

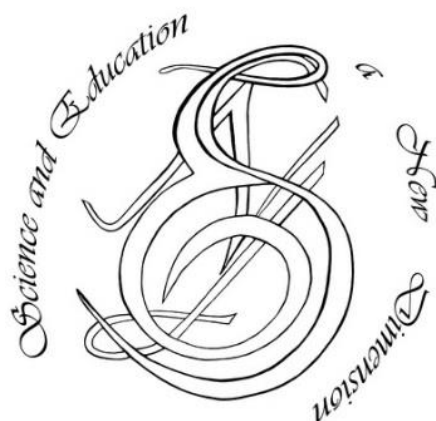
p-ISSN 2308-5258

e-ISSN 2308-1996

**Natural and Technical Sciences, V(15), ISSUE 140, 2017**

**SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION**

**NATURAL  
AND  
TECHNICAL SCIENCES**



[www.seanewdim.com](http://www.seanewdim.com)

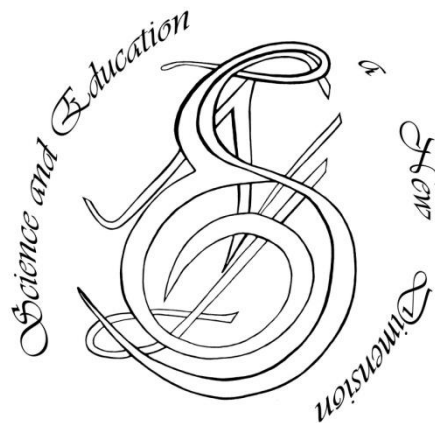
**p-ISSN 2308-5258**

**e-ISSN 2308-1996**

V(15), Issue 140, 2017

**SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION**

**Natural and Technical Sciences**



Editorial board

**Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos**

**Honorary Senior Editor:**

**Jenő Barkáts, Dr. habil. Nina Tarasenkova, Dr. habil.**

**Andriy Myachykov**, PhD in Psychology, Senior Lecturer, Department of Psychology, Faculty of Health and Life Sciences, Northumbria University, Northumberland Building, Newcastle upon Tyne, United Kingdom

**Edvard Ayvazyan**, Doctor of Science in Pedagogy, National Institute of Education, Yerevan, Armenia

**Ferenc Ihász**, PhD in Sport Science, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

**Ireneusz Pyrzyk**, Doctor of Science in Pedagogy, Dean of Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Wrocław, Poland

**Irina Malova**, Doctor of Science in Pedagogy, Head of Department of methodology of teaching mathematics and information technology, Bryansk State University named after Academician IG Petrovskii, Russia

**Irina S. Shevchenko**, Doctor of Science in Philology, Department of ESP and Translation, V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine  
Department of Psychology, Faculty of Health and Life Sciences, Northumbria University, Northumberland Building, Newcastle upon Tyne, United Kingdom

**Kosta Garow**, PhD in Pedagogy, associated professor, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

**László Kótis**, PhD in Physics, Research Centre for Natural Sciences, Hungary, Budapest

**Larysa Klymanska**, Doctor of Political Sciences, associated professor, Head of the Department of Sociology and Social Work, Lviv Polytechnic National University, Ukraine

**Liudmyla Sokurianska**, Doctor of Science in Sociology, Prof. habil., Head of Department of Sociology, V.N. Karazin Kharkiv National University

**Marian Wloshinski**, Doctor of Science in Pedagogy, Faculty of Pedagogical Sciences, University of Humanities and Economics in Wrocław, Poland

**Melinda Nagy**, PhD in Biology, associated professor, Department of Biology, J. Selye University in Komarno, Slovakia

**Alexander Perekhrest**, Doctor of Science in History, Prof. habil., Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Nikolai N. Boldyrev**, Doctor of Science in Philology, Professor and Vice-Rector in Science, G.R. Derzhavin State University in Tambov, Russia

**Oleksii Marchenko**, Doctor of Science in Philosophy, Head of the Department of Philosophy and Religious Studies, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Olga Sannikova**, Doctor of Science in Psychology, professor, Head of the department of general and differential psychology, South Ukrainian National Pedagogical University named after K.D. Ushynsky, Odessa, Ukraine

**Oleg Melnikov**, Doctor of Science in Pedagogy, Belarusian State University, Belarus

**Perekhrest Alexander**, Doctor of Science in History, Prof. habil., Bohdan Khmelnytsky National University in Cherkasy, Ukraine

**Riskeldy Turgunbayev**, CSc in Physics and Mathematics, associated professor, head of the Department of Mathematical Analysis, Dean of the Faculty of Physics and Mathematics of the Tashkent State Pedagogical University, Uzbekistan

**Roza Uteeva**, Doctor of Science in Pedagogy, Head of the Department of Algebra and Geometry, Togliatti State University, Russia

**Seda K. Gasparyan**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Yerevan State University, Armenia

**Sokuriaynska Liudmyla**, Doctor of sociological science. Prof. Head of Department of Sociology. V.N. Karazin Kharkiv National University, Ukraine

**Svitlana A. Zhabotynska**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology of Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Tatyana Prokhorova**, Doctor of Science in Pedagogy, Professor of Psychology, Department chair of pedagogics and subject technologies, Astrakhan state university, Russia

**Tetiana Hranchak**, Doctor of Science Social Communication, Head of department of political analysis of the Vernadsky National Library of Ukraine

**Valentina Orlova**, Doctor of Science in Economics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

**Vasil Milloushev**, Doctor of Science in Pedagogy, professor of Department of Mathematics and Informatics, Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Plovdiv, Bulgaria

**Veselin Kostov Vasilev**, Doctor of Psychology, Professor and Head of the department of Psychology Plovdiv University „Paisii Hilendarski”, Bulgaria

**Vladimir I. Karasik**, Doctor of Science in Philology, Department of English Philology, Professor and Chair, Volgograd State Pedagogical University, Russia

**Volodimir Lizogub**, Doctor of Science in Biology, Head of the department of anatomy and physiology of humans and animals, Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Ukraine

**Zinaida A. Kharitonchik**, Doctor of Science in Philology, Department of General Linguistics, Minsk State Linguistic University, Belarus

**Zoltán Poór**, CSc in Language Pedagogy, Head of Institute of Pedagogy, Apáczai Csere János Faculty of the University of West Hungary

Managing editor:

**Barkáts N.**

© EDITOR AND AUTHORS OF INDIVIDUAL ARTICLES

The journal is published by the support of Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe

BUDAPEST, 2015

**Statement:**

By submitting a manuscript to this journal, each author explicitly confirms that the manuscript meets the highest ethical standards for authors and co-authors. Each author acknowledges that fabrication of data is an egregious departure from the expected norms of scientific conduct, as is the selective reporting of data with the intent to mislead or deceive, as well as the theft of data or research results from others. By acknowledging these facts, each author takes personal responsibility for the accuracy, credibility and authenticity of research results described in their manuscripts. All the articles are published in author's edition.

**THE JOURNAL IS LISTED AND INDEXED IN:**

INDEX COPERNICUS: ICV 2014: 70.95; ICV 2015: 80.87

GLOBAL IMPACT FACTOR (GIF): 2013: 0.545; 2014: 0.676; 2015: 0.787

INNO SPACE SCIENTIFIC JOURNAL IMPACT FACTOR: 2013: 2.642; 2014: 4,685;  
2015: 5.278; 2016: 6.278

ISI (INTERNATIONAL SCIENTIFIC INDEXING) IMPACT FACTOR: 2013: 0.465; 2014: 1.215

GOOGLE SCHOLAR

DIRECTORY OF RESEARCH JOURNAL INDEXING

ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY

UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK

SCRIBD

ACADEMIA.EDU



## CONTENT

<b>ARCHITECTURE</b> .....	7
Культурно-освітній Мистецький Прото-Ансамбль Столиці: проект «Компас» – Київ, Україна <i>Т. М. Ладан</i> .....	7
Прийоми просторової кодифікації структури інтер'єрів шкільних комплексів <i>О. В. Пивоваренко</i> .....	13
Оптимізація гармонійного розвитку рекреаційних територій Карпатського регіону України <i>Г. М. Шульга, Т. Ф. Панченко, М. О. Кузін</i> .....	16
<b>CHEMISTRY</b> .....	19
Межфазное распределение водорода в процессах электрошлакового переплава сталей <i>В. Я. Кожухарь, В. В. Брем, И. В. Дмитренко, Л. В. Иванченко</i> .....	19
<b>ECOLOGY</b> .....	24
До питання вибору проекцій екологічного картографування транскордонних територій Західного Полісся <i>В. М. Мельник, Н. В. Муляр, В. Л. Расюн</i> .....	24
<b>INFORMATION TECHNOLOGY</b> .....	28
Conceptual Fundamentals for Ontological Simulation of Chinese Image Medicine as a Promising Component of Integrative Medicine <i>S. A. Lupenko, O. R. Orobchuk, A. V. Pavlyshyn</i> .....	28
Principles of constructing support systems for operational decision-making in the air traffic control tower <i>V. Mihaylenko, V. Temnikov, A. Temnikov</i> .....	33
<b>MATHEMATICS</b> .....	36
Mathematical model of value-oriented portfolio management of high-tech enterprises projects <i>O. Yu. Savina</i> .....	36
<b>MEDICINE</b> .....	40
Сучасні складові професійної підготовки медичних сестер <i>В. М. Шапошнікова, О. П. Кравченко, І. Я. Губенко</i> .....	40
Айкідо як метод самоконтролю та зниження рівня тривожності школярів <i>О. В. Стегура, О. А. Дуло</i> .....	43
<b>PHYSIOLOGY</b> .....	46
Special Preparedness of Football Players with Different Typological Properties of Higher Parts of Central Nervous System <i>V. Lizogub, V. Suprunovych, V. Pustovalov, S. Grechukha, L. Uhimenko</i> .....	46

<b>TECHNICAL SCIENCES.....</b>	
The basic design parameters constrictions of forages <i>F. A. Alatoom Mohammad.....</i>	49
Дослідження перспектив розвитку логістики пасажирських залізничних перевезень в країнах Східної Європи <i>Є. С. Альошинський, Г. О. Примаченко.....</i>	52
Исследование условий эффективного применения пожарных кран-комплектов в высотных жилых зданиях <i>С. А. Горносталь, Е. А. Петухова, С. Н. Щербак, Е. А. Шаповалова.....</i>	56
Thermodynamic analysis of energy intensive systems on exergy flow graphs <i>V. Nikulshin.....</i>	60
Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of small power and peak fuel-fired boilers <i>O. P. Ostapenko.....</i>	64
The use of sesame seeds in food production <i>L. A. Valevskaya, L. K. Ovsyannikova, S. S. Orlova, V. V. Yurkovskaya.....</i>	69
<b>VETERINARY.....</b>	72
Особенности остаточного действия рабочих концентраций нового препарата «Мухо-мор» на разных тест-объектах в экспериментах на лабораторной культуре мух семейства Calliphoridae <i>А. Н. Шевченко, Р. А. Слободян.....</i>	72

## ARCHITECTURE

### Культурно-освітній Мистецький Прото-Ансамбль Столиці: проект «Компас» – Київ, Україна

Т. М. Ладан

Кафедра Основ архітектури і архітектурного проектування  
Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ, Україна  
Corresponding author. E-mail: ladantetiana@gmail.com, tladan@ukr.net

Paper received 23.08.17; Revised 28.08.17; Accepted for publication 29.08.17.

**Анотація.** Описується проект «Компас», який призначається для утворення культурно-освітнього мистецького ансамблю столиці найвищого ступеня – «прото-ансамблю» м. Києва. Визначаються основні об'єкти проекту, етапи його реалізації. Крапкою відліку для проекту «Компас» пропонується вважати Національний комплекс «Експоцентр України», для якого пропонуються експериментальні концептуальні проекти його реконструкції та майбутнього зростання на півдні. Використовується мистецький образно-символічний підхід до архітектурно-містобудівних рішень будівель та споруд, просторів на основі звернення до головних знаків української етнокультури.

**Ключові слова:** проект «Компас» – культурно-освітній мистецький «прото-ансамбль» столиці, символ, образ, Національний комплекс «Експоцентр України», м. Київ, знаки української етнокультури.

**Вступ.** «Ансамбль» – це результат поєднання частин – об'єктів (будівель, споруд) в неподільну художньо-образну змістовну структуру – будівлі та споруди, які складають єдину просторову композицію, в єдиному стилі, напрямку, або у його певній послідовній трансформації. В залежності від масштабів забудови історичного міста та його основних структуруючих елементів (вулиці, площі, квартали, мікрорайони, райони) можна виділити такі види архітектурних ансамблів у міській забудові як: ансамбль вулиці, ансамбль площі, ансамбль кварталу, ансамбль мікрорайону, ансамбль району, які можуть взаємодоповнювати та перетікати один в другий. Ансамбль утворюється зазвичай подібними за типом або функцією будівлями в певний період часу, або поступово доповнюється за довгий період часу. Таким чином історичне місто поступово опиняється у сітці ансамблів об'єктів різних типів різних за стилями та напрямками. В процесі зростання міста, на містобудівному рівні особливо важливо не втратити гармонійні міські «пейзажі» – паркові та архітектурні ансамблі. На сучасному етапі реконструкції міського середовища та на етапі введення нових архітектурних об'єктів слід визначати певні акценти та домінанти – визначні ключові гармонійні освітні архітектурні об'єкти, які б могли стати крапками культурного тяжіння в структурі міста – туристичними знаковими центрами та об'єктами для розвитку інновацій.

Таким чином, «прото-ансамбль міста» – це гармонійні знакові освітні архітектурні об'єкти та простори, які виникають при реконструкції історичних будівель або міського середовища та будівництві нових об'єктів, у планувальній структурі міста, які утворюють образний ансамбль міста найвищого ступеня, який забезпечує поширення інноваційної інформації для всіх галузей діяльності.

**Короткий огляд публікацій по темі.** Поняття ансамблю та визначення його архітектурної складової (класифікацію ансамблів по типу виникнення) було узагальнено у дослідженні Арменака Амелянца, який визначає, що, згідно з теорією ансамблю, його поняття пройшло три стадії формування: 1) ансамбль, як єдність групи будинків; 2) ансамбль, як єдність простору; 3) ансамбль, як єдність образної побудови фрагмента міської забудови.

В європейських країнах (Франція, Італія, Німеччина та Англія) теорія ансамблю не розвивається, і поняття «ансамбль» в архітектурі не використовується [1, с.22].

Утворення «прото-ансамблю» міста з неподільною образною освітньою просторовою структурою, що базується на структурованій концепції та подібних знакових освітніх архітектурних об'єктах, мистецьких образотворчих формах, площинних елементах – надзавдання для кожного міста. В архітектурознавстві термін «прото-ансамбль» майже не використовується.

Будь-які освітні заходи потребують площ для спілкувань, обміну досвідом, навчання, а постійний виставковий комплекс – це саме той об'єкт, який може повноцінно це забезпечити. Ця тема набуває актуальності і на сьогодні. У дослідженнях Ольги Савицької відзначається, що виставкова база в Україні потребує модернізації, гнучкості, а її процвітання залежить від менеджменту і сервісу [2]. Архітектурний ансамбль Національного комплексу «Експоцентр України» не виключення.

Представлена у 2017 р. програма розвитку Національного комплексу «Експоцентр України» на 40 років передбачає розвиток національного культурно-інноваційного центру з інноваційними кластерами, дозвілля та для майбутнього зростання [3] – важливий крок до модернізації, гнучкості та процвітання ансамблю культурного значення.

Архітектурний ансамбль комплексу слід розглядати у системі загального «прото-ансамблю» столиці, а в його сучасному архітектурно-містобудівному рішенні обов'язково повинні проявитися знаки української етнокультури. На цю особливість вказує архітектура українських павільйонів на виставках у радянські часи.

Аналіз архітектурних рішень перших українських виставкових павільйонів радянського часу показує, що в їх основу архітектори намагалися включити знакові змісти та елементи – фітоморфні символи української етнокультури: квіти, рослині мотиви – «вінок», «колос», «дерево життя» та використовували стилі, які зумовлюють їх використання – «український архітектурний модерн» та «декоративізм». Подібна фітоморфна спрямованість у деталях неокласичних будівель частково проявляється в архітектурі окремих павільйонів на Виставці досягнень народного господарства Української радянської соціалі-

стичної республіки у м. Києві (1958 р.) – Національний комплекс «Експоцентр України».

Одним з яскравих прикладів оригінальної архітектурної композиції виставкової будівлі є український павільйон в Москві 1093 р. (архітектор – Віктор Троценко). Ідея зумовлює підняття частки будівлі над землею, прикраса фасаду башточкою, а тимпану фронтона розписами (художники з групи Михайла Бойчука) [4, с.132, 143]. Так сформувалася ідея павільйону, як своєрідної прохідної тріумфальної арки, у змісті форм якої можна прочитати такі асоціативні риси, як: заходимо – навчаймося, обходимо – надихаємося, проходимо – не повертаємося назад, а йдемо завжди вперед та створюємо щось нове (Рис.1А-В). Пізніше, подібну композицію з наскрізним проходом, було застосовано в архітектурно-планувальній структурі радянського павільйону на виставці в Парижі 1925 р. (архітектор – Костянтин Мельников): прохідні сходи наскрізь та прозорий дах з оригінальною просторовою структурою – двома рядами плит під нахилом, які перетиналися та спираліся одна на іншу [5, с.82-102]. Так ідея архітектора Віктора Троценка на початку ХХ століття – ідея просторовості, легкості та тримірності виставкової будівлі, на основі розвитку національних народних традицій, може задати тон для сучасного формотворення подібних будівель в Україні (принцип архітектурної композиції на основі символу – «арка-програма»).

В архітектурі наступного українського павільйону в Москві у 1937 р. (архітектор – Олексій Тацій), який був розкритикований та розібраний, також був використаний стиль «український архітектурний модерн» – були використані характерні фронтони у вигляді трапецій (Рис.1Г). У 1939 р. павільйон перебудували (архітектори – Олексій Тацій, Микола Іванченко), а в оформленні фасадів використали фітоморфні мотиви – «колоски», «вінок» (Рис.1Д). Ще одна перебудова українського павільйону була у 1954 р. та зумовила використання як фітоморфних («колоски», «вінок», «дерево життя») так і зооморфних мотивів на фасаді будівлі (Рис.1Е).

Таким чином ми можемо спостерігати за поступовим розвитком ідеї формування українських виставкових будівель, а для ансамблю Національний комплекс «Експоцентр України» визначити аутентичний образ для його формування – «дерево життя»: коріння (підгрунтя ідей), стебло-основа (збережені традиції) та гілки (інноваційні ідеї).

Проект із символічною назвою-акронімом «Компас» (Рис.2), був представлений кафедрою Основ архітектури і архітектурного проектування Київського національного університету будівництва і архітектури у грудні 2016 року в числі 95-ти проектів з 45-ти міст України на першій німецько-українській конференції міського розвитку – "Лейпцизька премія сталого міського розвитку в Україні", яка проходила у м. Києві для пошуку можливостей інтегрованого розвитку міст з метою підтримки сталого розвитку в Україні [6]. Проект об'єднав в собі ідеї утворення прото-ансамблю та розвитку туристичної, культурно-освітньої, мистецької та виставкової функції в столиці України.

**Мета.** Комплексний проект сталого розвитку сучас-

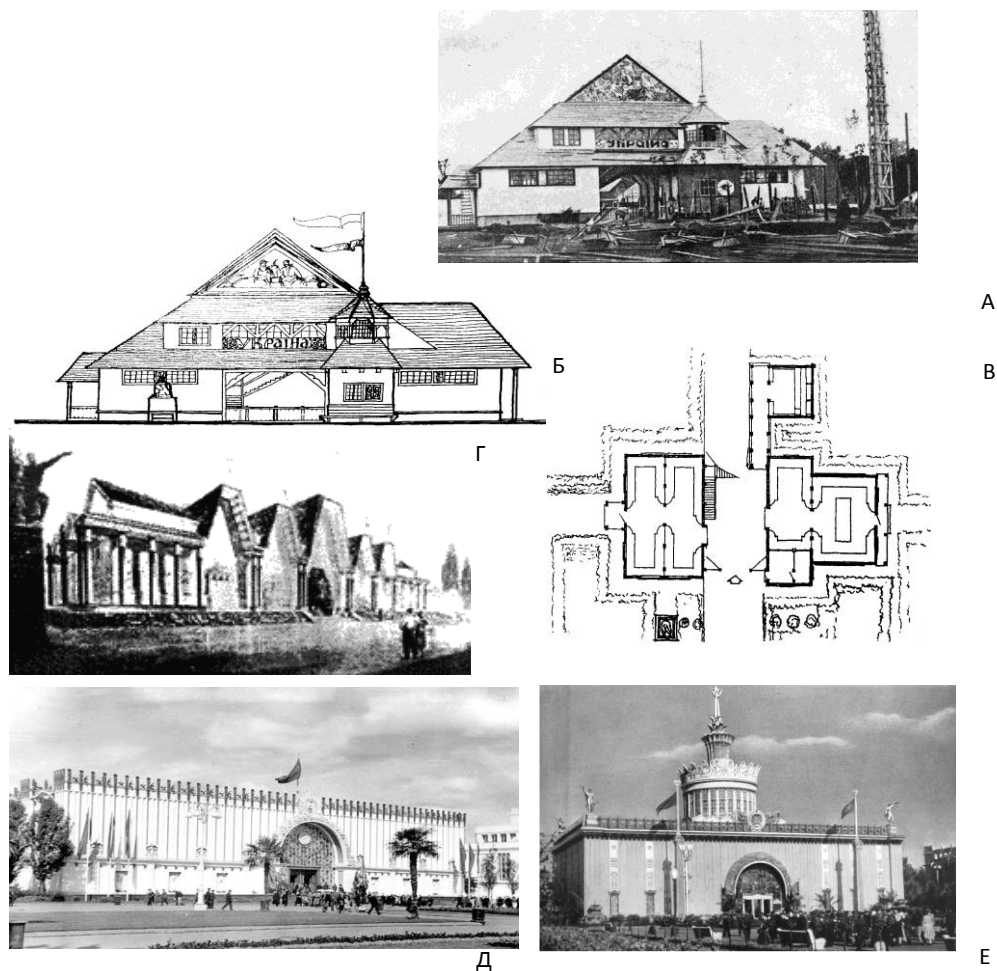
ного м. Києва – це проект «Компас», в акронім якого увійшли головні складові поняття: культура, освіта, мистецтво, «прото-ансамбль», столиця. Проект ставить за мету – реалізацію змістовної обґрунтованої програми утворення сучасного «прото-ансамблю» м. Києва для ще більших можливостей реалізації творчого потенціалу його мешканців різного віку – інноваторів, у тому числі і людей з особливими потребами.

