компонентна швидкість;  $p$  — тиск;  $\rho$  — густина;  $\nabla_k = \frac{\partial}{\partial x^k}$ ;  $D_t = \frac{\partial}{\partial t} + u^k \nabla_k$ .

Припускаємо, що основні термодинамічні параметри середовища (тиск  $p$ , густина  $\rho$  і температура  $T$ ) пов'язані співвідношенням  $p = \Phi(\rho, T)$ , де  $\Phi(\rho, T)$  — гладка функція. Припускаємо також, що процес, який описується системою (1), або ізотермічний ( $T = const$ ), або гомотермічний ( $\nabla_k T = 0$ ). Таким чином,  $T$  не залежить від просторових координат і рівняння стану можна записати у вигляді  $p = F(\rho, t)$  з функцією  $F$ .

Введемо такі позначення:

$$u_\mu^k = \frac{\partial u^k}{\partial x^\mu}, \quad \rho_\mu = \frac{\partial \rho}{\partial x^\mu}, \quad p_k = \frac{\partial p}{\partial x^k}, \quad x^0 = t.$$

Тоді, використовуючи рівняння стану, система (1) набуває такого вигляду:

$$\begin{aligned} u_o^k + u^j u_j^k + \rho^{-1} F_\rho \rho_k &= 0, \\ \rho_0 + u^j \rho_j + \rho u_j^j &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $F_\rho = \frac{\partial F}{\partial \rho}$ .

Для дослідження симетрії системи (2) використаємо інфінітезимальний метод С.Лі. Задача знаходження максимальної локальної групи точкових перетворень, які допускає система (2), зводиться до знаходження координат інфінітезимальних операторів, що породжують її однопараметричні підгрупи. У випадку системи (2) інфінітезимальний оператор симетрії знаходимо у такому вигляді:

$$X = \xi^\mu(x, u, p) \frac{\partial}{\partial x^\mu} + \eta^k(x, u, p) \frac{\partial}{\partial u^k} + \lambda(x, u, p) \frac{\partial}{\partial p}. \quad (3)$$

Діючи цим оператором на рівняння (2), отримаємо систему лінійних диференціальних рівнянь першого порядку. Виключивши з цієї системи змінні  $u_0^k, \rho_0$ , отримаємо систему рівнянь, в якій величини  $x^\alpha, u_j^k, \rho_j$  можна вважати незалежними змінними. В результаті маємо таку систему:

$$\begin{aligned} \eta_{u^e}^k + \xi_k^l &= 0, \quad \eta_{u^e}^k + \xi_l^k = 0, \quad k \neq l; \\ \eta^j + u^j \xi_0^0 - \xi_0^j - \sum_{i=0}^n \xi_i^j u_i &= 0, \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} \lambda_\rho + \rho^{-1} \lambda + \xi_k^k - \xi_0^0 - \eta_{u^k}^k &= 0, \\ \lambda_0 + \sum_{l=1}^n (u^e \lambda_e + \rho u_l^l) &= 0; \\ 2F_\rho (\xi_0^0 - \xi_k^k) + F_{\rho\rho} \lambda + F_{0\rho} \xi_0^0 &= 0, \end{aligned} \tag{5}$$

де  $\xi^0 = \xi^0(x^0), \xi^k = \xi^k(x), \eta^k = \eta^k(x, u), \lambda = \lambda(x, u, \rho)$ .

Знаходимо розв'язки системи (4):

$$\begin{aligned} \xi_0 &= \chi x_0^2 + \gamma x_0 + \alpha, \quad \lambda = \left[ c - \frac{n}{2} \xi^0(x_0) \right] \rho, \\ \xi^k &= \left[ \frac{1}{2} \xi^0(x^0) + \delta \right] x^k + \mu^k x^0 + \sum_{l=1}^n a_e^k x^l + v^k, \\ \eta^k &= \chi x^k + \mu^k + \sum_{l=1}^n Q_l^k u^l + \left[ \delta - \frac{1}{2} \xi^0(x^0) \right] u^k, \end{aligned} \tag{6}$$

де  $\xi^0(x^0) = d\xi^0(x^0)/dx^0$ ,  $a_e^k = -a_e^k, c, \chi, \alpha, \delta, \gamma, \mu^k, v^k$  — зовнішні параметри.