**Матеріали та методи.** Крапкою відліку для проекту «Компас» пропонується вважати Національний комплекс «Експоцентр України».

Передумовою появи проекту «Компас» слугували попередні дослідження автора статті та експериментальне проектування. З метою пошуку виразної відповідного образу Національного комплексу «Експоцентр України» на кафедрі Основ архітектури і архітектурного проектування КНУБА були розроблені два варіанти дипломних проектів на теми: «Особливості формування виставкових комплексів на прикладі реконструкції ВДНГ в м. Києві» (Рис.3А) та «Реконструкція Національного комплексу «Експоцентр України» в м. Києві» (Рис.3Б) – керівник: кандидат архітектури, доцент – Тетяна Ладан. Проекти пропонують два варіанти розвитку містобудівної ландшафтної композиції з визначенням місць для розташування малих архітектурних форм на всій території комплексу та архітектурно-планувальних рішень нових будівель та споруд, згідно ідеї майбутнього зростання планувальної архітектурно-містобудівної структури Національного комплексу «Експоцентр України» на південній території комплексу.

Варіант 1. Основні знаки-символи, мотиви, які були взяті за прототипи для вирішення ландшафтного дизайну паркової території та архітектурно-планувальних рішень нових павільйонів – фітоморфні аналоги-образи України – «соняшник», «калина», «мальва», «колосок», які стають спленими пішохідними доріжками в єдиний композиційний декоративний візерунок, який нагадує «віночок». Образ нових корпусів павільйонів, які вписуються в існуючий природний ландшафт із максимальним його збереженням, стають основою «інноваційного парку» та міжнародної виставкової зони на південній частині комплексу, та відповідають фітоморфним та геоморфним аналогам, утворюють символічну структуру та загальну містобудівну композицію експоцентру – «вінок», який ніби залишила, співаючи пісні, одягнена у народний стрій дівчина-українка у квітучому садку... Форми нових виставкових павільйонів, вплетені в мальовничу систему доріжок, нагадують грона та ягоди каліни, геологічні нашарування, атоми та молекули – відповідно до тематики нових павільйонів. Композиційний принцип-символ – «арка-програма», крізь яку проходять відвідувачі – головна ідея павільйонів комплексу. Штучне водоймище у формі карти України утворює акцент в містобудівній композиції (див. Рис.3А).

Варіант 2. Основні знаки-символи, мотиви, які були взяті за прототипи для вирішення ландшафтного дизайну паркової території та архітектурно-планувальних рішень нових павільйонів – фітоморфні аналоги-образи – «дерево життя» («світлове дерево») та «колосок», які зростають з «вазону» – українського символу культури.



**Рис. 1.** Формування образу та знаків-символів українського павільйону в Москві (радянський період):

А – павільйон Української радянської соціалістичної республіки на Всеросійській сільськогосподарській та кустарно-промисловій виставці в Москві у 1923 р. (архітектор – Віктор Троценко, 1923 р.; фото: <http://oldmos.ru/old/photo/view/45150>);  
 Б, В – фасад та план (малюнок архітектора Віктора Чепелика);

Г – павільйон Української радянської соціалістичної республіки на Всесоюзній сільськогосподарській виставці в Москві (архітектор – Олексій Тацій, 1937 р.; малюнок архітектора Віктора Чепелика);

Д – перебудова павільйону УРСР у 1939 р. (архітектори – Олексій Тацій, Микола Іванченко; фото: <http://arx.novosibdom.ru/node/2480>);

Е – перебудова павільйону УРСР у 1954 р. (архітектори – Олексій Тацій, Микола Іванченко; фото: <http://stilarhitekturi.livejournal.com/tag/ВДНХ>)

«Вазон» стає основою дизайну бруківки перед пропілеями вхідної групи, в якому розпочинає свій зріст мотив «дерево життя». «Вазон» прикрашається орнаментальними стрічками – мотивами, які виражають чотири історико-етнографічних райони України: Полісся, Лісостеп, Степ та Карпати. Територія експоцентру розподіляється на п'ять зон: тематичні виставки; відкриті тимчасові виставкові площі для проведення ярмарок по областям України; діловий центр; комплекс міжнародних та функціональних виставок; спортивно-розважальний комплекс. Всі зони зв'язуються між собою пішохідними доріжками та монорейковим транспортом. На даху ділового центру передбачається влаштування майданчику для гелікоптерів (див. Рис.3Б). Обидва проекти виражають сутність українських земель, поглядів архітекторів та митців різних поколінь та базуються на вивченні українських традицій, знаків української етнокультури. За концептуальною ідеєю, Національний комплекс «Експоцентр України» ставав інтерактивною базою для презентації тих інновацій, які генеруються в п'яти групах об'єктів: навчально-виховні заклади, заклади додаткової освіти, видовищні будівлі, транспортні розв'язки та площі, спортивні споруди –

основних складових проекту «Компас» (див. Рис.2).

Проект «Компас» складається з п'яти етапів, які представлені п'ятьма об'єктами для реконструкції та нового будівництва громадських будівель різних типів: 1. Навчально-виховні заклади (типові школи, ліцеї, коледжі); 2. Заклади додаткової освіти (палаці дітей та юнацтва та інші); 3. Видовищні будівлі; 4. Транспортні розв'язки та площі; 5. Спортивні споруди.

Зріст роботи над етапами та їх об'єктами також стає подібним зросту «дерева життя» (посилання на розвиток майбутнього зростання Національного комплексу «Експоцентр України» (див. Рис.3Б)), тому читаємо інформацію на ілюстрації також знизу – вверх (див. Рис.2).

Це пропозиції ступеневого захоочення мешканців міст (різного віку) ознайомитися, зацікавитися та практично вплинути на розвиток: всіх видів мистецтв, науки та техніки, а загалом на розвиток культурного прогресу України, який, в результаті, може бути гордо представлений на експозиціях світових виставок та у роботі відновлених павільйонів Національного комплексу «Експоцентр України». Кожен етап (об'єкт) має п'ять основних стадій розробки: 1. Передпроектні дослідження (об'єкту до реконструкції), вибір концепції (творчого



напрямку), розробка ескізних варіантів проектних рішень; 2. Побудова графічно-аналітичної композиційної моделі реконструкції; 3. Архітектурне проектування

(стадія – ескізний проект); 4. Оприлюднення; 5. Архітектурне проектування (стадія – робочий проект).



Рис. 2. Рекламний плакат проекту «Компас» (концепція дизайн-плакату проекту: архітектор – Тетяна Ладан, 2016 р.)

Перші дві стадії (Етапи 1-5) пройшли апробацію: під час стажування в Науково-проектному архітектурному бюро «Ліценз і Арх» (кандидат архітектури, доцент Тетяна Ладан, 2015) при складанні тем практичних завдань зі спеціальності «Реконструкція і нове будівництво громадських будівель і комплексів» для студентів 6 курсу (лекції – доктор архітектури, професор Олег Слещов; практичні заняття – кандидат архітектури, доцент

Тетяна Ладан).

Згідно з першою частиною часового плану (2012-2016), були досягнуті наступні результати.

Етап 1. Реконструкція та нове будівництво: навчально-виховні заклади – загальноосвітня школа №50 (вул. М. Ушакова, 12А, м. Київ). Ідея: школа, як перша сходинка при виборі свідомої творчої спрямованості молоді (побудована за типовим проектом кін. 1960-х рр.) отри-



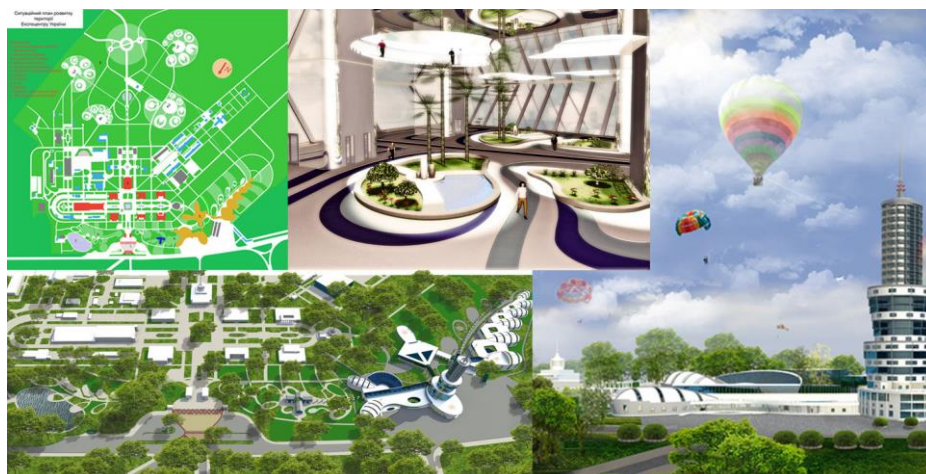
мала проект реконструкції, відповідно до сучасних норм та професійного природничого спрямування: концепція «парад планет». Були запропоновані ключові концепції (творчі напрямки) для інших типових шкіл кін. 1960-х рр. (з розвитком фізичної культури, гуманітарного спря-

мування, вивчення технічних та природничих наук). Наближаючи майбутнє, використовуючи в проекті запропоноване використання сучасних видів транспорту – монорейкового [7].

А



Б



**Рис. 3.** Фрагменти з дипломних проектів, кафедра Основ архітектури і архітектурного проектування, Київський національний університет будівництва і архітектури (керівник: кандидат архітектури, доцент – Тетяна Ладан):

А – Концепція «Вінок»: схема генерального плану, варіанти рішень нових павільйонів на перспективу (тема: «Особливості формування виставкових комплексів на прикладі реконструкції ВДНГ в м. Києві», автор: студентка – Марія Андрієнко, 2010 р.);

Б – Концепція «Дерево життя»: схема генерального плану, перспективи комплексу з висоти пташиного польоту, перспектива інтер'єру (тема: «Реконструкція Національного комплексу «Експоцентр України» в м. Києві», автор: студентка – Ілона Щедрина, 2011 р.).

Етап 2. Реконструкція та нове будівництво: заклади додаткової освіти – палац дітей та юнацтва та прилегла територія брівки Дніпровських схилів (вул. І. Мазепи, 13; Дніпровський узвіз, м. Київ). Ідея: це друга сходинка при виборі професійної творчої спрямованості дітей та юнацтва, який може виступати об'єктом, який буде приймати міжнародні фестивалі для дітей та юнацтва (в тому числі «Дитяче Євробачення») та виконувати функції міжнародного табору «Артек». Відповідно до містобудівної ситуації (наявність крутого рельєфу) та широкого профільного спрямування закладу реалізована концепція – «місто простору», «каскад», «палітра» зумовила розробку ескізних варіантів з утворенням сучасної динамічної мультифункціональної планувальної композиції з максимальним збереженням унікального природного середовища на схилах р. Дніпра.

Етап 3. Реконструкція та нове будівництво: видовищні будівлі – кінотеатр «Жовтень» та прилеглі території (вул. Костянтинівська, 26, м. Київ). Ідея: кінотеатр «Жо-

втень», який входить в реєстр закладів, які приймають міжнародні кінофестивалі – третя сходинка професійної творчої спрямованості мешканців міста різних поколінь. Серед інших кінотеатрів, кінотеатр «Жовтень» має ділянку навколо для можливості розширення функцій. Утворений проект знакового видовищного комплексу будівель – «порталу» у інші «творчі світи». Ескізні варіанти 1-4 сформували загальний образ комплексу як «фільму-картини». Комплекс отримав додаткові чотири кінозали різної місткості, ресторан, місця відпочинку для дітей та дорослих. Відбулися громадські обговорення щодо долі «Кінотеатру «Жовтень» архітектурна цінність – яким він повинен бути після ремонту?» (галерея «Карась», круглий стіл між спеціалістами в різних галузях – архітекторами, істориками, митцями, Тетяна Ладан, 26.01.2015).

Етап 4. Реконструкція та нове будівництво: транспортні розв'язки та площі – площа Перемоги, м. Київ. Ідея: площа для культурного відпочинку – людям, а транспо-

рту – майбутнє (підземні тунелі та рейковий транспорт). Проект значно розширив функцію площі (житло, офіси, освіта, розваги), виразність досягається за рахунок використання виразного образу готель «Либідь» як будівлі-каравели.

Етап 5. Реконструкція та нове будівництво: спортивні споруди – стадіон «Динамо» ім. Валерія Лобановського (вул. Михайла Грушевського, 3, м. Київ). Ідея: динамічне повертання нового сучасного стадіону над історичним – кінетика. Проект передбачив утворення правильної орієнтації стадіону – північ-південь. Ескізний варіант передбачає утворення кінетичного переkritтя, кінетичних павільйонів, використання сучасного виду транспорту – рейкового – наскрізь споруди, що утворює театральний ефект.

**Результати та їх обговорення.** В ході наукових досліджень, реконструкції та експериментального проектування нових будівель та споруд, під час розробки завдань індивідуальних графічно-аналітичних робіт та дипломних проектів, була проаналізована архітектура об'єктів – складових етапів проекту «Компас», які можуть бути основою культурно-освітнього мистецького «прото-ансамблю» столиці. Вибрані об'єкти пройшли крізь призми: образів-знаків української етнокультури, потреб суспільства, «духу міста» та отримали одночасне

значне розширення функцій – сучасне навчання, можливість вільної генерації ідей, їх презентація.

**Висновки.** Комплексний підхід до поставлених проектних завдань проекту «Компас» поступово наближає нас до вирішення мети – утворення ансамблю найвищого ступеня – «прото-ансамблю» столиці України м. Києва. Пропонується такий архітектурно-містобудівний культурно-освітній мистецький простір, який утворює посилання до першоджерел, знаків-символів української етнокультури, вивчення свого коріння, світових досягнень, надихає на творчість та новітні відкриття на всіх етапах зростання поколінь. Одночасно є можливість сталого розвитку туристичної сфери діяльності, оскільки визначені об'єкти стають знаковими, образними та можуть бути основними складовими нових туристичних маршрутів містом. Проект «Компас» – це своєрідний навігатор, який полегшить орієнтування мешканців столиці у багатозаровому історичному архітектурно-містобудівному просторі міста та визначить сучасні крапки тяжіння – об'єкти розвитку культури, освіти, мистецтва та інновацій – складові «прото-ансамблю» столиці, а Національний комплекс «Експоцентр України» спрямує стрілку символічного компасу до інновацій у світле майбутнє.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Амелянц А.А. Развитие представлений об ансамбле в теории градостроительства: Автореф. дис... канд. архит.: 18.00.01 / А.А. Амелянц; Моск. архитектур. ин-т.– М., 2004.– 22 с.
2. Савицька О.С. Принципи архітектурно-планувальної організації виставкових комплексів: Автореф. дис... канд. архит.: 18.00.02 / О.С. Савицька; Київ. нац. ун-т буд-ва і архит.– К., 2005.– 20 с.
3. [http://www.expocenter.com.ua/ua/about\\_vdng/letsfuture/](http://www.expocenter.com.ua/ua/about_vdng/letsfuture/)
4. Чепелик В.В. Український архітектурний модерн / Упорядник З.В. Мойсеєнко-Чепелик.– К.: КНУБА, 2000.– 378 с.
5. Хан-Магомедов С.О. Константин Мельников.– М.: Архитектура-С.– 2007.– 296 с.
6. Лейпцизька премія сталого міського розвитку в Україні: <https://www.prostir.ua/?grants=konkurs-lejptsyzka-premiya-intehrovanoho-rozvytku-mist-v-ukrajini>
7. Ладан Т.М. Альтернативний вид транспорту (рейковий) та його вплив на архітектуру та композиційно-планувальну структуру сучасних будівель та споруд // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Науково-технічний збірник. Випуск 23.– К.: КНУБА, 2010, С.358-368

#### REFERENCES

1. A. Amelyants. Development of ideas about the ensemble in the theory of town planning: Abstract of the thesis Diss... PhD arch.: 18.00.01 / A. Amelyants; Moscow Architectural Institute.– Moscow, 2004.– 22 p.
2. O. Savitska. Principles of architectural-planning decisions of exhibition complexes: Abstract of the thesis Diss... PhD arch.: 18.00.02 / O. Savitska; Kyiv National University of Construction and Architecture.– Kyiv, 2005.– 20 p.
4. W. Chepelyk. Art Nouveau in Ukrainian Architecture / Compiler Z. Moiseenko-Chepelyk.– Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture, 2000.– 378 p.
5. S. Khan-Magomedov. Konstantin Melnikov.– Moscow: Architecture-S.– 2007.– 296 p.
6. Leipzig award for stable development in Ukraine: <https://www.prostir.ua/?grants=konkurs-lejptsyzka-premiya-intehrovanoho-rozvytku-mist-v-ukrajini>
7. T. Ladan. Alternative mode of transport (rack) and its integration into the architecture and composition-planning structure of modern buildings and structures // Modern problems of architecture and town planning: Scientific-technical collection. Issue 23.– K.: KNUCA, 2010, 358-368 p.

#### Cultural and Educational Art Proto-Ensemble of the Capital City: the project «Compass» – Kyiv

**T. M. Ladan**

**Abstract.** The «Compass» project is described, which is intended to create the Cultural and Educational Art Ensemble of the Capital City of the highest standard – «proto-ensemble» in Kyiv. The main project objects, stages of its implementation are determined. The starting point the «Compass» project is proposed consider the National Complex «Expocenter of Ukraine». Experimental conceptual projects for its reconstruction and expansion to the south are proposed. The artistic figurative and symbolic approach to architectural and town-planning solutions of buildings and structures, spaces on the basis of appeal to the main signs of Ukrainian ethnoculture is used.

**Keywords:** the project «Compass» – cultural and educational art proto-ensemble of the capital city, symbol, image, National complex «Expocentre of Ukraine», Kyiv, signs of Ukrainian ethnoculture.

#### Культурно-образовательный художественный «прото-ансамбль» столицы: проект «Компас» – г. Киев

**T. M. Ladan**

**Аннотация.** Описан проект «Компас», который предназначен для создания культурно-образовательного художественного ансамбля столицы наивысшей степени – «прото-ансамбля» г. Киева. Определены основные объекты проекта, этапы его реализации. Точкой отсчёта для проекта «Компас» предлагается считать Национальный комплекс «Экспоцентр Украины». Предлагаются экспериментальные концептуальные проекты его реконструкции и расширения в будущем в южную сторону. Используется художественный образно-символический подход к архитектурно-градостроительным решениям зданий и сооружений, пространств на основе обращения к главным знакам украинской этнокультуры.

**Ключевые слова:** проект «Компас» – культурно-образовательный художественный «прото-ансамбль» столицы, символ, образ, Национальный комплекс «Экспоцентр Украины», г. Киев, знаки украинской этнокультуры.



## Прийоми просторової кодифікації структури інтер'єрів шкільних комплексів

О. В. Пивоваренко

Кафедра Основ архітектури і архітектурного проектування Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ, Україна  
Corresponding author. E-mail: polichka.iq@gmail.com

Paper received 22.08.17; Revised 26.08.17; Accepted for publication 28.08.17.

**Анотація.** Розглядаються питання організації внутрішнього простору шкільних комплексів, застосовуючи основні прийоми просторової кодифікації структури інтер'єрів шкільного закладу. На основі комплексного застосування прийомів вирішується ряд завдань по створенню «виховуючих» просторів шкільних комплексів.

**Ключові слова:** Прийом, просторова кодифікація, форма, колір, конструкція, учбова чарунка.

**Вступ.** Вираз «дива», яке є стрижнем образного вирішення шкільної будівлі, вимагає досягнення високого ступеня оригінальності інформації, її новизни. У той же час необхідно пов'язувати нову інформацію з уже існуючою задля уникнення конфлікту непорозуміння. Цим визначається важливий принцип у проектуванні - поєднання новаторських архітектурних форм, конструктивних і технологічних рішень з використанням традиційних елементів, що представляють сформовані символи, [1,2].

Таким чином, архітектурні форми в просвітницькому зодчестві, виникнувши як утилітарні, що задовольняють функціональним, конструктивним і технологічним вимогам, пройшли стадії естетичного освоєння і утворили знакову систему, що забезпечує передачу запрограмованої семантичної та естетичної інформації, [2,4,5,6].

Розглядаючи інформацію як міру різноманітності, можна прийти до висновку, що в міру засвоєння інформативності архітектурної форми знижується. Вона з оригінальної стає впізнаваною, загальноприйнятною, а потім - банальною.

Однак, підкоряючись законам сприйняття твору мистецтва, надлишковість інформації в архітектурній формі не призводить до перенасичення. Перетворившись на символічний знак, архітектурна форма несе додатковий естетичний і ідеологічний зміст. Крім того, розвиваючись і вдосконалюючись, вона забезпечує збільшення інформації.

Крім того, глядач в процесі пізнання еволюціонує, тому доцільно використання системи подвійного кодування інформації, розрахованої на сприйняття в діапазоні від банального до оригінального.

Архітектурний об'єкт охоплює життя багатьох поколінь, тому для майбутніх глядачів необхідно передбачити перспективу сприйняття, прогнозуючи нові знакові системи і підкріплюючи головну установку, вироблену в процесі еволюції шкільної архітектури - вираз «виховної».

Методи проектування шкільних будівель та їх комплексів повинні відповідати сучасній теорії сприйняття архітектури, яка включає в себе генетичне і актуальне сприйняття, [6].

Генетичне сприйняття, як уже було відзначено, визначене мінімальним загальнолюдським тезаурусом, а актуальне - якісно нове, перебуваючи в безперервному русі і вдосконаленні, пов'язане з психологічними новоутвореннями, із зародженням нових естетичних уподобань. Процес становлення актуального сприйняття ускладнюється далеко не пасивною функцією генетичного сприйняття, бачення людини не відгукується відразу на актуальні потреби, а знаходиться під впливом стереотипів. Уміння розмежувати звичне з правильним, що досягається завдяки визнанню подвійної природи людського сприйняття, створює передумови для вирішення принципових естетичних питань сучасної архітектури.