Підставивши ці розв'язки в рівняння (5), одержимо:

$$\left[ \frac{n}{2} \xi^0(x^0) - c \right] \rho_\rho - \xi_0^0 \rho_0 = \left[ \xi^0(x_0) - 2\delta \right] \rho, \tag{7}$$

де  $\varphi(\rho, t) = F_\rho(\rho, t)$ .

Параметри  $a_e^k, \mu^k, v^k$  ( $\alpha$  при  $\rho_0 = 0$ ) не входять у систему, (7), тому при довільній функції  $F(\rho, t)$  системи (4), (5) мають розв'язок :

$$\begin{aligned} \xi^0 &= 0, \quad \xi^k = \sum_{j=1}^n a_j^k x^j + \mu^k x_0 + v^k \\ \eta^k &= \sum_{j=0}^n a_j^k u^j + \mu^k, \quad a_j^k = -a_k^j, \end{aligned} \tag{8}$$

а при  $F_\rho = \varphi(\rho)$  — розв'язок з  $\xi^0 = \alpha = const$ . Функції  $\xi^0, \xi^k, \eta^k$  відповідають диференціальним операторам:

$$P_k = \frac{\partial}{\partial x^k}, G_k = x_0 \frac{\partial}{\partial x^n} + \frac{\partial}{\partial u^k} \tag{9}$$

$$I_{kr} = x_k \frac{\partial}{x^r} - x_r \frac{\partial}{\partial x^k} + u^k \frac{\partial}{\partial u^r} - u^r \frac{\partial}{\partial u^k},$$

які за загальною теорією [1] утворюють алгебру Лі. Крім того, оператори (9) разом з  $P_0 = \frac{\partial}{\partial x^0}$  утворюють алгебру Лі групи Галілея.

**Теорема.** При довільній функції  $F_\rho = \varphi(\rho, t)$  система рівнянь (2) допускає  $\frac{n(n+3)}{2}$  параметричну групу перетворень, алгебра Лі якої породжується операторами (9), а у випадку  $F_\rho = \varphi(\rho)$  дана система допускає групу Галілея  $G(n)$ .

Виявляється, що для деяких функцій  $F$  симетрія системи (2) набагато ширша. Нами знайдено всі випадки такого розширення. Відповідні функції  $F_\rho = \varphi$ , а також множина інфінітезимальних операторів симетрії, які допускає система (2), перераховані в таблиці.

*Таблиця. Функції  $F_\rho = \varphi$  і множина інфінітезимальних операторів симетрії, які допускає система (2)*

| $\varphi = F_\rho$  | $x$   |
|---|---|
| $\varphi_1 = M\rho^{2/n}$                                     | $x_1 = \alpha P_0 + \gamma L_1 + \delta L_2 + n\left(\delta - \frac{\gamma}{2}\right)L_3 + \chi L_0,$ $L_0 = x_0^2 \frac{\partial}{\partial x^0} + x_0 x_k \frac{\partial}{\partial x^k} + (x^k - x^0 u^k) \frac{\partial}{\partial u^k} + (-1)^n x_0 \rho \frac{\partial}{\partial \rho},$ $L_1 = x_0 \frac{\partial}{\partial x^0} + \frac{1}{2} x_k \frac{\partial}{\partial x^k} - \frac{1}{2} u^k \frac{\partial}{\partial u^k},$ $L_2 = x_k \frac{\partial}{x^k} + u^k \frac{\partial}{\partial u^k}, \quad L_3 = \rho \frac{\partial}{\partial \rho}, \quad P_0 = \frac{\partial}{\partial x^0}$ |
| $\varphi_2 = M\rho^\chi$                                      | $x_2 = \alpha P_0 + \gamma L_1 + \delta L_2 + \frac{2}{\chi}\left(\delta - \frac{\gamma}{2}\right)L_3 \quad \chi \neq 0$  |
| $\varphi_3 = Mx_0^\sigma \rho^\chi$                           | $x_3 = \gamma L_1 + \delta L_2 + \left[\frac{2}{\chi}\left(\delta - \frac{\gamma}{2}\right) - \frac{\sigma}{\chi}\lambda\right]L_3, \quad \chi \neq 0$  |
| $\varphi_4 = \rho^{2/n} G(j),$<br>$j = \rho^{2/n} x_0^\sigma$ | $x_4 = \gamma L_1 + \frac{k}{n} \gamma L_2 + n\gamma\left(\frac{k}{n} - \frac{1}{2}\right)L_3, \quad \sigma = 1 - \frac{2k}{n}.$  |
| $\varphi_5 = Mx_0^\sigma$                                     | $x_5 = \gamma L_1 + \frac{\sigma+1}{2} \gamma L_2 + \left(\mu - \frac{n}{2}\lambda\right)L_3$   |
| $\varphi_6 = x_0^{-1} G(\rho)$                                | $x_6 = \lambda L_1$   |
| $\varphi = F_\rho$  | $x$   |