**Короткий огляд публікацій по темі.** Питання методики архітектурного проектування громадських будівель та споруд, в тому числі шкільних закладів, розглядалися такими дослідниками, як: В. А. Абизов, О. А. Гайдученя, А. Л. Гельфонд, В. І. Єжов, Л. М. Ковальський, Г.Л. Ковальська, В. В. Куцевич, Г. І. Лаврик, С. М. Лінда, А. П. Мардер, В. І. Проскураков, О. С. Слепцов, та ін. Проблеми формування архітектури шкільних будівель досліджували В.І. Єжов, О. С. Слепцов, В. В. Смирнов, В. І. Степанов та ін. Проблемам розвитку архітектури навчально-виховних будівель присвятили свої дослідження Л.М. Ковальський і Г.Л. Ковальська. Принципи формування архітектури шкіл з нетрадиційними методами навчання (на прикладі виключно вальдорфських шкіл) ґрунтовно досліджувала О. М. Дячок. Б. М. Губов і Л. О.Філатова вивчали особливості вдосконалення матеріально-технічної бази освітньо-виховних закладів. О. О.Кучменко, Е. С. Агранович досліджували проблеми сприйняття світла та кольору в будівлях дитячих закладів. Вдосконалення архітектури громадських та дитячих закладів займалися Г. А. Андріанова та Ю. В. Третяк. Принципи формування архітектурного середовища дитячих освітньо-виховних закладів м. Києва з врахуванням психосоматичних особливостей дітей досліджувала Т.К. Ернст. В останні десятиріччя дослідження основних напрямків модернізації архітектури шкільних будівель займалися О.С.Слепцов, А. Р. Анісімов. Архітектурно-художні аспекти формування дитячих дошкільних закладів стали предметом дослідження О.М.Юрчишин, А. О. Кадуриної та ін. В більшості публікацій основну увагу приділяється архітектурно-планувальним та конструктивним рішенням як основі «каркасу» створення архітектури шкільних закладів, опорядження розглядається як елемент процесу, тому було поставлено завдання більш детально розглянути основні положення впливу кольору, форми, конструкцій з точки зору дитячого сприйняття, виокремивши, таким чином, прийоми просторової кодифікації.

**Мета.** Основною метою статті являється визначення основних прийомів просторової кодифікації інтер'єрів шкільних комплексів та їх застосування в створенні гармонійного «виховного» середовища.

**Матеріали і методи.** При дослідженні використано системний метод узагальнення та аналізу матеріалів закордонних вчених, дисертаційних досліджень вітчизняних вчених в галузі шкільного будівництва, також деякі висновки побудовані на основі анкетування школярів різних вікових категорій.

**Результати та їх обговорення.** В результаті дослідження було визначено ряд естетичних прийомів просторової кодифікації структури інтер'єрів шкільних комплексів. Одним з основних прийомів являється кодуван-

ня кольором, його насиченістю і яскравістю. Важлива роль кольору в просторі полягає також в просторовому формотворенні, [1,2,3,6]. Світло-колірна партитура формування простору залежить від багатьох чинників, до основних належать наступні:

1. Від форми простору. Форма, як і колір, володіє своєю «чуттєво-моральною» виразною цінністю. У мальовничому творі ці виразні якості форми і кольору повинні діяти синхронно, тобто форма і колір повинні підтримувати один одного. Як для трьох основних кольорів - червоного, жовтого і синього, так і для трьох основних форм - квадрата, трикутника і кола повинні бути знайдені властиві їм виразні характеристики.

Підпорядкованість певного кольору відповідній йому формі передбачає певний паралелізм. Там, де колір і форма узгоджені в своїй виразності, їх вплив на глядача подвоюється. Картина, вплив якої визначається переважно кольором, повинна підпорядковувати форму в її композиції кольором.

2. Залежність колірному тону від освітленості (яскравості). При нормальній денній освітленості розсіяним світлом добре сприймаються всі кольори спектру. Зміна кольорів при зменшенні їх яскравості називають явищем Бецольтца - Брюкке.

При сильному збільшенні яскравості відбувається зрушення колірному тону всіх спектральних квітів до блакитного і жовтого; це називається явищем Ебнея.

3. Хроматична адаптація - зниження чутливості ока до кольорів при більш-менш тривалому спостереженні.

В результаті хроматичної адаптації всі три координати кольору змінюються, тобто відбувається спотворення кольору, що нагадує ефект запилення.

Якщо колір фіксується спостерігачем занадто довго, наступає хроматичне стомлення, в результаті якого початкове колірне відчуття може змінитися до невпізнання.

Стомлююча дія кольору залежить від наступних факторів:

- колірному тону (жовті - найменш стомлюючі,
- червоні, помаранчеві і фіолетові - найбільш)
- чистоти (чим чистіше колір, тим більш стомлюючий) яскравості (приглушені і затемнені кольором - менше стомлюючі, ніж яскраві).

Стомлююча дія кольору пов'язана також з емоційно-психічними реакціями людини, тобто його уподобаннями, культурним рівнем, темпераментом та іншими факторами, які необхідно враховувати при колірному проектуванні.

4. Ефект хроматичної стереоскопії побудований на властивостях відступання та виступання кольорів:

- Теплі перед холодними;
- Насичені перед ненасиченими;
- Світлі перед темними;
- Фігура виступає, фон відступає;

Відступаючі зменшують форму, виступаючі - збільшують;

Важливе чергування кольорів: з жовтої кімнати в червону - емоційний підйом, навпаки - полегшення, з жовтої в зелену - заспокоєння, з червоної в синю - наближення мети. Оптичне коригування простору.

5. Просторове розташування кольору.

6. Суперграфіка - зміна форми за рахунок кольору.

7. Функціональне призначення приміщення.

8. Психофізіологічний фактор враховує особистість людини, його колірні переваги, поняття «нормального колірному навантаження».

Колір і світло, приймаючи важливу роль у вирішенні композиційного задуму, можуть розділяти простір на окремі елементи, а також поєднувати, виявляти функціонально-просторове рішення та виділяти головний елемент структури, орієнтувати в просторі будівлі, а також змінювати форму простору в залежності від архітектурно-композиційної ідеї. Колір, викликаючи асоціації, має сильний емоційний та естетико-виховний вплив. Тому при вирішенні основних функціональних зон - класів, лабораторій, рекреацій, коридорів та ін. - слід дотримуватися колористичної відповідності кожному з представлених приміщень з врахуванням функції. Враховуючи вимоги і психологічні вподобання учнів, відповідно до різного вікового контингенту, та вчителів до колористичної гамми середовища, вчені використовують метод семантичного диференціювання, що дозволяє визначати вплив та ефективність різних кольорів, базуючись на їх розподілу по площинам, перевагах, сприйнятті, асоціаціях, символічних значеннях для тих, хто перебуває в цих просторах, гармонії колористичного поєднання.

Прийом виділення тектоніки конструкцій і матеріалу. Динаміка розвитку просторових структур шкільних комплексів досягається змінами тектонічної виразності різних за функціональним призначенням груп приміщень, зонування від конструктивно нейтральних класів до підкреслення тектоніки інтер'єрів вестибюльної групи, рекреацій, спортивних залів, бібліотеки, актового залу та ін. Виявлення активних точок перетину стін та конструктивних елементів, що показують роботу конструкцій, використання художніх можливостей архітектурної пластики, фактури та кольору для вираження специфіки конструктивного рішення, таким чином, підсилюючи експресивність та семантичний потенціал закладу і створюючи інформаційний простір.

В поєднанні учбового простору з природним оточенням вирішується проблема переваги школярів навчальним процесом, в такому випадку доречний прийом асоціації інтер'єру з природним середовищем, що викликає почуття спокою і рівноваги, застосування природних матеріалів та методів їх обробки, притаманних відповідному регіону, вкраплення зелених ділянок - «елементів природи», зимових садів, перевтілюючи шкільний інтер'єр в «частину природи, саду».

Для стимулювання певних емоційних станів, а також для створення відповідних емоційних станів і відповідної типології просторів шкільного закладу, що відповідають різноманітним видам діяльності, застосовуються різні архітектурні засоби формування перцептивного простору шкільного комплексу.

Основним елементом складної архітектури сучасного шкільного комплексу являється чарунка класу. Відповідно до сучасних педагогічних програм рекомендована орієнтація на організацію учбових секцій за віковою ознакою, в середині кожної вікової секції поділ приміщень та їх групування за предметною ознакою. Учбова діяльність, яка відбувається в ній, вимагає емоційного стану сконцентрованості, уваги, для цього повинні сприяти всі засоби архітектурної виразності: композиційна ясність, конструктивна стійкість, горизонтальність, м'яке світло, спокійні кольори. Конструктивні форми не повинні приковувати до себе увагу, відволікаючи від навчального процесу, тобто бути нейтральними. Таким чином, визначається третій прийом - вирішення інтер'єрів учбових чарунк за віковими особливостями.

Відмінною особливістю класних приміщень для молодших школярів являється створення просторів для індивідуальної діяльності, занять невеликих груп, поєд-

нання учебного процесу з відпочинком в межах одного приміщення. Для виділення малих просторів, масштабних школярам 1-4 класів, в класній кімнаті можуть застосовуватись ніші, м'які елементи подіумів, сходів, обладнання, кімнатні рослини, «круглий стіл», акцент на підлозі у вигляді килиму, графічних кольорових малюнків. Класний простір набуває динамічної гри виступів за рахунок різноманітних полицок, та вступів у вигляді ніш, що несе елемент зацікавлення та бажання заповнити пусті місця власними виробами ручної роботи.

В приміщеннях середніх та старших класів (кабінетів) меблі та обладнання повинні бути запроєктовані з врахуванням можливості трансформації, що надає умови для швидкої зміни параметрів та конфігурації приміщення і пристосування до нетрадиційних форм організації уроку («круглих столів», амфітеатр, простір для індивідуальних та групових занять на вільну тематику та ін.).

Згаданий вище прийом організації учбових секцій за віковою ознакою дає можливість створювати різноманітні типи архітектурно-просторового середовища для середньої і старшої вікових груп, а також реалізувати специфіку вікового сприйняття та діяльності школярів. В якості рекомендацій, у відповідності з вимогами школярів різних вікових категорій, доречно проектування перехідних просторових рішень між класом та рекреацією, які сприяють швидкій адаптації до нового виду діяльності. Для молодших школярів важливе поєднання учбової зони і зони гри або індивідуальної діяльності в одному класному приміщенні.

В середній віковій категорії перехідні простори в певному степені відіграють роль «шор», заспокоюючи і стимулюючи увагу школярів при переході від відпочинку до учбової діяльності, що обумовлено особливою рухомістю середньої вікової групи шкільного закладу.

Рекреаційні простори при учбових приміщеннях поєднують простори динамічної дії, гри-спілкування дітей, виділення зон тиші, зон для спілкування. Емоційний стан піднесеного настрою, відчуття легкості, розрядки від напруженої мозкової діяльності в просторах динамічної дії досягаються завдяки застосуванню плавних, вигнутих форм, які створюють стрімкий рух просторів,

що виражається конструктивним ритмом, введенням додаткових площин у вигляді похилих стель, похилих вертикальних площин, пандусів та ін., контрасту кольорової композиції, верхнього освітлення, гри світлих та темних зон, локальним підсвіченням. Такий тип простору характерний для учнів середньої вікової групи.

Для старшої вікової групи характерним типом простору являється індивідуальне спрямування, а також на невеликі групи занять, оскільки в цьому віці діти націлені на пошук істини, майбутньої професії та засвоєння тих предметів, які надалі матимуть перевагу для вступу у ВУЗ. Привілеція віддається відносно холодним або ахроматичним, складним і мало насиченим кольоровим гамам, нюансним поєднанням кольорів.

**Висновок.** Отже, враховуючи основні прийоми просторової кодифікації структури шкільного комплексу, вирішується головне завдання – створення цікавого та інформативного середовища, яке являється концептуальною моделлю шкільного закладу. В основу покладена мета динамічного розвитку внутрішнього простору з зовнішнім вираженням в образі установи, який досягається контрастними змінами геометричних характеристик просторів, збільшенням їх складності завдяки формі, конструктивним рішенням, колористичним характеристикам, тектонічній виразності, ступенем насичення функціями та деталями з врахуванням вікового критерію та психо-фізіологічних особливостей дітей на основі застосування просторових кодів, динамічному розвитку кольорового, світлового та ландшафтного задуму різних функціональних зон. Колористична, світлова, конструктивна та зональна (згідно функціонального змісту) теми розвиваються з врахуванням ергономічних, психологічних, композиційних та художньо-образних вимог. Тільки комплексне врахування вище перерахованих прийомів на основі функціонально-планувального рішення, цікавого композиційно і за формою, може створити цілісний образ шкільного закладу. Для школярів – це цікаве «виховне» середовище, яке буде надихати на роботу і сприяти динамічному навчальному процесу, адже головне завдання – породжувати бажання навчатися.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бурцев А.Г. Семиотика в архитектуре. – Учеб. пособие. Екатеринбург: Архитектон, 2007. – 85 с.
2. Иконников А.В. Функция, форма, образ в архитектуре /А.В.Иконников. – М.: Стройиздат, 1986. – 288 с.
3. Иттен Й. Искусство цвета /Пер. С нем.: 5-е издание; Предисловие Л.Монаховой. – М.: Изд. Д.Аронов, 2008. – 96 с.
4. Мардер А.П. Эстетика архитектуры: Теоретические проблемы архитектурного творчества. – М.: Стройиздат, 1988. – 216 с.
5. Шубенков М.В. Структурные закономерности архитектурного формообразования / Шубенков М.В.: Учеб. пособие. – М.: «Архитектура – С», 2006. – 320 с.
6. Pyvovarenko O. The images in the architecture of the school complexes and its influence on the formation of the student's personality/O. Pyvovarenko/Pressing issues and priorities in development of the scientific and technological complex. B&M Publishing, SF, C, USA, 2013. – С. 87-92

#### REFERENCES

1. Burtsev A.G. Semiotics in architecture. - Textbook Allowance. Ekaterinburg: Architecton, 2007. - 85 p.
2. Ikonnikov A.V. Function, form, image in architecture / A.V.Ikonnikov. - Moscow: Stroiizdat, 1986. - 288 p.
3. Itten J. Art of color / Translate: 5-th edition; Preface by L.Monakhova. - Moscow: Izd. D.Aronov, 2008. - 96 p.
4. Marder A.P. Aesthetics of architecture: Theoretical problems of architectural creativity. - Moscow: Stroiizdat, 1988. - 216 p.
5. Shubnikov M.V. Structural patterns of architectural shape formation / Shubnikov MV: Proc. Allowance. - Moscow: "Architecture - C", 2006. - 320 p.

#### Receptions of spatial codification of the interior's structure of school complexes

**O. V. Pyvovarenko**

**Abstract.** The questions of organization of internal space of school complexes are considered, using the basic techniques of spatial codification of the structure of interiors of a school institution. On the basis of the integrated application of techniques a number of tasks are solved to create "educational" spaces of school complexes.

**Keywords:** Reception, spatial codification, form, color, construction, study cell.

#### Приемы пространственной кодификации структуры интерьеров школьных комплексов

**O. В. Пивоваренко**

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы организации внутреннего пространства школьных комплексов, применяя приемы пространственной кодификации структуры интерьеров школьного заведения. На основании комплексного применения приемов решается ряд заданий по созданию «воспитывающих» пространств школьных комплексов.

**Ключевые слова:** прием, пространственная кодификация, форма, цвет, конструкция, учебная ячейка.

## Оптимізація гармонійного розвитку рекреаційних територій Карпатського регіону України

Г. М. Шульга<sup>1</sup>, Т. Ф. Панченко<sup>2</sup>, М. О. Кузін<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Кафедра містобудування Національного університету «Львівська політехніка», м.Львів, Україна

<sup>2</sup>Кафедра «Ландшафтної архітектури» Київського національного університету будівництва та архітектури, м.Київ, Україна

<sup>3</sup>Кафедра рухомий склад і колії Львівської філії Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту м.Львів, Україна  
Corresponding author. E-mail: geshulha@gmail.com, panchenko.knuba@gmail.com, kuzin.nick81@gmail.com

Paper received 26.07.17; Revised 02.08.17; Accepted for publication 05.08.17.

**Анотація.** Розглянуто процес оптимізації розвитку рекреаційних територій на регіональному рівні. Оптимізації збалансованого розвитку рекреаційних територій в умовах гірських районів передбачає моделювання (формалізацію) явищ та процесів за допомогою співвідношень різних за параметрами та характером чинників тріади «територія – ресурси – інфраструктура».

**Ключові слова:** збалансований розвиток, моделювання, багатфакторний аналіз, комплексна оцінка, тріада, багатовекторна модель, метод імітаційного моделювання, містобудівні моделі, коефіцієнт якості рекреаційної території, функціонально-просторова структура.

**Вступ.** Методологія оптимізації збалансованого розвитку рекреаційних територій в умовах гірських районів Українських Карпат передбачає моделювання (формалізацію) явищ та процесів за допомогою співвідношень різних за параметрами та характером чинників тріади «територія – ресурси – інфраструктура». Процедура вкладається у 3 етапи: від простого до складного, тобто **перший етап** – кількісна оцінка кожного параметру, який впливає на функціонально-планувальну структуру рекреаційної території. **Другий етап** – полягає у багатфакторному аналізі території та комплексній оцінці умов тріади. **Третій етап** – розробка комплексної багатовекторної моделі тріади, яка дає уявлення про стан, перспективи та напрямки гармонійного розвитку рекреаційних територій.

**Огляд публікацій по темі.** У процесі дослідження потенціалу гірських територій **на першому етапі** якісна та кількісна оцінка ресурсів була проведена методом опитування споживачів рекреаційного продукту. За результатами споживацької уяви про умови відпочинку була розроблена матриця як багатокритеріальна оцінка рекреаційного середовища і основа для другого етапу оптимізації [1].

Розрахункові показники рекреаційних навантажень є необхідним критерієм для визначення ємності (місткості) конкретних ділянок рекреаційних територій, особливо у гірських умовах, для визначення яких важливим фактором є середні значення розподілу відпочиваючих на 1 га території.

Ємність (пропускну здатність) гірсько-рекреаційних зон та комплексів рекомендується визначати за допомогою модернізованої автором формули, що враховує особливі умови: наявність достатньої площі лижних трас території для рекреаційної забудови і допустимих навантажень на природні ландшафти [2].

За авторськими розрахунками обґрунтування місткості рекреаційних територій для організації гірськолижного туризму та спорту величина ймовірного сукупного рекреаційного потоку, утвореного локальними системами розселення Львівської, Івано-Франківської, Чернівецької, Закарпатської областей, а також відпочиваючими з інших місць України та зарубіжжя в гірськолижні комплекси Карпатського регіону, може становити орієнтовно понад 50 тис. осіб взимку і більше 200 тис. влітку.

Для встановлення показників допустимих рекреаційних навантажень, що є специфічною сферою наукових досліджень, застосовуються також інші методи визначення з географічних, екологічних, біологічних та інших галузей знань, які стосуються дослідження стійкості

природних комплексів, різних видів ландшафту, експериментальних ділянок тощо.

Особливості природного середовища впливають на створення територіальних рекреаційних систем, а також формують набір їх функцій. Методом комплексної багатфакторної оцінки всіх наявних видів ресурсів ділянок для певних функцій завершується етап рекомендацій щодо використання тих чи інших територій для використання в якості курортних, рекреаційних або туристичних утворень.

**Мета.** Метою даного дослідження є розробка процесу оптимізації розвитку рекреаційних територій на регіональному рівні, а саме, другий та третій етапи методології оптимізації. **Другий етап** присвячений регулюванню рекреаційного потоку на території регіону за допомогою математичного моделювання. Визначення оптимальних величин кількості відпочиваючих при вирішенні проблем розподілу рекреаційного потоку на різних ділянках і прогнозування напрямків формування та розвитку територіально-просторової структури мережі об'єктів відпочинку можливо здійснити методами математичного, графічного та комп'ютерного моделювання. Збільшення активності рекреаційної діяльності у районах Українських Карпат вимагає раціонального територіального розподілу потоків відпочиваючих і у часі, і у просторі.

**Матеріали та методи.** За допомогою адекватних математичних співвідношень характеризуються людські, природні, фінансові та інвестиційні можливості рекреаційних територій з метою їх оптимального використання як з позицій збереження природних ресурсів, так і задоволення потреб відпочиваючих, які їх відвідують; проведення математичного моделювання територіально-просторового розподілу рекреаційних потоків відпочиваючих до об'єктів рекреації на території Українських Карпат. Основною вимогою до математичної моделі, на думку авторів, повинна бути її здатність не тільки до кількісного аналізу експериментальних співвідношень, але й можливість пошуку оптимальних шляхів вирішення проблеми, яку вона описує.

На розрахунок техніко-економічних показників та визначення рентабельності об'єктів відпочинку у свою чергу впливають: кількісні та якісні показники рекреаційних ресурсів (характеристики умов розміщення об'єктів відпочинку, характер природно-ландшафтного середовища, види ресурсів тощо), перелік та склад послуг, що надають суб'єкти (кластери, рекреаційні комплекси тощо), форми організації відпочинку (організований, самодіяльний тощо) та часова тривалість відпочинку (довготривалий, короткочасний). Дані характеристики є

сукупністю математичних критеріїв, які мають мінімальні та максимальні значення.

Запропонована вперше *методика імітаційного моделювання прогнозування величини рекреаційного потоку* при врахуванні мінімальної кількості ознак, виклад якої опублікований у роботі [2], апробована Шульгою Г.М. у реальному проектуванні.

Методика імітаційного моделювання рекреаційних потоків представлена математичним, графічним та комп'ютерним методами визначення кількісних та якісних показників рекреаційної сфери (кількість відпочиваючих, атрактивність рекреаційних ресурсів, температурні режими тощо); визначає такий показник як «коефіцієнт отриманого задоволення» середньостатистичного відпочиваючого з використанням кількості «позитивних відгуків» («шкала» відгуків); критеріїв та «номенклатури послуг» або «коефіцієнт гостинності» сервісної інфраструктури тощо.

Керованість процесу розподілу рекреаційного потоку передбачає отримання оптимістичного (максимального) і песимістичного (мінімального) прогнозу за кількістю та якістю контингенту відпочиваючих у ландшафтно-територіальному просторі та часі. Основними типами гірських рекреаційних утворень у відповідності до функціональної типології та прийнятої парадигми «територія – рекреаційні ресурси – сервісна інфраструктура» – це складові функціонально-територіальні системи тріади «курорт – рекреація – туризм». Для кожної складової функціональної типології можна визначити свою класифікацію за ознаками, які розкривають сутність та відмінності утворень в залежності від умов розміщення, видів рекреаційних ресурсів, виду територіальних систем, характеру сервісної інфраструктури.

Оптимальне значення величини рекреаційного потоку відпочиваючих повинно відповідати умові максимального задоволення потреб відпочиваючих. Для прогнозування територіального розподілу рекреаційного потоку автором пропонується метод імітаційного моделювання, суть якого полягає у визначенні оптимальних величин методами математичного, графічного і комп'ютерного моделювання тенденцій формування та розвитку територіально-просторової структури мережі об'єктів відпочинку. Математичні співвідношення дозволяють встановити розподіл людських, природних, фінансових та інвестиційних можливостей територій освоєння, раціонального їх використання з метою збереження природних ресурсів і задоволення потреб відпочиваючих.

В основу методу покладені фундаментальні дослідження взаємодії всередині системи «територія – рекреаційні ресурси – інфраструктура», тобто детальний аналіз ландшафтно-територіальних умов, оцінки природно-територіальних комплексів і розробка стратегії поведінки людини в умовах відповідної типологічної моделі, яка передбачає ієрархію територіальних структурних елементів відповідного містобудівного рангу. У загальному вигляді ієрархія відповідає системі таксономічних одиниць рекреаційного районування та організації територіально-рекреаційних систем. Кожному рівню відводиться своя роль в рекреаційному обслуговуванні, формується профіль, визначаються кількісні та якісні характеристики і склад запропонованих послуг.

В залежності від умов формування та способу розподілу контингенту відпочиваючих були запропоновані такі містобудівні моделі, як «фільтр», «відволікаюча» та «акумуляуюча».

**Третій етап.** На даному етапі запропонована автор-

ська типологія рекреаційних утворень, яка базується на функціональній класифікації і розглядається як тріада – «курорт – рекреація – туризм».

Вихідним положенням приймаємо, що розвиток території дослідження можливий при наступних 3-х умовах рекреаційної діяльності всередині рекреаційного Карпатського кластеру міжрегіонального рівня:

1) «рекреаційні можливості (показники) території» кластеру **R** «прямують до максимуму»;

2) «коефіцієнт збереження природи» **P** при використанні максимальних можливостей території Карпатського кластеру «прямує до максимуму», або «навантаження на природу» – до мінімуму;

3) економічна складова діяльності (прибуток від надання запропонованого переліку послуг) **E** «прямує до максимуму».

З урахуванням трьох вимог, пошук рішень буде у вигляді системи: **R** → max; **P** → max; **E** → max.

Розглянемо процес оптимізації на прикладі 3-ох типів рекреаційних територій: курорту, рекреації та туризму.

Для експертного оцінювання рекреаційних територій та визначення оптимальних значень рекреаційної діяльності встановлюємо 13 критеріїв, які характеризують складові тріади «територія – ресурси – інфраструктура», а саме: території (4 показники), критеріїв для характеристики ресурсів (3), показники для характеристики інфраструктури (6).

Визначаємо їх оцінки при обмеженні нижньої та верхньої межі (наприклад, при п'ятибальній шкалі від 0 до 5):  $0 \leq (\alpha, \beta, \gamma) \leq 5$ , результат представляємо у табличній формі.

В результаті моделювання за [1] отримаємо оцінку *k* – «коефіцієнт якості рекреаційної території», термін, який вперше запропонований автором даного дослідження, який є мірою оцінки отриманого рекреантом (відпочиваючим, туристом) задоволення від відпочинку. Дана інтегрована оцінка характеризує рейтинг територіально-рекреаційного утворення у конкурентному середовищі рекреаційного кластеру.

**Результати та їх обговорення.** Даний метод апробований на прикладі курортної території Трускавець – Моршин – Східниця, для якої проведений розрахунок оптимальних величин за 13 показниками відкритою системою рівнянь. Приймавши наступні вихідні дані:  $n_1 = 12721$  – кількість відпочиваючих (рекреантів), що прямують на об'єкт 1 – Трускавець (по кількості ліжко-місць);  $n_2 = 1700$  – кількість відпочиваючих, що прямують на об'єкт 2 (Моршин);  $n_3 = 2800$  – кількість відпочиваючих, що прямують на об'єкт 3 (Східниця); загальна кількість відпочиваючих – 15000 осіб:

$$K = k_1 n_1 + k_2 n_2 + k_3 n_3 \rightarrow \max, 0 \leq n_1 \leq 12721, 0 \leq n_2 \leq 1700, 0 \leq n_3 \leq 2800, n_1 + n_2 + n_3 = 15000,$$

$$k_1 = \frac{1}{13 \cdot \omega_{\max}} \sum_{i=1}^{13} \omega_i^1, k_2 = \frac{1}{13 \cdot \omega_{\max}} \sum_{i=1}^{13} \omega_i^2,$$

$$k_3 = \frac{1}{13 \cdot \omega_{\max}} \sum_{i=1}^{13} \omega_i^3, \frac{n_1^1 + n_2^1 + n_3^1}{N_{kp}} \leq 1,$$

результати розрахунку представимо у табличним та графічним способом.

При аналізі функціонування існуючих рекреаційних територій на основі оптимізації значень деяких показників (критеріїв) можна прогнозувати та пропонувати напрямки їх подальшого розвитку. Так, якщо оптимальне значення функціоналу забезпечується при значенні одного з критеріїв нижче допустимого (критичного), то при умові більшого використанні потенціалу цього критерію,

можна розглядати шляхи додаткового використання або зміни параметрів інших критеріїв.

Так, у результаті математичного моделювання з метою оптимізації процесу експлуатації курортного кластеру (табл. 1) Трускавець – Моршин – Східниця (Львівська область) оптимальним є функціонування курортів м.м. Трускавець, Моршин. Математичний розрахунок «коефіцієнту якості рекреаційної території» показав значення  $k_{opt} = 0,81$  та  $0,72$  відповідно. Даний результат оцінки існуючого стану на місці завантаження ліжко-місць у м. Трускавець та м. Моршин був підтверджений.

При цьому задоволення від лікування та відновлення фізичних сил на курорті с. Східниця отримують менше 50 % відпочиваючих – «коефіцієнт якості рекреаційної території»  $k_{opt} = 0,45$ ; в результаті є наявні вільні місця на курорті с. Східниця (завантаження 579 місць при наявності 2800 ліжко-місць станом на березень 2017 р.).

Таким чином, для оптимізації рекреаційного потоку пропонуються наступні рекомендації для курорту в м. Східниця: покращення ресурсних показників та характеристики інфраструктури шляхом збільшення природно-лікувальних ресурсів  $R_{pb}$ , покращення рівня умов відпочинку  $I_{in}$ , збільшення профільних функціональних об'єктів  $I_{pr}$  (рис. 1).

Аналогічно процес оптимізації можна продемонструвати на прикладі інших курортної, рекреаційної та туристичної території; при цьому застосовували додатковий регулюючий чинник за допомогою функціонально-планувальної моделі «акумуляуюча зона – відволікаюча територія – фільтр».

Якщо прийняти, що «Рекреаційна територія» ( $rt$ ) складається із містобудівних моделей «Фільтра» ( $f$ ), «Відволікаючої» ( $v$ ) та «Акумуляуючої» ( $a$ ), то математично співвідношення між рекреантами  $N$  цих зон можна представити наступним чином:  $N_f = (0,01 \dots 0,2) N_{rt}$ ,  $N_v = (0,1 \dots 0,3) N_{rt}$ ,  $N_a = (0,89 \dots 0,5) N_{rt}$ , при виконанні умови:  $N_{rt} \leq N^{cu} \leq N^{sp}$ .

Управління рекреаційним потоком між курортами при цьому може відбуватися як шляхом створення пропозицій з послуг вузької спеціалізації, так і надання послуг для відпочиваючих з особливими потребами, тощо.

При наявності додатково придатних територій для ре-

креаційної діяльності та ресурсів природних мінеральних вод оптимізація процесу можлива шляхом збільшення навантаження на природний ландшафт та використання запасів мінеральних вод, при умові створення додаткових ліжко-місць на курорті або максимального використання бази прийому у приватному секторі, розширення сервісних послуг, що призведе до збільшення потоку відпочиваючих на рекреаційну курортну територію в цілому.

Перспективними та ефективними є результати оптимізації рекреаційних територій с. Подобовець – с. Пилипець – с. Ізки, для яких оптимізація рекомендується за рахунок покращення всіх показників (характеристик) елементів інфраструктури для всього рекреаційного кластеру с. Подобовець – с. Пилипець – с. Ізки. У той же час, при створенні певних передумов дані території можна розглядати по аналогії з курортними територіями с. Поляна – с. Солочин – сан. Карпати, як акумуляуючу модель, фільтр та відволікаючу зону.

Туристичний кластер міжрегіонального рівня м. Львів – м. Чернівці – м. Ужгород характеризуються високими «коефіцієнтами якості рекреаційної території»:  $k_{opt} = 0,91$ ,  $0,85$  та  $0,72$  відповідно. Додатково м. Чернівці – як туристичний центр, може покращити оптимальні значення характеристик діяльності із ростом потоку туристів при збільшенні пропускної спроможності історико-культурних об'єктів, розширення кількості ліжко-місць бази прийому та впровадження нових туристичних продуктів (наприклад, маршрутів). Оптимізація рекомендується у сфері управління рекреаційними потоками шляхом створення інтегрованого кластера (курорт-рекреація-туризм) з центром у м. Ужгород.

**Висновок.** Застосування методу імітаційного моделювання рекреаційних територій дозволяє виконати оптимізацію функціонально-планувальної (просторової) структури рекреаційної системи Українських Карпат та розробити рекомендації з управління рекреаційним потоком в межах кластеру існуючих рекреаційних утворень з просування рекреаційного продукту на ринку послуг.

Даний метод можна застосувати і при розробці концепції освоєння нових рекреаційних територій.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Шульга Г.М. Методика моделирования планировочной организации территориальных систем рекреации в Украинских Карпатах / Г.М. Шульга // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, III (5), Issue: 41, 2015. – С. 87-90.
2. Шульга Г. М. Моделювання процесу розподілу рекреаційних потоків / Г. М. Шульга, М. О. Кузін // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, IV (12), Issue 110, 2016. – С. 7 – 9. – p-ISSN 2308-5258, e-ISSN 2308-1996.

#### REFERENCES

1. Shul'ga G.M. Metodika modelirovaniya planirovochnoy organizatsii territorial'nykh sistem rekreatsii v Ukrainiskikh Karpatakh / G.M. Shul'ga // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, III (5), Issue: 41, 2015. – S. 87-90.
2. Shul'ga G. M. Modelyuvannya protsesu rozpodilu rekreatsinykh potokiv / G. M. Shul'ga, M. O. Kuzin // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, IV (12), Issue 110, 2016. – S. 7 – 9. – p-ISSN 2308-5258, e-ISSN 2308-1996.

#### Optimization of balanced development of recreational areas the Carpathian region of Ukraine

G. M. Shulga, T. F. Panchenko, M. O. Kuzin

The optimization process of recreation at the regional level is considered. Optimization balanced development of recreational territory of the Carpathian regions involves modeling (formalization) phenomena and processes using different ratios of the parameters and character factors triad "territory - resources - infrastructure."

**Keywords:** sustainable development, modeling, multivariate analysis, comprehensive evaluation, triad, multi-vector model, simulation model method, urban model, the quality factor recreational area, functional and spatial structure.

#### Оптимизация сбалансированного развития рекреационных территорий Карпатского региона

Г. М. Шульга, Т. Ф. Панченко, Н. О. Кузін

Статья посвящена процессу оптимизации развития рекреационных территорий на региональном уровне. Оптимизации сбалансированного развития рекреационных территорий в условиях горных районов предусматривает моделирование (формализацию) явлений и процессов с помощью соотношений разных по параметрам и характеру факторов триады «территория - ресурсы - инфраструктура».

**Ключевые слова:** сбалансированное развитие, моделирование, многофакторный анализ, комплексная оценка, триада, многовекторная модель, метод имитационного моделирования, градостроительные модели, коэффициент качества рекреационной территории, функционально-пространственная структура.

## CHEMISTRY

## Межфазное распределение водорода в процессах электрошлакового переплава сталей

В. Я. Кожухарь, В. В. Брем, И. В. Дмитренко, Л. В. Иванченко

Одесский национальный политехнический университет, г.Одесса, Украина  
Corresponding. E-mail: kozhukhar-vladimir@ukr.net

Paper received 09.08.17; Revised 13.08.17; Accepted for publication 15.08.17.

**Аннотация.** Для получения в результате переплава сталей с пониженным содержанием водорода определен механизм межфазного распределения его в системе газ – флюс – металл. Установлено, что лимитирующей стадией кинетики процесса, протекающей на межфазной границе, является окислительно-восстановительная реакция с участием водородосодержащих газов и компонентов металлической фазы. Управление лимитирующей стадией позволяет получить в результате переплава изделия высокого качества.

**Ключевые слова:** распределение водорода, электрошлаковый переплав, флюс, кинетика, механизм, лимитирующая стадия

**Вступ.** Известно, что получение высококачественных сталей методом электрошлакового переплава (ЭШП) со сниженным содержанием растворенного водорода является сложной задачей. Повышенное содержание водорода оказывает вредное влияние на качественные характеристики и свойства сталей и сплавов. Главным требованием сталеплавильщиков является разработка таких технологических параметров переплава, которые бы дали возможность получать металл с наименьшим содержанием водорода. Вследствие того, что переплав стали, осуществляется в системе газ – флюс – металл, необходимо изучать механизм межфазного его распределения и взаимодействия выше указанных фаз в условиях высоких температур.

**Обзор публикаций.** В ряде работ (см. например [1, 2]) рассмотрены различные источники поступления водорода в сталь, переплавляемую методом ЭШП. Из анализа этих данных следует, что для стационарного режима открытого переплава основными из них являются только два источника. Водород, находящийся в переплавляемом электроде довольно успешно устраняется, применением вакуумированной стали, для изготовления исходных (переплавляемых) электродов [3–7]. Вторым источником является водород, поступающий в металл через флюсовый расплав из газовой фазы, всегда содержащей водяные пары в зависимости от парциального давления атмосферы ( $P_{H_2O}$ ). Природа этого фактора оказалась чрезвычайно сложной и к настоящему времени изучена еще недостаточно.

Общий термодинамический анализ состояния газ – флюс – металл приводит к заключению, что выбранная система в процессе переплава оказывается в очень большой степени неравновесной, применительно к технологии ЭШП. Этот вывод непосредственно следует из сопоставления величин окислительно-восстановительного потенциала рассматриваемых фаз, выражаемых через равновесные для них значения парциальных давлений кислорода ( $P_{O_2}$ ). Если для газовой фазы в кристаллизаторе открытой установки ЭШП  $P_{O_2} \approx 2 \cdot 10^{-2}$  МПа, то величины  $P_{O_2}$ , равновесные при рабочих температурах процесса с составами переплавляемых сталей, существенно ниже, чем  $10^{-15}$

МПа. Так во флюсовом расплаве, контактирующем с газовой и неметаллической фазами, неизбежно возникает большой градиент  $P_{O_2}$  по высоте его слоя. Не может быть равновесным при таких обстоятельствах и межфазное распределение водорода в системе газовая фаза – флюс – металл в процессе плавки ЭШП.

Следует признать некорректными попытки авторов некоторых работ оценивать газозащитные свойства флюсов по ходу ЭШП с помощью коэффициента распределения водорода между флюсом и металлом. Нами проведено сравнение плавочных и равновесных величин  $K_H$  [5, 6, 8], который подтверждает вывод о том, что состояние процессов, определяющих межфазное распределение водорода в системах ЭШП, далеко от равновесных.

**Цель.** Определить термодинамические и кинетические особенности и механизм межфазного распределения водорода в процессах электрошлакового переплава сталей.

**Методика.** Нами в работе [7, 9, 10] предложен количественный параметр относительной водородопроницаемости  $Q_H$  флюсовых расплавов (для заданных и неизменных условий проведения плавки) в виде

$$Q_H = ([H]_{исх} + (\Delta[H])_{фл}) / [H]_{исх}, \quad (1)$$

где  $[H]_{исх}$  – исходное содержание водорода в переплавляемом электроде, а  $(\Delta[H])_{фл}$  – разница между  $[H]_{исх}$  и значением  $[H]$  в слитке переплавленного металла. Тогда обобщенная характеристика скорости межфазного перехода водорода из газовой фазы в переплавляемый металл, заданная соотношением (1), оказалась бы связанной с  $P_{H_2O}$  уравнением типа  $Q_H = k \cdot P_{H_2O}$ , в котором  $k$  – коэффициент пропорциональности.

Водородопроницаемость флюсового расплава оценивалась с помощью двух параметров  $Q_H$  и  $Q_H^\circ$  [6, 7]. Параметр  $Q_H$ , определяемый соотношением (1), характеризует относительную водородопроницаемость флюсовой фазы в процессах ЭШП. С целью исключения зависимости  $Q_H$  от  $P_{H_2O}$  нами предложен стандартный параметр водородопроницаемости флюсов  $Q_H^\circ$ , рассчитываемый из равенства

$$Q_H^\circ = Q_H \cdot (P_{H_2O}^\circ / P_{H_2O})^{0.5}, \quad (2)$$

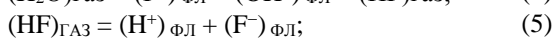
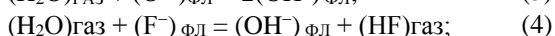


где  $P_{H_2O}$  – парциальное давление паров воды в рабочей (цеховой) атмосфере при проведении плавки ЭШП;  $P^{\circ}_{H_2O}$  – парциальное давление паров воды при принятых нами стандартных условиях: 25°C и 50 % относительной влажности атмосферного воздуха ( $1,58 \cdot 10^3$  Па).

Следует заключить, что процесс перехода водорода из газовой фазы в переплавляемый металл в условиях ЭШП является кинетическим процессом. С учетом кинетики гетерогенных реакций рассматриваемый процесс можно представить как совокупность следующих основных последовательно протекающих стадий.

1. Массопередача  $H_2O$  из объема газовой фазы к верхней поверхности флюсового расплава.

2. Химические реакции на межфазной границе газ – флюс типа



3. Молекулярная диффузия водородосодержащих ионов ( $OH^-$  и  $H^+$ ) через диффузионный слой во флюсовом расплаве (вблизи границы газ – флюс).

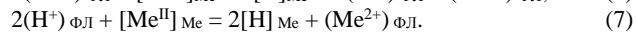
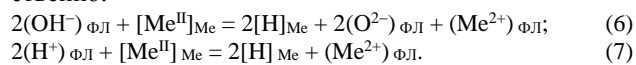
4. Массопередача ионов  $OH^-$  и  $H^+$  (или, что то же самое, растворенных во флюсе  $H_2O$  и  $HF$ ) через слой флюсового расплава к нижней его поверхности.

5. Молекулярная диффузия ионов  $OH^-$  и  $H^+$  (или, что то же самое, растворенных во флюсе  $H_2O$  и  $HF$ ) во

флюсе через диффузионный слой вблизи его границы с металлом.

6. Окислительно-восстановительные химические реакции на межфазной границе флюс – металл типа

7. Диффузионный отвод продуктов реакции (6) и (7) вглубь металлической и флюсовой фаз соответственно.



**Результаты и их обсуждение.** Для воздействия на кинетику процесса межфазного распределения водорода в системах ЭШП оказывается важным выявление лимитирующей стадии из приведенного выше ряда. Специальных исследований, посвященных выяснению данного процесса, до сих пор не предпринималось. Высказанные по этому поводу в работах [2–4] предположения не подкреплены специальным экспериментом и не согласуются между собой. Для выявления лимитирующей стадии в кинетическом процессе межфазного перехода водорода по ходу плавки представлялось целесообразным провести и такую серию экспериментов, в которой изменялся бы состав флюсового расплава и состав металлической фазы. С этой целью в отдельной группе опытов в производственных условиях проведены плавки ЭШП с применением наиболее распространенных марок флюсов и в качестве переплавляемого металла стали четырех различных марок (08X18H10T, 12X18H10T, 40XH и 15X2HMA). Результаты этих исследований приведены в табл. 1.

**Таблица 1.** Условия проведения и результаты опытных плавки по определению величин  $(\Delta [H])_{ФЛ}$ ,  $Q_H$  и  $Q^{\circ}_H$  для расплава флюса АНФ-6 при переплаве различных сталей

Номер плавки	Марка стали	Кол-во плавки	$P_{H_2O} \cdot 7,5 \cdot 10^{-3}$ , Па	$[H]$ , $см^3/100$ г	$(\Delta [H])_{ФЛ}$ , $см^3/100$ г	$Q_H$	$Q^{\circ}_H$
1	08X18H10T	6	15,0	8,3	+2,6	1,31	1,32
2	08X18H10T	8	5,5	7,6	-1,6	0,79	1,33
3	12X18H10T	3	17,7	8,2	+2,8	1,34	1,26
4	12X18H10T	3	15,8	8,3	+2,5	1,30	1,29
5	40XH	2	8,4	1,8	+3,6	3,00	4,09
6	40XH	4	6,3	1,8	+3,2	2,78	4,37
7	15X2HMA	3	19,2	1,8	+2,8	2,57	2,32
8	15X2HMA	3	11,3	1,8	+1,0	2,05	2,41

Скорость первой из указанных выше стадий в стационарном режиме, как можно показать, должна быть пропорциональна концентрации водяных паров в рабочей атмосфере установки ЭШП или, что то же самое для рассматриваемого случая, величине  $P_{H_2O}$  цеховой атмосферы.

Если допустить, что лимитирующей стадией является стадия 1, то параметр  $Q_H$  не зависел бы ни от состава флюсового расплава, ни от состава переплавляемого металла. Все из приведенных условий находятся в противоречии с опытными данными. Из табл. 1 видно, что величина  $Q_H$  пропорциональна  $P_{H_2O}$  и, кроме того, зависит от состава флюсовой фазы и от состава переплавляемой стали. Все это вместе взятое позволяет заключить, что стадия 1 в условиях ЭШП не является лимитирующей.

Для лимитируемости анализируемого процесса стадией 2, т.е. скоростью протекания химических реакций (3)...(5), возможно вывести следующее обобщенное соотношение:

$$Q_H = k P_{H_2O}^n, \quad (8)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности, а  $n$  – усредненный для трех реакций порядок по  $H_2O$ . Параметр  $n$  уравнения (8) должен зависеть от состава флюсового расплава и быть нечувствительным к составу металлической фазы. Однако это не подтверждается опытными данными табл.1:  $n$  для всех вариантов проведения плавки – величина постоянная ( $n \cong 0,5$ ), не зависящая от состава флюсов.

Из существа уравнений (1) и (2) следует, что при  $Q^{\circ}_H < 1$  процесс ЭШП сопровождается дегазацией металла. С другой стороны, показатель  $Q^{\circ}_H$  позволяет выявить и зависимость величины  $n$  уравнения (8) от состава металла. В том случае, если таковая отсутствует, величина  $Q^{\circ}_H$  должна быть одинаковой (в пределах какой-то экспериментальной погрешности) для всех марок сталей, переплавляемых способом ЭШП.

Из данных табл. 1, прежде всего, следует, что величины  $(\Delta [H])_{ФЛ}$  и  $Q^{\circ}_H$  количественно характеризующие кинетику межфазного распределения водорода в



системе газ – флюс – металл при электрошлаковом переплаве, зависят от состава металлических фаз. Кроме того, для каждой из четырех исследованных сталей величина  $Q_H$  пропорциональна  $(P_{H_2O})^{0,5}$ .