|  |  |
|--|--|
| $\varphi_7 = \Phi(\rho^{2/n} x_0^\sigma)$      | $x_7 = \gamma L_1 + \frac{\gamma}{2} L_2 + n \frac{\sigma}{2} \gamma L_3, \quad \sigma = 1 - \frac{2k}{n}$ |
| $\varphi_8 = e^{\alpha x_0} \Phi(\rho)$        | $x_8 = \alpha P_0 + \frac{\sigma}{2} \alpha L_2$   |
| $\varphi_9 = \Phi(\rho^{2/n} e^{-\alpha x_0})$ | $x_9 = \alpha P_0 + \frac{n\sigma}{2} \alpha L_3$  |
| $\varphi_{10} = \Phi(\rho) x_0^\sigma$         | $x_{10} = \gamma \left( L_1 + \frac{\sigma+1}{2} L_2 \right)$  |
| $\varphi_{11} = \Phi(\rho)$                    | $x_{11} = \alpha P_0 + \gamma \left( L_1 + \frac{1}{2} L_2 \right)$  |
| $\varphi_{12} = \rho^k \Phi(x_0)$              | $x_{12} = \delta \left( L_3 + \frac{k}{2} L_2 \right)$   |

Для всіх рівнянь стану, які допускають розширення симетрії, крім випадку,  $\varphi = \varphi_1 = MP^{2/n}$  довільна однопараметрична група інваріантності рівняння (1) породжується оператором вигляду:

$$X = (\alpha + \lambda x_0) \frac{\partial}{\partial x^0} + (Ax^k) \frac{\partial}{\partial x^k} + Bu^k \frac{\partial}{\partial u^k} + L\rho \frac{\partial}{\partial \rho},$$

який при  $\alpha = 0$  називається генератором масштабних перетворень. Розв'язки, які інваріантні відносно цього оператора, називаються автотомельними [1,2].

**Теорема.** Розширення симетрії системи (2) можливі тільки у випадках, які наведені в таблиці. Максимальною групою інваріантності є  $\frac{n(+3)}{2} + 4$  — параметрична проєктивна група, яка допускається системою (2) тоді і тільки тоді, коли  $F_\rho = c\rho^{2/n}$ .

Слід відмітити, що одномірний випадок є особливим, оскільки перші два рівняння в системі (4) з'являються тільки при  $n > 1$  і, як було доведено в [3],

для рівняння стану  $p = \frac{M}{3} \rho^3$  система (2) при  $n=1$  допускає нескінченну групу симетрії. Це надало можливість отримати загальний розв'язок.

### **Висновок**

Знайдено всі розширення алгебри симетрії системи рівнянь, які описують рух рідини. Проведена повна групова класифікація рівняння стану, яке забезпечує зв'язок між термодинамічними параметрами середовища. Це, у свою чергу, надасть можливість отримати нові точні розв'язки системи рівнянь (1), що і буде предметом наших подальших досліджень.

### **Література**

1. *Овсянников Л.В.* Групповой анализ дифференциальных уравнений. — М.: Наука, 1987. — 400с.

2. Новиков В.Д., Юрик И.И., Владимиров В.А. Автомодельные решения задачи о точечном взрыве в воде. — К., 1984. — 23с.— (Препринт АН УССР. Ин-т кибернетики).