Так, для вариантов плавов 7 и 8 стали марки 15X2HMA (см. табл. 1) парциальные давления водяных паров в цеховой атмосфере составляли  $1,94 \cdot 10^3$  и  $1,14 \cdot 10^3$  Па, чему отвечает значение  $((P_{H_2O})_7 / (P_{H_2O})_8)^{0,5}$  равное 1,30. Отношение же  $(Q_H)_7 / (Q_H)_8$  для рассматриваемых групп плавов, рассчитанное по опытным данным табл. 1, равно 1,25. Для вариантов плавов 1 и 2 (сталь марки 08X18H10T) наблюдается еще лучшее согласование выбранных отношений:  $((P_{H_2O})_1 / (P_{H_2O})_2)^{0,5} = 1,65$  и  $(Q_H)_1 / (Q_H)_2 = 1,66$ .

Из приведенных фактов, прежде всего следует, что в плавках с неизменным составом флюса при достаточно малых значениях  $P_{H_2O}$  в газовой фазе содержание водорода в готовом металле может быть меньшим по сравнению с таковым в исходных электродах (см. варианты 1 и 2 в табл. 1). Отмеченная закономерность дает возможность по нескольким или одной из проведенных плавов (с известным  $P_{H_2O}$ ) с помощью выражения (2) определить необходимую степень осушки газовой фазы в установке ЭШП для исключения наводороживания металла. Рассмотрение же численных значений величин  $Q^{\circ}_H$ , также приведенных в обсуждаемых опытных данных (см. табл. 1), позволяют утверждать, что приведенный показатель наводороженности металла в большей степени зависит от состава последнего. При этом следует отметить, что данные табл. 1 вполне корректны. Так, для сталей марок 08X18H10T и 12X18H10T, близких по составу, получены и близкие значения  $Q^{\circ}_H$ .

Таким образом, совместное рассмотрение экспериментальных результатов по водородопроницаемости флюсовых расплавов, приведенных в табл. 1 приводит к выводу, что вторая стадия рассматриваемого гетерогенного процесса межфазного переноса водорода в процессах ЭШП не является лимитирующей.

Стадии 3 и 5 сходны между собой и связаны с молекулярной диффузией водорода в флюсовом расплаве. В случае лимитируемости одной из этих скоростей всего процесса межфазного распределения водорода в

плавках ЭШП величина  $Q^{\circ}_H$  зависела бы от состава флюса и была бы нечувствительна к природе переплавляемого металла. Последнее, как уже отмечено, с опытными данными не согласуется. Кроме того, как показано в сообщении [11, 12], коэффициент молекулярной диффузии водорода в расплавах фторидно-оксидных флюсов исключительно высок (в среднем  $1,1 \cdot 10^{-4}$  см/с). Все это вместе взятое позволяет заключить, что стадии 3 и 5 не могут быть лимитирующими. Лимитируемость рассматриваемого процесса стадией 7 еще более маловероятна, поскольку скорости диффузионных процессов в жидких металлах намного превосходят таковые в шлаковых расплавах [12].

В табл. 1 сведены полученные нами (см. также [13, 14] данные по политермам динамической вязкости  $\eta$  расплавов флюсов различных марок. Из указанных данных можно видеть, что при температурах выше 1600...1650 °С (т.е. в области рабочих температур электрошлакового переплава сталей) флюсы оказываются уже настолько перегретыми (и соответственно структурно разупорядоченными), что их вязкость с дальнейшим ростом температуры остается практически неизменной. Определенные по политермам величины вязкости для исследованных флюсов при 1700 °С с выходом на горизонтальные участки температурных зависимостей  $\eta$  всех исследованных флюсов приведены в табл. 2. Рассматривая совместно величины  $\eta$  и  $Q^{\circ}_H$ , можно видеть (см. табл. 2), что стандартная водородопроницаемость фторидно-оксидных расплавов флюсов ЭШП оказывается не связанной с их вязкостью. Так, вязкость расплавленного флюса марки АНФ-7 при 1700 °С составляет только 0,004 Па·с, вязкость при той же температуре флюса АН-291 – на порядок величины больше (0,045 Па·с). Однако отношение соответствующих им величин  $Q^{\circ}_H$  составляет ~1,5. В общем же, несмотря на то, что минимальные и максимальные величины  $\eta$  для приведенных в табл. 2 флюсов отличаются друг от друга более чем в 20 раз, а отвечающие им значения стандартной водородопроницаемости – величины одного порядка.

**Таблица 2.** Результаты опытных плавов по определению величин  $Q^{\circ}_H$  для расплавов флюсов ЭШП при переплаве стали 12X18H10T

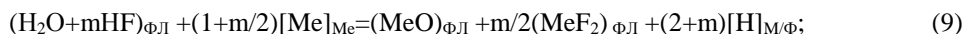
№ флюса	Марка флюса	Содержание основных компонентов во флюсах, мас. %					Вязкость флюса при 1700°С, Па·с	$Q^{\circ}_H$
		CaF <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>		
1	АНФ-6	59,4	4,8	—	30,8	1,0	0,022	1,19
2	АНФ-7	79,6	19,9	—	—	—	0,004	1,58
3	АНФ-13	54,4	16,6	—	22,0	6,5	0,016	1,13
4	АНФ-14	68,3	3,2	—	12,5	15,4	0,003	0,95
5	АНФ-25	52,6	13,5	13,5	16,0	2,5	0,020	1,36
6	АНФ-28	46,7	27,3	—	1,6	23,0	0,020	1,26
7	АНФ-29	40,4	25,6	3,5	15,1	13,0	0,012	1,39
8	АНФ-291	16,3	22,8	20,6	38,2	1,5	0,045	1,05

Полученный результат по отсутствию связи между  $\eta$  и  $Q^{\circ}_H$  для жидких флюсов в процессах ЭШП представляется неожиданным, поскольку до сих пор предполагалось, что кинетика наводороживания переплавляемого металла лимитируется процессами массопередачи водорода в жидких флюсах. В последнем же

случае, как показано в монографии [14] применительно к металлургическим оксидным шлакам, вязкость расплавов оказывается решающим фактором, определяющим водородопроницаемость. Приведенные доводы позволяют предположить, что массоперенос водорода во флюсовом расплаве (стадия 4) не являет-

ся лимитирующим этапом многостадийного кинетического процесса межфазного распределения водорода в системе газ – флюс – металл в процессе ЭШП.

Анализ всей совокупности имеющихся в литературе и полученных нами экспериментальных данных по изучению особенностей поведения водорода в процессе ЭШП позволяет заключить, что уровень наводороженности переплавляемого металла, в основном, определяется скоростью протекания химических реакций взаимодействия растворенных во флюсе содержащих водород окислительных газов ( $H_2O$  и  $HF$ ) с относительно легко окисляющимися компонентами металлической ванны (стадия 6). Нами ранее [5, 6] показано, что в расплавах фторидно-оксидных флю-



Возможно, предположить далее, что в этом процессе лимитирующим этапом является реакция (9), скорость протекания которой лимитируется собственно химическим актом. С другой стороны, скорость протекания реакции (9) определяет уровень стационарной концентрации атомарного водорода на рассматриваемой межфазной границе –  $(2+m)[H]_{\text{МФ}}$ . Соотношение между последним, задающим термодинамический стимул растворения водорода в металлической ванне плавки, и уровнем исходной наводороженности переплавляемого металла определяет, в конечном итоге, уровень текущей наводороженности переплавляемого металла в процессе ЭШП. При этом металл может как дополнительно наводороживаться за счет преимущественного протекания реакции (11), так и частично дегазироваться за счет преимущественного протекания в обратном направлении реакций (11) и (9).

Таким образом, решающее влияние на механизм процессов межфазного перехода водорода в электрошлаковых переплавных процессах оказывает реакция (9). Из всей совокупности приведенных выше опытных данных можно также видеть, что при принятой технологии ЭШП (с применением фторидно-оксидных флюсов) реакция (9), лимитирующая скорость гетерогенного процесса межфазного распределения водорода, протекает обратимо. Подавление этой реакции или ее торможение (в соответствии с предложенным механизмом) допускают принци-

пов, контактирующих с парами  $H_2O$ , растворяются одновременно  $H_2O$  и  $HF$ . Соотношение их концентраций в жидком флюсе определяется как составом флюса, так и его температурой. Поэтому в общем случае растворенные во флюсе  $H_2O$  и  $HF$  могут быть представлены как обобщенный реагент вида  $(H_2O + mHF)$ , в котором  $m$  – коэффициент, характеризующий соотношение этих газов в конкретном расплаве.

С учетом отмеченных обстоятельств процессы взаимодействия растворенных в жидкой шлаковой фазе водородсодержащих газов с наиболее активными окисляющимися компонентами ( $Me^{\text{II}}$ ) металлической ванны (на межфазной границе флюс – металл) можно представить следующими схемами:

альную возможность не только исключения наводороживания металла при ЭШП, но и возможность его значительной дегазации (по водороду) в ходе плавки. Вместе с тем следует отметить, что дополнительным резервом снижения потока поступающего в переплавляемый металл водорода является возможность стимулирования протекания реакции (10) в прямом направлении. Эффективность такого приема значительно возрастает, если одновременно с ускорением процесса (10) будет в значительной мере кинетически заторможен процесс (11).

**Выводы.** Рассмотрены особенности кинетики и механизма отдельных стадий процесса межфазного перехода водорода в системах ЭШП с привлечением всего комплекса полученных в работе и литературных данных. Сделано заключение, что лимитирующей стадией кинетики процесса является окислительно-восстановительная реакция, протекающая на межфазной границе флюс-металл с участием растворенных во флюсовом расплаве водородсодержащих газов ( $H_2O$  и  $HF$ ) и легко окисляющихся компонентов металлической фазы. Установлено, что лимитирующая межфазная реакция протекает обратимо и допускает принципиальную возможность проведения ЭШП сталей, как с дополнительным наводороживанием металла, так и со значительным удалением из него водорода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кожухарь В.Я. Водородопроницаемость расплавов стандартных и опытных фторидно-оксидных флюсов / В.Я. Кожухарь, О.Н. Романов, И.А. Новохатский, В.В. Брем // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1998. – № 3. – С. 23-26.
2. Медовар Б.И. К вопросу об электрошлаковой выплавке крупнотоннажных заготовок из высоколегированных сталей и заготовок / Б.И. Медовар, Л.Б. Медовар, А.К. Цыгуленко [и др.] // Проблемы специальной электрометаллургии. – 1999. – № 2. – С. 26-30.
3. Кожухарь В.Я. Влияние добавок соединений гидридообразующих элементов на водородозащитные свойства флюсов / В.Я. Кожухарь, В.В. Брем, Ю.М. Елутатов // Труды Одесского политехн. ун-та. – Одесса, 2000. – № 1(10). – С.192-196.
4. Кожухарь В.Я. Взаимодействие водяного пара и водородосодержащих газов со шлаками / В.Я. Кожухарь, В.В. Брем, А.С. Абеленцева // Труды Одесского политехн. ун-та. – Одесса, 2007. – № 2(28). – С.220-223.
5. Брем В.В. Розчинність водню у фторидно-оксидних розплавах: [монографія] / В.В. Брем, В.Я. Кожухар. – Одеса: Астропринт, 2008. – 124 с.
6. Брем В.В. Проникність водню у фторидно-оксидних розплавах: [монографія] / В.В. Брем, В.Я. Кожухар. – Одеса: Екологія, 2010. – 108 с.
7. Брем В.В. Проникність водню у фторидно-оксидних розплавах різних систем / В.В. Брем, В.Я. Кожухар, І.В. Дмитренко // Вісник Нац. технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. «Хімія, хімічна технологія та екологія». – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – № 10. – С. 94-102.
8. Брем В.В. Визначення вмісту водню у фторидно-оксидних флюсах / В.В. Брем, С.П. Буга // Праці Одеського політехнічного університету. – Одесса, 2008. – № 1(10). – С. 10-14.

- хнічного університету. – Одеса, 2013. – № 3(42). – С. 190-195.
9. Брем В.В. Підготовка проб рідкого флюсу для газового аналізу після переплаву сталей / В.В. Брем, І.В. Дмитренко, С.П. Буга, І.В. Шаповал // Збірник наукових праць VII МНТК "Сучасні проблеми технології неорганічних речовин та ресурсозбереження". – Дніпропетровськ. – 2015 р. – С. 85.
  10. Брем В.В. Відбір проб рідкого флюсу для газового аналізу на вміст водню / В.В. Брем, В.Я. Кожухар, Л.В. Іванченко, І.В. Дмитренко, С.П. Буга // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Sciences, 2015, III(5), Is. 41, С. 57-62.
  11. Кожухарь В.Я. Диффузия водорода во фторидно-оксидных расплавах / В.Я. Кожухарь, В.В. Брем, Ю.М. Епутатов // Труды Одесского политехн. ун-та. – Одесса, 1998. – № 1(5). – С. 248-251.
  12. Брем В.В. Властивості фторидно-оксидних флюсів: [монографія] / В.В. Брем. – Одеса: Екологія, 2010. – 328 с.
  13. Брем В.В. Вплив добавок на в'язкість фторидно-оксидних розплавів / В.В. Брем, В.Я. Кожухар, І.В. Дмитренко // Вісник Нац. технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. «Хімія, хімічна технологія та екологія». – Харків: НТУ «ХПІ», 2010. – № 10. – С. 85-94.
  14. Кожухарь В.Я. Розроблення теоретичних основ і технології одержання нових складів флюсів: [монографія] / В.Я. Кожухар, В.В. Брем, І.В. Дмитренко, Л.В. Іванченко. – Одеса: Екологія, 2017. – 268 с.

#### REFERENCES

1. Kozhuhar, V.Ya. Hydrogen permeability of melts of standard and experimental fluoride oxide fluxes / V.Ya. Kozhuhar, O.N. Romanov, I.A. Novohatskiy, V.V. Brem // Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya. – 1998. – № 3. – P. 23-26.
2. Medovar, B.I. On the issue of electroslag smelting of large-tonnage billets from high-alloy steels and blanks / B.I. Medovar, L.B. Medovar, A.K. Tsykulenko [at all] // Problemy spetsialnoy elektrometallurgii. – 1999. – № 2. – P. 26-30.
3. Kozhuhar, V.Ya. The effect of additives of hydride-forming elements on the water-protective properties of fluxes / V.Ya. Kozhuhar, V.V. Brem, Yu.M. Eputatov // Odes'kyi Politechnichniy Universytet. Pratsi. – Odesa, 2000. – № 1(10). – P.192-196.
4. Kozhuhar, V.Ya. Interaction of water vapor and hydrogen-containing gases with slags / V.Ya. Kozhuhar, V.V. Brem, A.S. Abelentseva // Odes'kyi Politechnichniy Universytet. Pratsi. – Odesa, 2007. – № 2(28). – P.220-223.
5. Brem, V.V. Solubility of hydrogen in fluoride-oxide melts: [monograph] / V.V. Brem, V.Ya. Kozhuhar. – Odesa: Astroprint, 2008. – 124 p.
6. Brem, V.V. Permeability of hydrogen in fluoride-oxide melts: [monograph] / V.V. Brem, V.Ya. Kozhuhar. – Odesa: Ekologiya, 2010. – 108 p.
7. Brem, V.V. Permeability of hydrogen in fluoride-oxide melts of different systems / V.V. Brem, V.Ya. Kozhuhar, I.V. Dmitrenko // Visnik Nats. tehničnogo universitetu «HPI». Zbirnik naukovih prats. «Himiya, himichna tehnologiya ta ekologiya» – Harkiv: NTU «HPI», 2010. – № 10. – P. 94-102.
8. Brem, V.V. Determination of hydrogen content in fluoride-oxide fluxes / V.V. Brem, S.P. Buga // Odes'kyi Politechnichniy Universytet. Pratsi. – Odesa, 2013. – № 3(42). – P.190-195.
9. Brem, V.V. Preparation of samples of liquid flux for gas analysis after steel remelting / V.V. Brem, I.V. Dmitrenko, S.P. Buga, I.V. Shapoval // Zbirnik naukovih prats VII MNTK "Suchasni problemi tehnologiyi neorganschnih rečovin ta resursozbezheniya". – Dnipropetrovsk, 2015 r. – p. 85.
10. Brem, V.V. Sampling of liquid flux for gas analysis of the hydrogen content / V.V. Brem, V.Ya. Kozhuhar, L.V. Ivanchenko, I.V. Dmitrenko, S.P. Buga // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Sciences, 2015, III(5), Is. 41, P. 57-62.
11. Kozhuhar, V.Ya. Diffusion of hydrogen in fluoride-oxide melts / V.Ya. Kozhuhar, V.V. Brem, Yu.M. Eputatov // Odes'kyi Politechnichniy Universytet. Pratsi. – Odesa, 1998. – № 1(5). – P. 248-251.
12. Brem, V.V. Properties of fluoride-oxide fluxes: [monograph] / V.V. Brem. – Odesa: Ekologiya, 2010. – 238 p.
13. Brem, V.V. Influence of additives on the viscosity of fluoride-oxide melts / V.V. Brem, V.Ya. Kozhuhar, I.V. Dmitrenko // Visnik Nats. tehničnogo universitetu «HPI». Zbirnik naukovih prats. «Himiya, himichna tehnologiya ta ekologiya» – Harkiv: NTU «HPI», 2010. – № 10. – P. 85-94.
14. Kozhuhar, V.Ya. Development of theoretical bases and technology for obtaining new flux composition: [monograph] / V.Ya. Kozhuhar, V.V. Brem, I.V. Dmitrenko, L.V. Ivanchenko. – Odesa: Ekologiya, 2017. – 268 p.

#### Interphase distribution of hydrogen in the processes of steels electroslag remelting

V. V Brem, V. Ya Kozhuhar, I. V. Dmitrenko, L. V. Ivanchenko

**Abstract.** To obtain steels with a reduced hydrogen content as a result of the remelting, was determined a mechanism of the interphase distribution of it in the gas-flux-metal system. It was established that the limiting stage of the process' kinetics, proceeding at the interface, is the oxidation-reduction reaction with hydrogen-containing gases and metal phase components. The control of the limiting stage makes it possible to obtain high-quality products as a result of remelting.

**Keywords:** hydrogen distribution, electroslag remelting, flux, kinetics, mechanism, limiting stage.

#### Межфазное распределение водорода в процессах электрошлакового переплава сталей

В. Я. Кожухарь, В. В. Брем, И. В. Дмитренко, Л. В. Иванченко

**Аннотация.** Для получения в результате переплава сталей с пониженным содержанием водорода определен механизм межфазного распределения его в системе газ – флюс – металл. Установлено, что лимитирующей стадией кинетики процесса, протекающей на межфазной границе, является окислительно-восстановительная реакция с участием водородосодержащих газов и компонентов металлической фазы. Управление лимитирующей стадией позволяет получить в результате переплава изделия высокого качества.

**Ключевые слова:** распределение водорода, электрошлаковый переплав, флюс, кинетика, механизм, лимитирующая стадия

## ECOLOGY

### До питання вибору проекцій екологічного картографування транскордонних територій Західного Полісся

В. М. Мельник, Н. В. Муляр, В. Л. Расюн

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

Paper received 27.08.17; Revised 02.08.17; Accepted for publication 05.09.17.

**Анотація.** Розглянуті питання теоретичного вибору проекцій для екологічного картографування транскордонних територій регіону Західне Полісся. Обґрунтована варіавалентна проекція, в якій окрім географічних координат враховується додатковий параметр, який характеризується широтним поширенням. Для акцентованого відображення досліджуваних екологічних факторів пропонується застосовувати псевдоазимутальну проекцію. З метою оптимального екологічного картографування обґрунтована псевдоциліндрична проекція з пристосованими ізоколами. В статті подано теоретичне обґрунтування запропонованих підходів.

**Ключові слова:** Західне Полісся, картографічна проекція, проекція Сансона, псевдоазимутальна проекція, анаморфоване відображення, нетрадиційні картографічні проекції.

**Вступ.** Внаслідок індустріалізації та урбанізації, виснаження традиційних енергетичних і сировинних ресурсів, постійного зростання демографічного навантаження на природу суттєво порушується природний екологічний баланс. Відповідно актуальною є проблема визначення екологічного стану країн світу та їх окремих регіонів. Набувають особливого значення проведення комплексу заходів із виявлення фактичного стану екології, величин екологічного навантаження, прийняття ефективних заходів із покращення екологічної ситуації, яка є актуальною для екологічних умов Західного Полісся. Успішне вирішення цих задач можливе тільки на основі створення та використання системи спеціальних карт, оскільки лише карти можуть забезпечити відображення і отримання строго локалізованої в просторі різноманітної просторової інформації.

Вказані проблеми потребують негайного і своєчасного вирішення, саме тому потрібні поглиблені дослідження, зокрема картографічні.

**Аналіз останніх публікацій.** В сучасній картографічній літературі є обмаль публікацій з суто математичної картографії. Відсутні дослідження з питань теоретичного обґрунтування отримання змінно-масштабних варіавалентних та анаморфованих проекцій. Деякі питання цих проекцій розглянуто в роботах [2, 3]. В роботі [13] дослідження виконані в класичному стилі й акцентуються на встановленні характеру розподілу спотворень в межах певного регіону.

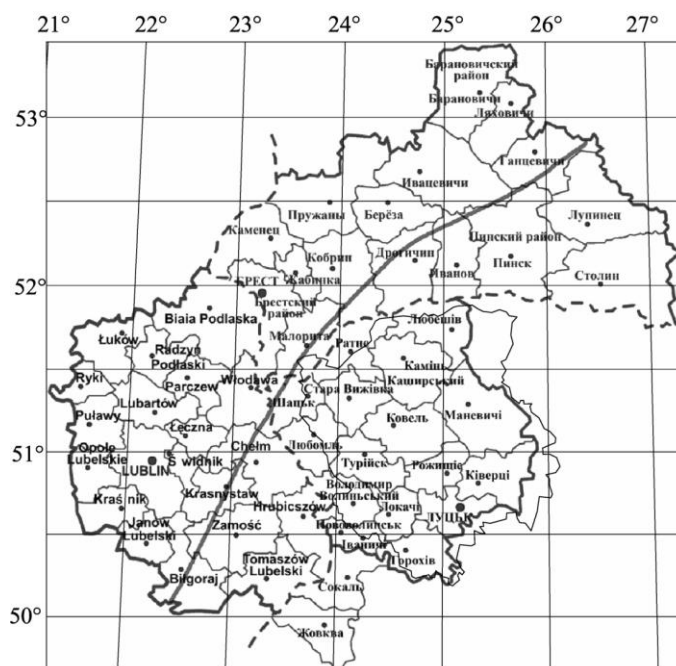
Перспективними є методи [8] застосування варіавалентних принципів в оптимізації картографічних проекцій для України та її окремих регіонів. Ця стаття є продовженням досліджень, виконаних в роботах [2, 3].

**Мета.** Метою даної статті є розробка нетрадиційних картографічних проекцій екологічної оцінки транскордонних територій Західного Полісся. Цей регіон радіоекологічно уражений унаслідок аварії на ЧАЕС, має місце негативний вплив на гідрологічний стан Шацьких озер (Україна) розробка Хотиславського кар'єру (Білорусь), спостерігається значне хімічне і промислове забруднення території "Сврорегіон – Буг" (Польща).

#### Виклад основного матеріалу

**1. Рівновелика проекція, яка зберігає довжину на задані кривій.** У випадку, коли територія, що картографується, має складні обриси, з метою забезпечення мінімальних спотворень у межах цієї території, потрібно забезпечити відсутність спотворень на її середній лінії. Подібні задачі розв'язуються в два етапи. На першому етапі знаходять значення частинних масштабів довжин у точках картографованої території за заданим постійним значенням частинного масштабу довжин на заданій кривій. На другому за відомим алгоритмом математичної картографії обчислюються прямокутні координати вузлових точок картографічної сітки, а також частинні масштаби і величини спотворень.

Розглянемо рівновелику проекцію, що зберігає довжину за заданою кривою. За вихідну взята відома псевдоциліндрична проекція Сансона.



Її математико-картографічну модифікацію подамо з використанням степеневі апроксимації у вигляді:

$$\begin{aligned} x &= R \left[ \varphi + \sum a_i (\lambda \cos \varphi)^i \right]; \\ y &= R \lambda \cos \varphi. \end{aligned} \quad (1)$$

Частинні прохідні:

$$\begin{aligned} x_\varphi &= R \left[ 1 - \lambda \sin \varphi \sum i a_i (\lambda \cos \varphi)^{i-1} \right]; \\ y_\varphi &= -R \lambda \sin \varphi; \\ x_\lambda &= R \sum i a_i \cos \varphi^i \lambda^{i-1}; \\ y_\lambda &= R \cos \varphi. \end{aligned} \quad (2)$$

Обчислювальні експерименти показують, що оптимальна кількість коефіцієнтів дорівнює трьом. Коефіцієнти  $a_i$  в даному випадку визначаються за умови, що в точках заданої кривої  $m = 1$ .

$$m = \frac{dx}{Rd\varphi} = \frac{Rx_\varphi d\varphi}{Rd\varphi} = x_\varphi; \quad (3)$$

$$\begin{aligned} m &= 1 - \lambda \sin \varphi \sum i a_i (\lambda \cos \varphi)^{i-1}, \\ \text{або} \\ m &= 1 - \lambda \sin \varphi (a_1 + 2a_2 \lambda \cos \varphi + 3a_3 \lambda^2 \cos^2 \varphi). \end{aligned} \quad (4)$$

Для точок, в яких  $m = 1$ , отримуємо систему рівнянь:

$$y_\varphi (a_1 + 2a_2 \lambda \cos \varphi + 3a_3 \lambda^2 \cos^2 \varphi) = 0. \quad (5)$$

Результати обчислення проєкції для картографування досліджуваного регіону наведені у таблиці 1.

**Таблиця 1.** Результати обчислення проєкції для картографування досліджуваного регіону

Максимальне спотворення довжин $V_m$	0,587%
Найбільше спотворення кутів $\omega$	0,457°
Критерій $E_1^2$	0,001%
Критерій $E_2^2$	0,328%
Критерій $E_3^2$	1,008

Тут

$$\begin{aligned} V_m &= (m_{max} - 1)100\%; \\ E_1^2 &= \frac{1}{2n} \sum_1^n [(a-1)^2 + (b-1)^2]; \\ E_2^2 &= \frac{1}{n} \sum_1^n (ab-1)^2; \\ E_3^2 &= \frac{1}{n} \sum_1^n \left( \frac{a}{b} - 1 \right)^2; \end{aligned} \quad (6)$$

Де  $n$  – кількість точок, в яких обчислюються спотворення;  $a, b$  – екстремальні масштаби довжин.

**2. Псевдоазимутальна проєкція для анаморфованого відображення.** В останні роки набувають популярності методи анаморфованого картографічного відображення. Нами розглянути питання математичного обґрунтування анаморфованого відображення з використанням варіаційного підходу [3]. Така методика є доцільною, коли потрібно візуалізувати на тематичній карті пріоритетність певного явища. Окрім вище згаданого підходу можливе анаморфоване відображення з використанням модифікацій відомих проєкцій.

Розглянемо псевдоазимутальну картографічну проєкцію для випадку, коли потрібно передати виключно

ефект сферичності Землі. Застосовуються вони, як правило, в косому орієнтуванні.

Псевдоазимутальними називають проєкції, в яких паралелі відображаються концентричними колами або їх дугами, а меридіани – кривими або прямими, що сходяться в центрі паралелей. При цьому меридіани з довготами  $0^\circ, 360^\circ$  завжди відображаються прямими.

За визначенням загальні рівняння цих проєкцій мають вигляд:

$$\begin{aligned} x &= \rho \cos \delta; \\ y &= \rho \sin \delta. \end{aligned} \quad (8)$$

Нехай

$$\begin{aligned} \rho &= f_1(z); \\ \delta &= \alpha + f_2(z) \sin k\alpha, \end{aligned} \quad (9)$$

де  $k$  – сталі числа, від значення яких залежить вигляд меридіанів;  $z, \alpha$  – полярні сферичні координати, що визначаються за формулами (для проєкції кулі):

$$\begin{aligned} \sin z \cos \alpha &= \sin \varphi \cos \varphi_0 - \cos \varphi \sin \varphi_0 \cos(\lambda - \lambda_0); \\ \sin z \sin \alpha &= \cos \varphi \sin(\lambda - \lambda_0); \\ \cos z &= \sin \varphi \sin \varphi_0 - \cos \varphi \sin \varphi_0 \cos(\lambda - \lambda_0). \end{aligned} \quad (10)$$

Тут  $\varphi, \varphi_0, \lambda, \lambda_0$  – географічні координати поточних точок і точки нового полюса (однієї з точок території, що картографується) відповідно.

При  $k = 1$  прямими лініями зображуються меридіани з довготами  $0^\circ, 180^\circ, 360^\circ$ , при  $k = 1$  – довготами  $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$  і  $360^\circ$ . У випадку, коли параметр  $k$  отримує дробові значення, проєкції стають псевдоколінічними, а не псевдоазимутальними.

Представимо  $\rho = f_1(z)$  і  $f_2(\alpha)$  у вигляді:

$$\begin{aligned} \rho &= f_1(z) = R \sum_{i=1}^{c_1} \alpha_i z^i; \\ f_2(\alpha) &= \sum_{j=1}^{c_2} \beta_j \alpha^j. \end{aligned} \quad (11)$$

Формули частинних масштабів запишемо у вигляді:

$$\begin{aligned} \mu_1 &= \frac{d\rho}{Rdz} = \sum_{i=1}^{c_1} i \alpha_i z^{i-1}; \\ \mu_2 &= \frac{\rho d\delta}{R \sin z d\alpha} \\ &= \frac{\delta_\alpha \sum_{i=1}^{c_1} \alpha_i z^i}{\sin z}. \end{aligned} \quad (12)$$

Коли

$$f_2(\alpha) = \sum_{j=1}^{c_2} \beta_j \alpha^j, \quad (13)$$

то

$$\begin{aligned} \delta &= \alpha + \sum_{j=1}^{c_2} \beta_j \alpha^j \sin k\alpha, \\ \delta_\alpha &= \frac{\partial \delta}{\partial \alpha} = \left( 1 + \sum_{j=1}^{c_2} j \beta_j \alpha^{j-1} \sin k\alpha + k \cos k\alpha \sum_{j=1}^{c_2} \beta_j \alpha^j \right) \sin k\alpha. \end{aligned} \quad (14)$$

Потім вибирається точка нового полюса і за заданими умовами за наведеними формулами знаходяться постійні параметри  $\alpha_i$  і  $\beta_i$ , на основі яких обчислюється проєкція.

**3. Варіавалентна трансформація рівновеликої азимутальної проєкції Ламберта.** Для ілюстрації варіавалентної трансформації відомих картографічних проєкцій візьмемо просту рівновелику азимутальну проєкцію Ламберта. Для цієї проєкції закон розподілу

величин картографованого показника в залежності від його місця знаходження не завжди відомий. Нехай  $V(z)$  – функція розподілу явища, значення якої можуть бути подані в таблиці, але аналітичний вираз функції  $V(z)$  як правило невідомий. У такому випадку для прикладу взято формули прямої рівновеликої азимутальної проекції:

$$\begin{aligned} \rho &= 2R \sin \frac{z}{2}, \\ \delta &= \alpha, \\ x &= \rho \cos \delta, \\ y &= \rho \sin \delta. \end{aligned} \quad (15)$$

Виконаємо очевидні перетворення:

$$\begin{aligned} d\rho &= 2R \cos \frac{z}{2} \cdot \frac{1}{2} = R \cos \frac{z}{2}, \\ \rho \cdot d\rho &= 2R \sin \frac{z}{2} \cdot \cos \frac{z}{2} = R^2 \sin z. \end{aligned} \quad (16)$$

Знаходимо інтеграл:

$$\rho^2 = R\{2[\sin z(b_2 + 2b_3z + 3b_4(z^2 - 2)) - \cos(b_1 + b_2z + b_3(z^2 - 2)) + C]\}^{\frac{1}{2}}. \quad (22)$$

Стала інтегрування знаходиться за умови, що координати полюса  $X_0, Y_0$  дорівнюють нулю при  $z = 0^\circ$ .

$$C = b_1 - 2b_3. \quad (23)$$

$$X = R\{2[\sin z(b_2 + 2b_3z + 3b_4(z^2 - 2)) - \cos z(b_1 + b_2z + b_3(z^2 - 2)) + (b_1 - 2b_3)]\}^{\frac{1}{2}} \cdot \cos \alpha = R\varphi(z) \cos \alpha; \quad (24)$$

$$X = R\{2[\sin z(b_2 + 2b_3z + 3b_4(z^2 - 2)) - \cos z(b_1 + b_2z + b_3(z^2 - 2)) + (b_1 - 2b_3)]\}^{\frac{1}{2}} \cdot \sin \alpha = R\varphi(z) \sin \alpha.$$

Аналогічні вирази можна отримати для випадків апроксимування тригонометричними поліномами, поліномами Чебишева та ін.

**Висновки.** В статті виконано теоретичні дослідження обґрунтування вибору проекцій для створення екологічних карт транскордонних територій Західного Полісся. Обґрунтовано застосування рівновеликої псевдоциліндричної проекції з пристосованою ізоко-

$$\int \rho d\rho = \int R^2 \sin z dz. \quad (17)$$

Звідси

$$\rho^2 = 2R^2 \int \sin z dz. \quad (18)$$

Враховуючи функції варіавалентності і її зміни за одним аргументом  $z$ , тобто  $V(z)$ , маємо:

$$\rho^2 = 2R^2 \int V(z) \sin z dz. \quad (19)$$

Нехай  $V(z)$  має вигляд:

$$V(z) = \sum_n b_n \cdot z^{n-1} = b_1 + b_2z + b_3z^2 + \dots + b_nz^{n-1}. \quad (20)$$

Підставляємо:

$$\rho^2 = 2R^2 \int (b_1 + b_2z + b_3z^2 + \dots + b_nz^{n-1}) \sin z dz. \quad (21)$$

Обмежившись 3-4 доданками функції  $V(z)$  і виконавши інтегрування, отримаємо:

Таким чином, кінцева формула варіавалентної азимутальної проекції матиме вигляд:

лою для оптимального картографічного зображення. Із системних позицій розглянуто питання отримання екологічних карт із застосуванням псевдоазимутальної проекції анаморфованого відображення. Теоретично обґрунтована варіавалентна картографічна проекція з можливістю відображення поширення досліджуваних факторів у широтному напрямку.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Мельник В. М. Основи картографії: навч. посіб. для студентів ВНЗ. – СНУ імені Лесі Українки / В. М. Мельник. – Луцьк, 2012. – 210 с.
2. Мельник В. М. До вибору картографічних проекцій транскордонних екологічних ситуацій / В. М. Мельник, В. Л. Расюн, Н. В. Лавренчук // Геодезія, картографія і аерофотознімання: міжвідомчий науково-технічний збірник / Міністерство освіти і науки України, Національний університет “Львівська політехніка”; відповідальний редактор К. Р. Третяк. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2015. – Вип. 81. – С. 66–73.
3. Мельник В. М. Компарментальні методи картографічної оцінки урбанізованості територій та зонінгу населених пунктів / В. М. Мельник, О. В. Верешко, Л. А. Вакулюк / Science and Education a New Dimension Natural and Technical Sciences. – 2015. – III (8). – Issue 73. – P. 93–97.
4. Ба Алласан. Разработка методики создания экологических карт республики Мали: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ба Алласан. – МИИГАиК, 1993. – 33 с.
5. Донг Тхи Бить Фионг. Исследование, обоснование и разработка картографических проекций для системы карт: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Донг Тхи Бить Фионг. – М.: [б. и.], 2003. – 25 с.
6. Бугаевский Л. М. Картографические проекции / Л. М. Бугаевский, Л. А. Вахрамеева. – М.: Недра, 1992. – 292 с.
7. Бугаевский Л. М. Математическая картография: учебник для вузов / Л. М. Бугаевский. – М.: Златоуст, 1998. – 400 с.
8. Барановський В. Д. Варіаційні методи оптимізації картографічних проекцій для України та її окремих регіонів / В. Д. Барановський // Вісник геодезії та картографії. – 2006. – № 3. – С. 13–17.
9. Кочуров Б. И. Геоэкологическое картографирование: учеб.-метод. пособие / Б. И. Кочуров. – М.: Изд-во центр. “Академия”, 2009. – 192 с.
10. Гусейн-Заде С. М. Численные методы создания анаморфированных картографических изображений / С. М. Гусейн-Заде, В. С. Тикунов // Геодезия и картография. – 1990. – № 1. – С. 38–44.
11. Тикунов В. С. Моделирование в картографии / В. С. Тикунов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 405 с.
12. Вахрамеева Л. А. Математическая картография: Учеб. для вузов по спец. “Картография” / Л. А. Вахрамеева, Л. М. Бугаевский, З. Л. Казакова – М.: Недра, 1986. – 286 с.
13. Сосса Р. І. Обґрунтування вибору рівнопроміжної кінчної проекції для середньо- і дрібномасштабного картографування України / Р. І. Сосса, П. П. Король, В. У. Волошин // Вісник геодезії та картографії. – 2014. – № 4. – С. 7–13.

## REFERENCES

1. Melnyk V. M. Osnovy kartografii: navch. posib. dlia studentiv VNZ. – SNU imeni Lesi Ukrainky / V. M. Melnyk. – Lutsk, 2012. – 210 s.
2. Melnyk V. M. Do vyboru kartografichnykh proektsii transkordonnykh ekolohichnykh situatsii / V. M. Melnyk, V. L. Rasiun, N. V. Lavrenchuk // Heodeziia, kartografiia i aerofotoznimannia: mizhvidomchy nauko-tekhnichniy zbirnyk / Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy, Natsionalnyi universytet “Lvivska politekhnika”; vidpovidalnyi redaktor K. R. Tretiak. – Lviv: Vyd-vo Lvivskoi politekhniki, 2015. – Vyp. 81. – S. 66–73.
3. Melnyk V. M. Komparmentalni metody kartografichnoi otsinky urbanizovanosti terytorii ta zoninhu naselenykh punktiv / V. M. Melnyk, O. V. Vereshko, L. A. Vakuliuk / Science and Education a New Dimension Natural and Technical Sciences. – 2015. – III (8). – Issue 73. – P. 93–97.
4. Ba Allasan. Razrabotka metodyky sozdanyia ekolohicheskyykh kart respubliky Maly: avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk / Ba Allasan. – MYYNAyK, 1993. – 33 s.
5. Donh Tkhy Byt Fyonh. Yssledovanye, obosnovanye y razrabotka kartograficheskyykh proektsyi dlia systemy kart: avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk / Donh Tkhy Byt Fyonh. – M.: [b. y.], 2003. – 25 s.
6. Buhaevskiy L. M. Kartograficheskiye proektsyy / L. M. Buhaevskiy, L. A. Vakhrameeva. – M.: Nedra, 1992. – 292 s.
7. Buhaevskiy L. M. Matematycheskaia kartografiya: uchebnyk dlia vuzov / L. M. Buhaevskiy. – M.: Zlatoust, 1998. – 400 s.
8. Baranovskiy V. D. Variatsiini metody optymizatsii kartografichnykh proektsii dlia Ukrainy ta yii okremykh rehioniv / V. D. Baranovskiy // Visnyk heodezii ta kartografii. – 2006. – № 3. – S. 13–17.
9. Kochurov B. Y. Neoekolohicheskoe kartografyrovanye: ucheb.-metod. posobyie / B. Y. Kochurov. – M.: Yzd-vo tsentr. “Akademyia”, 2009. – 192 s.
10. Husein-Zade S. M. Chyslennyye metody sozdanyia anamorfyrovannykh kartograficheskyykh yzobrazheniy / S. M. Husein-Zade, V. S. Tykunov // Heodeziya y kartografiya. – 1990. – № 1. – S. 38–44.
11. Tykunov V. S. Modelyrovanye v kartografyy / V. S. Tykunov. – M.: Yzd-vo Mosk. un-ta, 1997. – 405 s.
12. Vakhrameeva L. A. Matematycheskaia kartografiya: Ucheb. dlia vuzov po spets. “Kartografiya” / L. A. Vakhrameeva, L. M. Buhaevskiy, Z. L. Kazakova – M.: Nedra, 1986. – 286 s.
13. Sossa R. I. Obgruntuvannia vyboru rivnoprizmynoi konichnoi proektsii dlia seredno- i dribnomasshtabnoho kartografuvannia Ukrainy / R. I. Sossa, P. P. Korol, V. U. Voloshyn // Visnyk heodezii ta kartografii. – 2014. – № 4. – S. 7–13.

### **К вопросу о выборе проекций экологического картографирования трансграничных территорий Западного Полесья** **В. Н. Мельник, Н. В. Муляр, В. Л. Расын**

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы теоретического выбора проекций для экологического картографирования трансграничных территорий региона Западное Полесье. Обоснована вариавалентная проекция, в которой кроме географических координат учитывается дополнительный параметр, который характеризуется широтным распространением. Для акцентированного отображения исследуемых экологических факторов предлагается применять псевдоазимутальную проекцию. С целью оптимального экологического картографирования обоснована псевдоцилиндрическая проекция с приспособленными изоколами. В статье представлено теоретическое обоснование предложенных подходов.

**Ключевые слова:** Западное Полесье, картографическая проекция, проекция Сансона, псевдоазимутальная проекция, анаморфированное отображение, нетрадиционные картографические проекции.

### **Methodological principles of fractal-texture analysis of images and surfaces according to TLS data**

**V. M. Melnik, N. V. Mulyar, V. L. Rasyun**

**Abstract.** The questions of theoretical choice of projections for ecological mapping of transboundary territories of the Western Polissya region are considered. A variational projection is justified in which, in addition to geographic coordinates, an additional parameter, which is characterized by latitudinal distribution, is taken into account. For the accented reflection of the investigated environmental factors, it is proposed to apply a pseudo azimuthal projection. For the purpose of optimal ecological mapping a pseudocylindrical projection with adapted isocols is substantiated. The article gives a theoretical substantiation of the proposed approaches.

**Keywords:** Western Polissya, cartographic projection, Sanson projection, azimuthal projection, anamorphic mapping, untraditional cartographic projections.

## INFORMATION TECHNOLOGY

# Conceptual Fundamentals for Ontological Simulation of Chinese Image Medicine as a Promising Component of Integrative Medicine

S. A. Lupenko, O. R. Orobchuk, A. V. Pavlyshyn

Ternopil Ivan Pului National Technical University; I.Ya. Horbachevsky Ternopil State Medical University

Paper received 12.07.17; Revised 17.07.17; Accepted for publication 20.07.17.

**Abstract.** The urgent matter and development of conceptual foundations for ontological simulation of Chinese Image Medicine as a promising component of integrative medicine is substantiated in the article. The comprehensive concept of Chinese Image Medicine as a fundamental for ontological simulation is developed. A unified formal ontological model and language of Chinese Image Medicine, informational environment of its presentation are established. An example of ontological fragment implementation into the Protégé environment is provided.

**Keywords:** *ontology, ontological simulation, onto-based informational systems, integrative medicine, Chinese Image Medicine.*

**Introduction.** According to the strategy of the World Health Organization for alternative medicine [1] regulations of the Ministry of Health of Ukraine [2], the development of evidence-based approach to the implementation of alternative and complementary medicine into the formal medicine internationally and nationally is an important strategic challenge. Currently in most countries, as well as the USA, China, Japan, Korea, Russia and many European countries, Brazil, a significant revival of scientific research in unconventional (alternative, complementary) methods of rehabilitation and treatment of humans that have become an important component of integrative medicine is evidenced [3-7]. Integrative medicine is based on the principles of evidence-based medicine; a unique, holistic (universal) approach to the patient and individual standards is applied; it is focused on prevention and health improvement by enhancing the internal capacity of the body; its priority is safety (minimum of side effects), effectiveness and efficiency of medical intervention. Integrative medicine is a trend in medicine when for diagnosis and treatment of human diseases a complementary combination of techniques and methods of contemporary Western medicine and traditional medical practices (e.g. traditional Chinese medicine, Indian Ayurveda, Tibetan medicine) is used. Integrative medicine has been developing around the world since the 90s of the XX century. In the USA, the Academic Consortium for Integral Medicine and Health, National Centre for Complementary and Integrated Health (NCCIH) were established, as well as in 2001 the Institute of Integrative Medicine was opened at Harvard.

In China, integrative medicine has become an integral part of public health successfully combining the achievements of Western medicine and traditional Chinese medicine. Traditional Chinese medicine (TCM) is rooted in the ancient historical reality and includes naturopathy (treatment with products of natural origin, phytotherapy), qigong, meditation, massage, special diets, acupuncture. The methods and means of Chinese Image Medicine (CIM), which is a part of TCM and its historical roots reach the antiquity of Chinese civilization, are of great interest of scientific research. Nowadays CIM gained a new powerful impetus for its distribution and development worldwide, including the USA, Canada, Germany, Switzerland, China, Russia, Ukraine, Belarus, Brazil, Latvia, Estonia, Czech Republic, Slovakia and Hungary. A world famous centre for studying and research in Chinese Image Medicine is Beijing “Kundawell” Medical Research Institute (China).