3. Фуцич В.И., Серов М.М. О максимальной группе инвариантности и общее решение одномерных уравнений газовой динамики. — Доклады АН СССР. — 1983. — 268, №5. — С.1162—1164.

## **РАСШИРЕНИЕ ГРУППОВОЙ СИММЕТРИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ГИДРОДИНАМИКИ**

**А.С. Богатырчук, И.И. Юрик**

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье проведена групповая классификация дифференциальных уравнений гидродинамики, описывающих движение невязкой сжимаемой жидкости, совместно с уравнениям состояния среды. Исследованы симметричные свойства системы уравнений, которые описывают движение жидкости. Предполагалось, что основные термодинамические параметры среды (давление  $p$ , плотность  $\rho$  и температура  $T$ ) связаны соотношением  $p = \Phi(\rho, T)$ , где  $\Phi(\rho, T)$  — гладкая функция, а также то, что процесс или изотермический, или гомотермический. Для исследования симметрии использовался инфинитезимальный метод С. Ли. Задача нахождения максимальной локальной группы точечных преобразований сводится к нахождению координат инфинитезимальных операторов, которые порождают ее однопараметрические группы.*

**Ключевые слова:** *уравнение гидродинамики, инфинитезимальный оператор, групповая классификация.*

## ДО ВІДОМА АВТОРІВ

### Шановні колеги!

Редакційна колегія журналу «Наукові праці НУХТ» запрошує Вас до публікації наукових робіт.

### ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Статті мають бути підготовлені з урахуванням Постанови Президії ВАК України № 7-05/6 «Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України». Друкуються наукові статті, які мають такі необхідні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор; виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

До публікації приймаються не опубліковані раніше статті, що містять результати фундаментальних теоретичних розробок і найзначніших прикладних досліджень викладачів, наукових співробітників, докторантів, аспірантів і студентів. Усі статті підлягають обов'язковому рецензуванню провідними спеціалістами у відповідній галузі харчових технологій, яких призначає науковий редактор журналу.

Рукопис статті надсилається у двох примірниках, українською мовою, включаючи таблиці, рисунки, список літератури.

Статті подаються у вигляді вичитаних роздруківок на папері формату А4 (поля з усіх сторін по 2 см, Time New Roman, кегль 14, інтервал 1,5) та електронної версії (редактор Microsoft Word версії 2003 чи нижчій) на електронному носії. На електронному носії не повинно бути інших версій та інших статей, у тексті статті — порожніх рядків. Між словами допускається лише один пробіл. Усі сторінки тексту мають бути пронумеровані. **Обсяг статті не повинен перевищувати 10 сторінок!**

### СТРУКТУРА СТАТТІ:

1. **УДК.**

2. **НАЗВА СТАТТІ** (англійською, українською та російською мовами).

3. **Автори статті** (англійською, українською та російською мовами).

4. *Установа, в якій виконана робота* (англійською, українською та російською мовами).

5. **Анотація** (15 — 20 рядків англійською, українською та російською мовами). Анотація має містити коротку інформацію про мету, об'єкт та методику досліджень, основні результати та рекомендації щодо їх застосування.

6. **Ключові слова** (5 — 6 слів/ключових словосполучень англійською та українською мовами).

У кінці першої сторінки, під короткою рисою, ставиться знак авторського права, ініціали, прізвища авторів, рік.

У кінці тексту статті окремим абзацом наводяться висновки (слово «**Висновки**» — напівжирним курсивом).

Після тексту статті в алфавітному або порядку цитування в тексті наводиться список літературних джерел (кожне джерело з абзацу). Бібліографічні описи оформляються згідно з ГОСТ 7.1-84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления». У тексті цитоване джерело позначається у квадратних дужках цифрою, під якою воно стоїть у списку літератури. Бібліографічний опис подається мовою видання. Не допускається посилання на неопубліковані матеріали. У переліку джерел мають переважати посилання на роботи останніх років.

Прізвища іноземних авторів у тексті статті треба наводити в українській транскрипції.

Після тексту анотацій і ключових слів наводиться фраза «Одержана редколлегією (дата)» (набрана світлим курсивом). За дату одержання статті вважають дату надходження її до редакції.

**Обов'язково зазначається в кінці тексту електронна адреса автора.**

Роздрукований варіант статті підписують усі автори.