CIM is holistic (universal) medicine that provides com-

prehensive diagnosis and treatment of a patient in all its fundamental ontological levels: physical, energy, informational as well as emotional and spiritual (psychic, mental) taking into account their strong relationship to and influence of natural surrounding and social environment on human. CIM is focused on stimulating the energy and informational resources of the human body and mobilization of spiritual and mental dimensions as important factors of curing and healthy lifestyle. When establishing diagnosis and choice of treatment method, an important emphasis is on individual characteristics of human life and diseases course in relationship with surrounding physical, psychological and social environment. CIM features are: significant efficacy (effectiveness), safety (non-invasiveness, no side effects), efficiency (relatively cheap), and ease of learning and use of diagnostic and therapeutic methods. Effectiveness of CIM is confirmed by positive therapeutic effects on a wide range of diseases, including incurable disease in terms of Western medicine. The highest effectiveness of CIM was presented in treatment of: chronic bronchitis, asthma, chronic nephritis, intervertebral hernia in various parts of spine, impotence, chronic prostatitis, uterine fibroids, chronic gastrointestinal disorders, chronic gastritis, Crohn’s disease, eye diseases, hypertension, myocardial infarction, atherosclerosis, myocardial ischemia, ICP, arrhythmia.

Taking into account the ancient Chinese origin of CIM, the most of its diagnostic and therapeutic methods are of purely empirical and unstructured nature, and knowledge is semi-structured and of hard access for public. So, the development of a complete CIM scientific paradigm in medicine is difficult, because many theoretical and experimental aspects and patterns of this field of alternative medicine are not defined. In TCM a number of extensive clinical studies, theoretical research were conducted, and appropriate informational and analytical means (ontologies, expert systems, grid systems for TCM [8-14]) were developed, but in Chinese Image Medicine the similar research as well as relevant informational and analytical means are missing. Due to that fact, a program of research in Chinese Image Medicine for 2017-2023 was developed [15]. This program aims to conduct a comprehensive research in Chinese Image Medicine to create theoretical and experimental scientific fundamentals of CIM that promote to definition of underlying causes and schemes of human diseases and establishment of effective methods of prevention and treatment.

**Rationale for urgency and aims of CIM ontology development and scope of its application.** According to the



program [15], taking into account the necessity for CIM to join the integrative medicine as an evidence-based healthcare area, the development of CIM ontology as fundamental of integrative onto-based informational and analytical environment for CIM research, professional healing and e-learning is one of the current scientific and applied issues. The aim of the development of informational and analytical environment is to ensure the effective work organization and coordination of present CIM practitioners, academic researchers of CIM, those who study CIM and improvement of up-to-date intellectualized informational means and resources for alternative, complementary and integrative medicine at both national and international levels. General structural design of integrative onto-based informational and analytical environment of Chinese Image Medicine research, professional healing and e-learning is presented in Fig. 1.

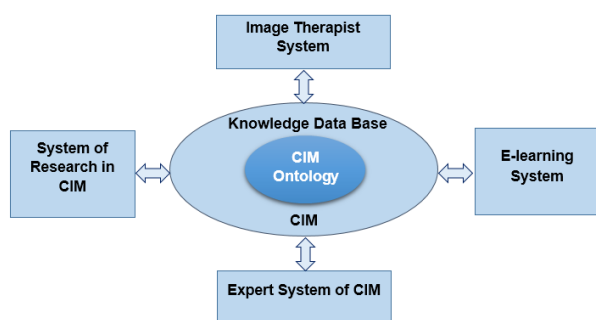


Fig. 1. General structural design of integrative onto-based informational and analytical environment of Chinese Image Medicine research, professional healing and e-learning

CIM ontology is aimed at necessity of a comprehensive solving of a range of important tasks of theoretical, clinical, experimental as well as informational and analytical areas of Research Program [15], such as:

1. Unification, standardization of information presenting technique (data and knowledge) in CIM, which allows overcoming the problem of semantic heterogeneity of poorly structured and difficult to formalize the knowledge of TCM and CIM, because the use of ontologies eliminate subjective factors, polysemantics, vague concepts and images, which explicitly or implicitly are operated by image-therapists in making diagnostic and therapeutic decisions. CIM ontology enables standardization of CIM concepts and terminology that greatly facilitate CIM therapists to collect and share their knowledge and expertise consistently in the integrative informational environment. Experts can understand each other much better and CIM training system becomes more clear and consistent.
2. The need for high-quality dictionary (glossary) and knowledge data-base (thesaurus) in CIM that would possess such properties: completeness, consistency, interpretability (scientific interpretability as well), commonality, ease of use (because ontology is presented in a computer managed form), integration with other subject areas, including traditional Chinese medicine, unconventional medicine, integrative medicine.
3. The necessity of integrated informational and analytical onto-based environment for CIM research, professional healing and e-learning. The quality and efficacy of this integrated environment depends on the quality of CIM ontology that compiles its structure and functioning.
4. The need to maintain the necessary level of integration, integrity, knowledge and data in CIM for various infor-

mation technologies and systems that is significantly simplified by using qualitative CIM ontology.

5. The requirement for repeated use of knowledge in CIM intended for different information systems and application. Ontology is a source for such knowledge reuse.

6. The essential for implementation of intelligent search for CIM information on the Internet following semantic search technologies WEB 2.0 that provides highly relevancy of search for necessary information. Semantic search technology WEB 2.0 is based on the use of ontologies of relevant subject areas.

The main areas of CIM ontology application is within the education and training of CIM experts, professional healing by CIM methods, scope of CIM research.

This research is aimed at the development of conceptual, formal as well as software and informational fundamentals for ontological simulation of Chinese Image Medicine as an important component of development of integrated onto-based informational and analytical environment for CIM research, professional healing and e-learning.

**Objectives.** To achieve the goals the following problems should be solved:

1. To develop a concept of CIM ontological simulation considering the scope of its application as the source of integrated onto-based informational and analytical environment of CIM research, professional healing and e-learning.
2. To suggest a comprehensive formal model of CIM ontology.
3. To substantiate the language and informational environment for CIM ontology development.
4. To implement a fragment of CIM ontology into the Protégé environment.

### Results

**Comprehensive conceptual model of Chinese Image Medicine. CIM domain analysis.** In this study, the ontological simulation means the development and analysis of conceptual description of a particular subject domain, i.e. CIM as a formal representation that reproduces a set of concepts (terms) and interactions (logical patterns, connections) of CIM. The result of this simulation is an appropriate CIM model – its ontology. As a model, ontology, besides representation of the objective aspects of the subject domain, should contain purely subjective component that reflects the view of a researcher or a research team (knowledge engineers, domain experts) on the simulated domain.

According to the established informal definition, ontology is a clear specification of conceptualization. Conceptualization is the process of a subject domain conceptual model (concept) establishment and is one of the most complex and labour-intensive stages of ontology development. Conceptual model in a terminology and conceptual form represents domain objects, their properties, dependence and patterns. Conceptual model being a verbal description of a subject domain possesses a three-component signed structure (word-meaning-sense), i.e. formal language (syntactic) level, conceptual (sense, semantic) level and the level of the domain as an object of description. The success of all subsequent stages of the development of CIM ontology and integrated informational and analytical environment depends on accurate, qualitative conceptualization. Subject area of CIM is CIM practice, which is unreachable in its entirety for rational knowledge, but is an ideal, a goal that guides the development of CIM concepts and ontology.

The development of CIM concept, due to which an effective CIM ontology and onto-based informational environ-

ment can be established, is a non-trivial research task; its solution is complicated by a number of objective factors conditioned by CIM domain specificity:

1. CIM theory is based on ancient Chinese philosophic and medical concepts rather than on rigorous scientific concepts of contemporary science, that is why it does not meet the principles of science (consistency, verifiability, sophistication). CIM terms and concepts are characterized by fuzzy, vague, ambiguous interpretations. This significantly complicates ontology development possessing properties of integrity (completeness), absence of logical contradictions, scientific interpretation, preciseness and coherence of its elements and structure.

2. Subject area of CIM is in a state of formation, development, historical, theoretical and applied rethinking. Currently CIM has no evidence-based theories, sometimes its concepts are interpreted in a different way by various CIM experts.

3. Non-conceptual forms of knowledge, such as feelings, images and ideas are very important in CIM. CIM specialist's intentions are often determined by their subjective sensual and image imaginings of disease.

4. Specificity of CIM methods in obtaining diagnostic information as 'internal images of disease' and tactile senses of 'Chi energy' in the tissues and organs of the human body that besides objective component possesses a purely subjective one, which has considerable variations, differences in various CIM-therapists. This leads to fuzziness and ambiguity of conceptual interpretation of patient's condition.

5. Significant dependence of treatment therapies efficacy on skills and individual talent of a CIM practitioner as well as complexity of unification and standardization of logical medical decision-making by a CIM experts because taking into account irrational, intuitive and imaginative components of their mind, consciousness is essential.

6. Conceptual inconsistency between fundamental standards of health care of conventional (Western) medicine and CIM that complicates possibility of CIM ontology development by means of consistency and interpretation in semantic field of Western medicine, science and philosophy.

Obviously, all of the above are complex matters; their solution requires a ground analysis of CIM domain and points to the need of development of a number of complementary conceptual projections (aspects) of CIM concept. These conceptual projections of CIM can be defined: 1. Ancient Chinese traditional conceptual projection – a projection of practical use and comprehension by CIM experts; 2. Western philosophical conceptual projection – describes the most general conceptual structures and regularities that compile CIM and are clear to Western European cultural tradition as the basis and environment of modern science development; 3. Scientific conceptual projection – describes and studies CIM using rigorous scientific methodology (research informal and formal (mathematical) conceptual projections are conditionally defined); 4. Software and semantic (ontological) projection – CIM ontology implemented by the latest software and informational environments.

Each of these CIM conceptual projections are hierarchically organized groups of CIM models that need to be coordinated under a single projection and between different projections that constitute a coherent system of CIM knowledge in the form of CIM ontology. This article focuses our efforts on development of comprehensive CIM conceptual model, which should reflect the general structure of CIM. Following

the comprehensive conceptual model, a detailed conceptual model of CIM can be developed.

In general, CIM concept can be represented as a group of its fundamental fragments, i.e.: 1. General theory of CIM; 2. Standards of health and diseases in CIM; 3. Theory and practice of CIM diagnostics; 4. Theory and practice of CIM therapy. Also, a separate part can be devoted to CIM history that represents historical information about the origins and stages of CIM development.

The main CIM concepts and ideas are determined in general theory of CIM that is a practice and philosophical fundamental for the other sections of CIM. The following Eastern philosophical concepts and notions take account of the general theory of CIM: the notion of Tao, Nothingness, the concept of Chi, the concept of Yin and Yang, the concept of Wu Xing, Jing-Qi-Shen life model, the model of life origin Tao-Nothingness-Yin/Yang-Heaven/Human/Earth-Abundant World, the theory of energy channels and bioactive points of human body, the concept of image and visual thinking, etc.

The standards of health and diseases in CIM define the main concepts of health in CIM (the concept of harmony (balance, equilibrium) Yin/Yang as the ontological fundamental of health; the concept of 'empty image' as the standard of health and its rating by methods of image diagnostic; the concept of 'specific kidneys, heart and lungs sensation as well as no sensation of others healthy organs and body parts' as the standard of health and its rating by methods of energy diagnostics by hands; the concept of 'symptomatic sensations absence' as the standard of health and its rating by methods of diagnostics by body), classification and definition of the types of diseases (physical, energy, informational, physical and energy, physical and informational, energy and informational, physical-energy-informational), CIM structure (physical medicine, energy medicine and informational medicine) according to the model of life and types of diseases in CIM.

Theory and practice of CIM diagnostics defines theoretical principles, methods and means of gaining diagnostic medical information by CIM methods and methods of its interpretation.

Theory and practice of CIM therapy determines and formalizes theoretical principles, methods and means of CIM treatment therapies and their association to the diagnostic information.

The main fragments and conceptual projections of CIM and the degree of their development in the literature are presented in Table 1.

Considering the proposed conceptual structure of CIM, CIM ontology should be presented as a group of five sub-ontologies: 1. Ontology of general theory of CIM; 2. Ontology of standard of health and diseases in CIM; 3. Ontology of theory and practice of CIM diagnostics; 4. Ontology of theory and practice of CIM therapy; 5. Historical ontology of CIM. Also, due to the need to present a number of CIM conceptual projections in the developing ontology, precisely: ancient Chinese traditional conceptual projection; Western philosophical conceptual projection; scientific conceptual projection, projected ontology should have the means for their display. Following this data and the fact that CIM ontology is the fundamental of CIM knowledge data-base, it would be reasonable to present the structural components of ontology and onto-based knowledge data-base of CIM as a diagram (Fig. 2).

Table 1. The main fragments and conceptual projections of CIM

	General theory of CIM	Standards of health and diseases in CIM	Theory and practice of CIM diagnostics	Theory and practice of CIM therapy
Ancient Chinese traditional conceptual projection	accomplished	accomplished	accomplished	accomplished
Western philosophical conceptual projection	initial stage	initial stage	initial stage	initial stage
Scientific informal conceptual projection	infant stage	infant stage	infant stage	infant stage
Scientific formal consistent (mathematical) conceptual projection	none	none	none	none
Software and semantic (ontological) projection	none	none	none	none

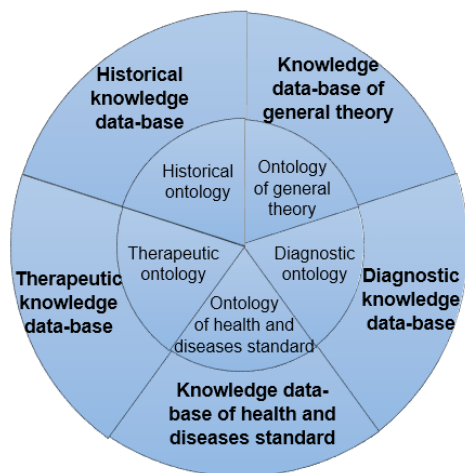


Fig. 2. Conditional image of structural components of ontology and onto-based knowledge data-base of CIM

**Comprehensive formal model of CIM ontology.** Following the comprehensive conceptual model of CIM and CIM ontology structure discussed above, we provide a comprehensive formal ontology model of CIM as three sets:

$$O = \{A, R, F\} \quad (1)$$

**A** – finite set of concepts (notions, terms) of CIM that define ontology vocabulary; **O**, **R** – finite set of connections between CIM concepts, which represent relationships between concepts (including taxonomic relationship – relationship type ‘is a type of’ or ‘general-specific’, composition relationship - the ratio ‘is a part of’, topographic relationship

– relationship that reflect association and spacing of the components of a system, etc.) and properties of concepts (attributes to and limitations on them); **F** – finite set of interpretation functions prescribed in concepts and/or relations of ontology **O**. CIM ontology together with multiple exemplars of all its classes composes CIM knowledge data-base.

**Rationale for language and information environment of CIM ontology presentation.** An important factor of the ontology design is the choice of the ontologies specification language. For development and specification analysis of conceptual model description of CIM the OWL language was chosen. The CIM conceptual model should be submitted as a formal presentation that reflects the set of all concepts and relationships (logical connections) of CIM, so the OWL language is designed to express concepts, relationships, capacities, annotations and specification of concepts in an integrated, standardized form and eliminates polysemantics and ambiguity of data and knowledge. OWL is based on solvable descriptive logic. Formal semantics of OWL allows getting facts that are not reflected in the CIM ontology clearly but come up from its semantics. Since the CIM ontology is being developed to be used as the fundamental of integrated informational and analytical environment, the OWL language, as a XML-based language, provides integration with other software systems via Web, repeated reuse of CIM knowledge for different informational systems and applications, semantic search for information in CIM and high relevance, interoperability, because it is supported by a great number of editors and solvers of ontologies.

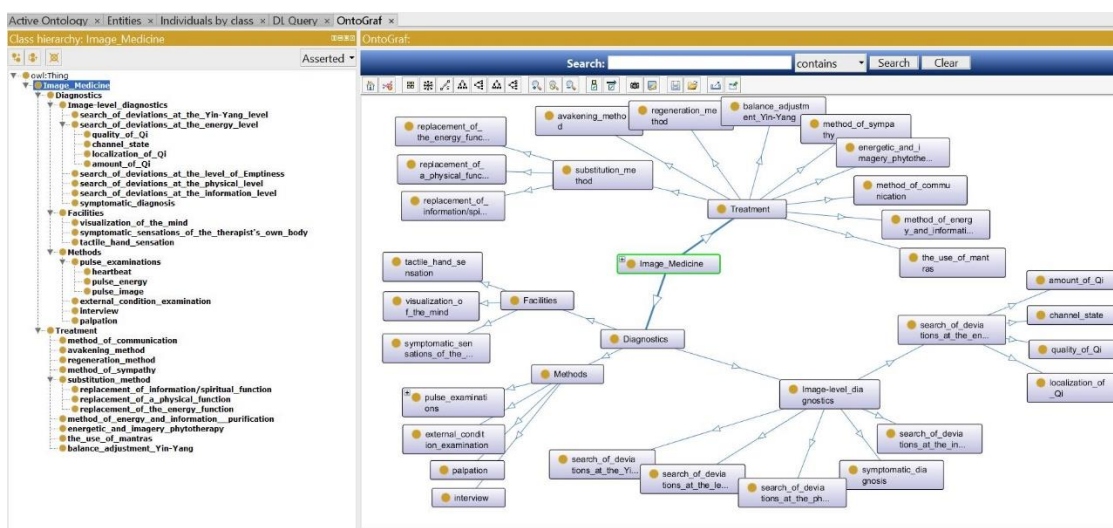


Fig. 3. The example of CIM ontology fragment in the Protégé environment

XML syntax is machine but not human readable. Therefore, usually OWL-ontology is not edited directly; specialized software environment developments are used. Protégé editor is the most convenient and adapted for the development of specialized domain-specific ontologies. Protégé is a local, free to use Java-program based on the frame model of knowledge representation with a clear and easy-to-use abstract window toolkit. Protégé structure contains an ontology editor that allows ontology designing by expanding hierarchy of abstract or concrete classes or slots describing them in a declarative way. The logical model enables use of reasoning scheme (Reasoner), which makes it possible to check whether the assertion and definition in the ontology are mutually consistent and also to recognize definitions compliance to specific concepts that is essential for informational and analytical environment. As an example, the developed fragment of CIM ontology in the Protégé environment is presented in Fig. 3.

### Conclusions and further research prospects

1. Topical issue, aims of the development and scope of Chinese Image Medicine ontology and ontology simulation as a promising component of integrative and complementary

medicine have been substantiated.

2. The comprehensive concept of Chinese Image Medicine has been developed, emphasizing therein a plurality of fragments and conceptual projections that opens possibilities for CIM ontological simulation.

3. A general formal model of CIM ontology has been suggested.

4. The language and informational environment of CIM ontology development have been established.

The main challenges to be met:

- Development of comprehensive conceptual and formal (mathematical) models of ontology by means of descriptive logic scheme;

- Software implementation of CIM ontology by recent open software environment for development of ontologies and knowledge data-bases;

- Development of criteria for quality and testing, verification and validation of the developed CIM ontology according to international standards and computer assisted testing systems in knowledge engineering and expert evaluation techniques.

### REFERENCES

1. WHO strategy for traditional medicine for 2014-2023 [Electronic source] – 2013. – 72 p. – On-line mode: [http://www.who.int/medicines/publications/traditional/trm\\_strategy14\\_23/ru/](http://www.who.int/medicines/publications/traditional/trm_strategy14_23/ru/), free access (date of access: 20.11.2016).
2. State enterprise “The Committee on traditional and alternative Medicine of the Ministry of Health of Ukraine” [Electronic source]: website of MHU. – On-line mode: [http://moz.gov.ua/ua/portal/oth\\_narmed.html](http://moz.gov.ua/ua/portal/oth_narmed.html), free access (date of access: 21.11.2016).
3. Barnes PM, Bloom B, Nahin R. CDC National Health Statistics Report #12. The Use of Complementary and Alternative Medicine in the United States. Findings from the 2007 National Health Interview Survey (NHIS) conducted by the National Center for Complementary and Alternative Medicine (NCCAM) and the National Center for Health Statistics. December 2008. [http://nccam.nih.gov/news/camstats/2007/cam-survey\\_fs1.htm](http://nccam.nih.gov/news/camstats/2007/cam-survey_fs1.htm) Accessed November 5, 2011, вільний (дата звернення: 23.11.2016)
4. Ananth S. 2010 Complementary and Alternative Medicine Survey of Hospitals: Summary of Results. Health Forum (American Hospital Association) and the Samueli Institute. September 2011. <http://www.siib.org/news/2468-SIIB/version/default/part/AttachmentData/data/CAM%20Survey%20FINAL.pdf> Accessed December 11, 2011.
5. Guarneri E, Horrigan B, Pechura C. The Efficacy and Cost Effectiveness of Integrative Medicine: A Review of the Medical and Corporate Literature. Explore: The Journal of Science and Healing. 2010; 5:308–312.
6. Maizes V, Rakel D, Niemiec C. Integrative medicine and patient-centered care. Explore: The Journal of Science and Healing. 2009;5(5):277–89.
7. Horrigan B. What is Integrative Medicine? Published by The Bravewell Collaborative; 2010. [http://www.bravewell.org/integrative\\_medicine/what\\_is\\_IM](http://www.bravewell.org/integrative_medicine/what_is_IM) Accessed November 6, 2011, вільний (дата звернення: 23.11.2016).
8. Wang Y, Zhonghua Y, Jiang Y, Liu Y, Chen L, Liu Y. A Framework and Its Empirical Study of Automatic Diagnosis of Traditional Chinese Medicine Utilizing Raw Free-text Clinical Records. Journal of Biomedical Informatics. 2012;45(2):210–223. doi: 10.1016/j.jbi.2011.10.010.
9. Wang H. A computerized diagnostic model based on naive bayesian classifier in traditional chinese medicine. Proceedings of the 1st International Conference on BioMedical Engineering and Informatics (BMEI '08); May 2008; IEEE; pp. 474–477.
10. Wang X, Qu H, Liu P, Cheng Y. A self-learning expert system for diagnosis in traditional Chinese medicine. *Expert Systems with Applications*. 2004;26(4):557–566.
11. Huang M-J, Chen M-Y. Integrated design of the intelligent web-based Chinese Medical Diagnostic System (CMDIS)—systematic development for digestive health. *Expert Systems with Applications*. 2007;32(2):658–673.
12. Mao Y, Yin A. Ontology modeling and development for Traditional Chinese Medicine. Proceedings of the 2nd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics (BMEI '09); October 2009; IEEE; pp. 1–5.
13. Lukman S, He Y, Hui SC. Computational methods for traditional Chinese medicine: a survey. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. 2007;88:283–294.
14. Chen H, Wang Y, Wang H, et al. Towards a semantic web of relational databases: a practical semantic toolkit and an in-use case from traditional Chinese medicine. Proceeding of the 5th international conference on The Semantic Web (ISWC '06); 2006; pp. 750–763.
15. International program of scientific research in Chinese image medicine and Zhong Yuan Qigong for 2017-2023 [Electronic source]. On-line mode: <https://kundawell.com/ru/mezhdunarodnaya-programma-nauchnykh-issledovaniy-kitajskoj-imidzh-meditsiny-i-chzhun-yuan-tsigun-na-2017-2023-god>, free access (date of access: 22.11.2016).

### Концептуальные основы онтологического моделирования китайской образной медицины как перспективной составляющей интегральной медицины

С. А. Лупенко; А. Р. Оробчук; А. В. Павлышын

**Аннотация.** Статья посвящена обоснованию актуальности и созданию концептуальных основ онтологического моделирования китайской образной медицины как перспективной составляющей интегральной медицины. Разработана обобщенная концепция китайской образной медицины как основы ее онтологического моделирования. Предложена обобщенная формальную онтологическую модель китайской образной медицины и обоснованно язык, информационная среда ее представления. Приведен пример реализации фрагмента онтологии в среде Protégé.

**Ключевые слова:** онтология, онтологическое моделирование, онтоориентированные информационные системы, интегральная медицина, китайская образная медицина.

## Principles of constructing support systems for operational decision-making in the air traffic control tower

V. Mihaylenko\*, V. Temnikov\*\*, A. Temnikov\*\*

\*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

\*\*National Aviation University, Kyiv, Ukraine

Corresponding author. E-mail: temnikov\_v@ukr.net

Paper received 25.08.17; Revised 29.08.17; Accepted for publication 02.09.17.

**Abstract.** The main principles of constructing a voice system for information support of decision making by administrators of airport traffic control services in the process of exercising control over the actions of air traffic controllers during the performance of their functional duties are given. The developed information system is intended for permanent authentication of air traffic controllers and monitoring of their psychophysiological state. The system operates in real time.

**Keywords:** decision support system, command and control tower, air traffic controller, psychophysiological state of a person, voice.

**Introduction.** One of the main causes of accidents and emergencies in aviation is the human factor. Thus, published statistics in the literature indicate that, for example, up to 80% of all accidents and violations of the technological regime in aviation occur through the fault of the dispatching staff. Errors in his work are largely due to the presence of air traffic controllers in a state of permanent tension, associated with the responsibility for people's lives and possible significant material losses.

At present, there is clearly insufficient attention to the development of automatic systems for monitoring the actions of air traffic controllers. In particular, for air traffic controllers in the process of their work, only the visual control by the senior air traffic controller is carried out.

To reduce the impact of the human factor on flight safety, a system of information support for operational decisions (SISOD) has been developed by persons monitoring the actions of air traffic controllers (administrators, senior air traffic controllers).

The developed information system is intended for permanent authentication of air traffic controllers and monitoring of their psychophysiological state (PPS). SISOD, functioning in real time, will promptly signal violations in the work of air traffic controllers, which will allow more effective and earlier stages to prevent violations in the work of controllers, including removing from work of persons in an inappropriate emotional state, fatigue, Drowsiness, anxiety.

Using voice as an analyzed image makes it possible to control air traffic controllers contactlessly, remotely, without distracting them from work.

An important requirement for SISOD is the need to monitor the continuous continuous voice of the air traffic controller in real time. It should be noted that the provision of this requirement is facilitated by such specific requirements for air traffic controllers as the need to use a special normatively established phraseology, to ensure the dimensionality of speech and the invariance of the distance between the sound source and the microphone.

The article presents the principles of construction and methods for modeling the main subsystems of SISOD, which include authentication subsystems (for preventing access to information resources of unauthorized persons), identification (in case of failure to authenticate), monitoring (monitoring) of PPS (to prevent access of

persons in an inadequate PPS) of air traffic controllers, as well as the subsystem of preliminary processing (sound-cleaning) of the speech signal.

**Principles of construction and methods for modeling the subsystems for authentication, identification and monitoring of the PPS of air traffic controllers.** Authentication and monitoring of PPS for continuous speech are reduced to the authentication and monitoring of PPS by keywords extracted from the continuous confluent speech of the air traffic controller. As keywords, words often used by air traffic controllers in the course of work or taken from professional phraseology established by regulatory documents can be chosen.

### Subsystem for air traffic controllers authentication.

The voice subsystem of authentication is proposed to build on the basis of the theory of pattern recognition [1].

Parametrization of the speech signal is proposed to be carried out using the method of short-term analysis [2]. In the process of developing SISOD, a joint development of the parametrization and classification modules was carried out. The parameterization module is recommended to be constructed in such a way as to ensure the efficient operation of the classification module. At the same time, the classification of air traffic controllers is proposed to be implemented on the basis of artificial neural networks (ANN) [3]. Their application together with other methods of computing intelligence allows you to take into account the incompleteness of the initial information.

To meet the requirements for speech parameters from the ANN side, a system of informative parameters was developed, based on the frame-wise computed cepstral coefficients of linear prediction.

Calculation of the cepstral coefficients can be performed using various methods, in particular, based on the preliminary determination of the chalk-cepstral coefficients, linear prediction coefficients (LPC), perceptual linear prediction coefficients, etc.

To calculate the cepstral coefficients, it is proposed to use a method based on the preliminary computation of the LPC.

The LPCs are calculated in such a way that the error in the sense of least squares is minimal for a predetermined prediction order  $p$ . In this case, the order of linear prediction, as a rule, is taken in the range from 8 to 20



depending on the purposes and methods of implementation.

The determination of the cepstral coefficients for the LPC should be carried out according to the formula:

$$c(n) = \begin{cases} 0, n < 0 \\ \log_{\epsilon}(A), n = 0 \\ a_n + \sum_{k=1}^{n-1} \binom{k}{n} c(k) a_{n-k}, 0 < n < p \\ \sum_{k=n-p}^{n-1} \binom{k}{n} c(k) a_{n-k}, n > p \end{cases} \quad (1)$$

Where  $a_i$  are the coefficients of linear prediction,  $c(i)$  are the cepstral coefficients,  $p$  is the order of linear prediction,  $n$  is the number of the cepstral coefficient, and  $A$  is the linear prediction error.

The above formula is recursive, which makes it possible to generate the desired number of coefficients for the parameterization. Their quality directly depends on the number of LPCs.

Experiments, during which several speakers repeatedly pronounced various phrases, showed a good repeatability of the values of cepstral coefficients. As a result, it was revealed that the first 12-20 cepstral coefficients are informative for authentication.

The specific form of the ANN and the values of the parameters of the parameterization and classification modules for voice signals are determined during the joint testing of these modules by the criterion of the maximum percentage of correct authentication. As a result of testing, the percentage of correct authentication was higher than 98%.

**Subsystem control of the PPS air traffic controller.**

It is suggested to control the PPS of air traffic controllers on the basis of a comparative analysis of control and reference information parameters that characterize individual (primarily vowel) phonemes.

In the course of the research, theoretical and experimental studies were carried out, the purpose of which was to analyze the parameters characterizing speech fragments from the point of view of their effectiveness for determining PPS. Studies have shown that it is advisable to use the fundamental frequencies, the parameters calculated on their basis (in particular, the ruggedness), the formant frequencies of the vowel phonemes, as well as the length of the speech by the air traffic controller of speech fragments as informative parameters. Segmentation on phonemes is proposed, like noise suppression, to be carried out using wavelets.

Important in determining the PPS air traffic controllers is the lack of the need to recognize all the phonemes of the password speech fragment – to determine the PPS air traffic controller it is enough to recognize only a few first vowel phonemes.

**Subsystem for the identification of air traffic controllers.** The task of identification is significantly more complicated with a large number of supervised individuals and associated with it a large number of standards in databases (DB). Increasing the speed of identification (with a small increase in the percentage of misidentification) can be achieved by eliminating the

areas of "silence" in the speech stream, as well as the development of new algorithms for fast searching in metric spaces.

An identification procedure based on cluster analysis methods has been developed [4]. The idea of the procedure is to cluster controllers' models in the database and to permanently reduce the number of air traffic controllers (clusters) to be compared from the database by comparing the models (clusters) to which the identified sample (voice or image) is least likely to be reduced.

In the case of a small number of monitored persons, in order to speed up the search for the violator of the access mode (if it is detected during the authentication process), in the developed SIPPOR instead of sequential authentication and identification it is proposed to immediately identify the air traffic controllers. For this, the identification subsystem is proposed to be built on the basis of ANN with several outputs.

**The method of modeling the subsystem of preliminary processing (noise reduction) of a speech signal**

A technique was developed to provide an enhanced level of purification of the speech signal from noise and interference, using wavelet data transformation technologies [5, 6].

Any signal under investigation contains not only useful information  $S(t)$ , but also traces of some extraneous influences  $N(t)$  – noise or noise. The model of such a signal can be written as follows:

$$F(t) = S(t) + k N(t), \quad (2)$$

Where  $k$  is the coefficient specifying the level of noise or interference.

The noise component is Gaussian white noise, therefore, the useful signal  $S(t)$  will be concentrated in the low-frequency region of the spectrum of the signal  $F(t)$  under investigation.

The noise component was obtained by modeling the white noise in the MatLab packet with the number of samples equal to the number of samples of the useful signal.

The investigated noisy signal was formed by the following transformations:

$$F(t) = S(t) + 0,7 * N(t). \quad (3)$$

With a wavelet transform, the signal is decomposed into approximating coefficients, which are a smoothed signal, and the detailing coefficients describing the oscillations. In connection with the fact that the noise component is more reflected in the detailing coefficients, when removing noise, they are processed.

In accordance with the developed technique, the process of noise removal from the speech signal is proposed to be performed in the MatLab environment in the following sequence:

1. Decomposition. The wavelet and the decomposition level  $N$  are chosen. The wavelet decomposition of the original signal to level  $N$  is made. The choice of the wavelet used and the depth of decomposition, in general, depends on the properties of the particular signal. Smoother wavelets provide a smoother approximation of the signal and vice versa – "short" wavelets better track

the peaks of the approximated function. Depth of decomposition affects the amount of filtered parts.

In the experiment, the Haar wavelets, the discrete approximations of Meyer wavelets, the Daubechies wavelets, the simlets and coifs at the decomposition levels  $N=1\div 8$  were used to decompose the signal  $F(t)$ .

2. Threshold processing of detailed wavelet coefficients. For each level from 1 to  $N$ , a threshold is selected and soft threshold processing of the detailing factors is carried out.

From the selection of the noise threshold (noise variance), the noise quality of the signal, estimated as a signal-to-noise ratio, depends. Setting small threshold values preserves the information about the noise component in the detail coefficients and therefore only leads to a slight increase in the signal-to-noise ratio. For large threshold values, it is possible to lose coefficients that carry essential information. Finding the optimal value means finding a threshold that, with the smallest offset of the reconstructed signal, provides the highest value of the signal-to-noise ratio.

To select the optimal threshold value in the experiment, Stein used the adaptive and heuristic criteria of unbiased risk assessment, the universal and minimax criteria [6].

Since the quality of the noise cancellation of the signal also depends on the way the thresholding is applied, for all the above criteria, multilevel processing using a threshold whose values vary from level to level was used and local processing involving the use of a threshold variable not only in terms of decomposition but also depending on the position of the coefficients of detail at a given level.

3. Reconstruction. A wavelet reconstruction is performed based on the original approximating coefficients of the  $N$  level and the modified detailing coefficients from 1 to  $N$ .

4. Comparison of the purified signal  $S^*(t)$  with the original signal  $S(t)$  by calculating the correlation coefficients  $R(S(t), S^*(t))$ . Calculations were made for all eight levels of decomposition with the same characteristics of noise reduction.

5. The choice of optimal characteristics of noise reduction based on the analysis of the calculated correlation coefficients  $R(S(t), S^*(t))$ . Namely: the wavelet type, the level of its decomposition, the criterion for calculating the threshold level and the processing method.

The signal obtained as a result of noise purification with the use of wavelet transform is suitable for further analysis, since the extraction of the noise component was carried out as correctly as possible without loss of information content of the original signal.

When using a wavelet transform to clear a speech signal from noise and interference, it is important to first estimate the spectral composition of the noise component, since this greatly influences the choice of the criterion for calculating the threshold level and the noise-processing method.

**Conclusion.** The combination of various methods of constructing SISOD subsystems (methods of cepstral analysis, wavelet transformations, clustering, etc.), application of ANN and algorithms based on metrics, allows creating high-quality SISOD in airport control services.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Амишвили Г.С. Автоматическое опознавание говорящего по голосу // М.: Радио и связь, 1981. – 224 с.
2. Абинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов // М: Мир, 1978. – 848с.
3. Хайкин С. Нейронные сети // 2-е изд. Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.
4. Мандель И.Д. Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
5. Donoho, D.L. De-Noising by soft-thresholding // IEEE Trans. on Inform. Theory. – Vol.41. – №3. – 1995. – P.613-627.
6. Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. – М.: ДМК, 2005. – 303 с.

#### REFERENCES

1. Ramiashvili G.S. Automatic speaker recognition by voice // М.: Radio and Communications, 1981. – 224p.
2. Rabiner L., Gould B. Theory and application of digital signal processing // М: Mir, 1978. – 848 p.
3. Khaikin S. Neural networks // 2-e ed. Trans. with the English. – М.: Williams Publishing House, 2006. – 1104 p.
4. Mandel I.D. Cluster analysis. - Moscow: Finance and Statistics, 1988. – 176 p.
5. Donoho, D.L. De-Noising by soft-thresholding // IEEE Trans. on Inform. Theory. – Vol.41. – №3. – 1995. – P.613-627.
6. Smolentsev N.K. Foundations of the theory of wavelets. – М.: ДМК, 2005. – 303 p.

#### Принципы построения систем поддержки принятия оперативных решений на командно-диспетчерских пунктах аэропортов

**В. М. Михайленко, В. А. Темников, А. В. Темников**

**Аннотация.** Приведены основные принципы построения систем информационной поддержки принятия оперативных решений администраторами командно-диспетчерских пунктов аэропортов в процессе осуществления контроля за действиями диспетчеров управления воздушным движением (авиадиспетчеров) во время выполнения ими функциональных обязанностей. Разработанная информационная система предназначена для перманентной аутентификации авиадиспетчеров и мониторинга их психофизиологического состояния. Система функционирует в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** система поддержки принятия решений, командно-диспетчерский пункт, авиадиспетчер, психофизиологическое состояние человека, голос.

## MATHEMATICS

### Mathematical model of value-oriented portfolio management of high-tech enterprises projects

O. Yu. Savina

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine  
Corresponding author. E-mail: oksanasavina14@gmail.com

Paper received 14.08.17; Revised 17.08.17; Accepted for publication 20.08.17.

**Abstract.** The necessity of optimization of the mathematical apparatus for the formation of project portfolios of science-based enterprises based on the value-oriented approach is considered. The mathematical model of value-oriented management of project portfolios of the science-based enterprise is developed on the basis of the improved information model of project portfolio formation and the economic-mathematical model integrated into it. There have been introduced an additional indicator of innovative value in portfolio projects and a restriction on the allowable aggregate risk of project portfolios, which leads to the selection of the portfolio with the highest integral value.

**Keywords:** *project portfolio, portfolio management, value-oriented approach, science-based enterprises.*

**Introduction.** Changes in the global economy require qualitatively new methodological approaches to the analysis and management of the development of science-based high-technology industries, which would serve as guarantors of the state's competitiveness and stability. Modern portfolio management focuses on the formation of a project portfolio on the basis of values [1]. The main concept of the value-oriented approach is the formation of a project portfolio with the highest added value. It integrates a variety of values and transforms them into a system of objectives leading to the creation of a new value enriched with uniqueness, distinctive features and innovations, which satisfies all participants of the project portfolio under development. This approach involves revision of the projects and programs included to the project portfolio of science-based enterprises in order to establish priorities according to the strategic values and accounting for uncertainties of the turbulent environment.

**Brief overview of related publications.** The analysis of scientific publications has showed that the problem of forming an optimal project portfolio, which allows achieving strategic goals of the organization, is considered in a number of research studies [2-5]. Each of which deals with particular features of portfolio management and offers appropriate methods and models for their formation. The authors of publication [6] emphasize the disambiguation of two groups of the project portfolio formation techniques for organizations. The first group involves selection of projects for the portfolio on the basis of expert commentary [2, 3], while the second group employs decision support systems [4, 5]. It should be noted that application of each of the approaches is determined by the volume and quality of the source information and the conditions under which the management decision on the portfolio formation is made.

Extending usage of the project approach to the sphere of non-material production necessitated evaluation of the project's success beyond its quantitative characteristics. Value-oriented project management suggests using the "project value" criterion when assessing the project's effectiveness [7]. In publication [8], S. D. Bushuiev defines value as the benefit which all stakeholders obtain from the project implementation. The author suggests

defining the project value as a complex indicator which consists of the value of the process, the product, and the organization implementing the project. According to Professor V. A. Rach [9], who introduces the concept of "harmonized value", two aspects of the value harmonization should be considered: harmonization with strategic goals of the organization implementing the project and harmonization of the values realized by all stakeholders of the project. According to the authors of publication [10], the value approach is the main concept of project portfolio formation; it involves maximization of the growth of organizational values. It is this circumstance that necessitates the development of a new value-oriented project management methodology based on the integrity of the object of management and the uncertainty of changes in the environment [11].

There have been recently developed a number of models of project portfolios using different mathematical apparatus: single- and multi-criteria models; deterministic, stochastic or fuzzy models; linear, nonlinear, dynamic, and graphical models [4, 6, 10, 12-18]. In addition, artificial intelligence tools have been widely implemented, such as neural networks, genetic algorithms, and the compositional approach. Publication [7] presents an informational model of formation of a project portfolio of international activity of higher educational institutions, which employs the economic-mathematical linear programming model.

Analysis of the **materials** from literary sources shows that the existing mathematical apparatus is flawed and does not take into account the peculiarities of portfolio management at science-based enterprises. Therefore, research and modernization of portfolio management for science-based enterprises on the basis of the value-oriented approach is an urgent question, which needs to be elaborated and optimized.

**The article aim** is to develop a mathematical model of the value-oriented portfolio management for science-based enterprises, which allows assessing the integrated value of a project portfolio in order to optimize the achievement of strategic goals of the enterprise.

**Basic material and research results.** Portfolio management of a science-based enterprise focuses on provid-



ing analysis of its projects in order to establish value priorities, coherence and compliance of portfolio management with the organization’s strategy. Publication [19] highlights the basic strategic values of a science-based enterprise, and publication [20] renders the characteristics of project portfolios and the specifics of their management. The author also forms the value field of a science-based enterprise, defined as an interrelated system of the value orientation sets (motives, tools, methods, tech-

based on the main values of science-based enterprises that constitute a hierarchical (pyramidal) system and proceed to the value-oriented strategies of the respective levels, being influenced by the external and internal environment.

By their specific features, science-based enterprises implement a large number of diverse projects, organizing them into portfolios. The main task of administrators and managers is the formation of an optimal portfolio from a

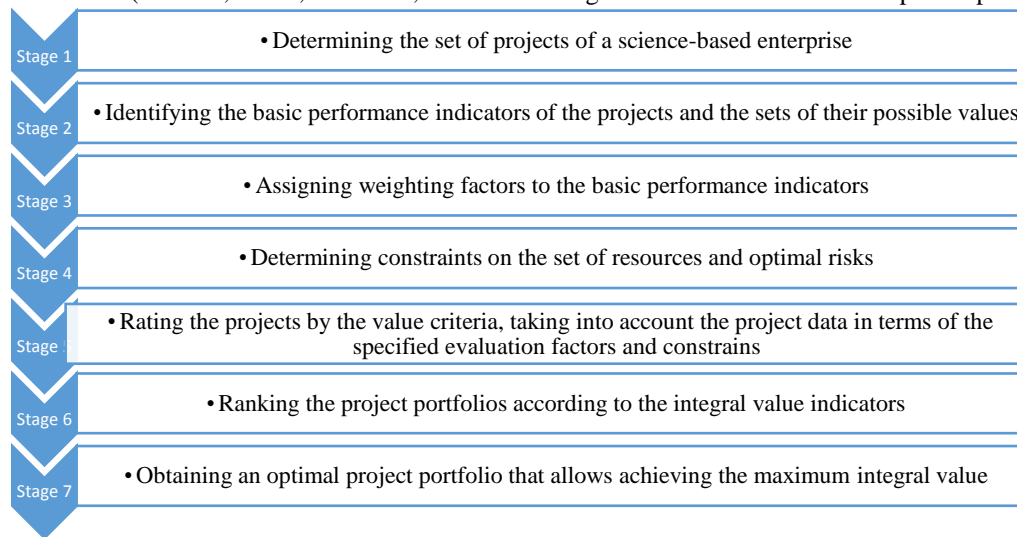


Fig. 1. Stages of portfolio formation for a science-based enterprise

niques, objects and products of human activity, their personal meanings and objectives). It is characterized by a synergistic effect and is constantly evolving towards the enterprise strategy and its components. The value field is

In order to solve the problem successfully and achieve the strategic goals of the enterprise, let us build a functional model for the process of project portfolio formation for a science-based enterprise (Fig. 2).

The process of transforming the model inputs into outputs takes place due to the use of an economic-mathematical model for project portfolio formation [7].

The set  $Q = \{q_1; \dots; q_k; \dots; q_l\}$  includes a number of alternative variants of the projects of the science-based enterprise  $k = \overline{1; l}$ . Implementation of each of the projects is aimed at achieving the strategic goals of the enter-

prise and concerns the following areas: production, science, innovation, economy, policy, ethics, as well as social, regional and cluster components. The set of the basic values of the science-based enterprise forms its value field, which is taken as the basis for the set of basic performance indicators of the project  $B_k = \{b_{k1}; \dots; b_{ki}; \dots; b_{kn}\}$ ,  $(i = \overline{1; n})$ . In turn, the degree to which the results of each project are achieved is rendered by the obtained values of these indicators  $Y_{ki} = \{y_{ki1}; \dots; y_{kij}; \dots; y_{kim}\}$ ,  $(j = \overline{1; m})$ .

wide variety of project options. The process of formation of the portfolio for a science-based enterprise includes 7 stages (Fig. 1).

prise and concerns the following areas: production, science, innovation, economy, policy, ethics, as well as social, regional and cluster components. The set of the basic values of the science-based enterprise forms its value field, which is taken as the basis for the set of basic performance indicators of the project  $B_k = \{b_{k1}; \dots; b_{ki}; \dots; b_{kn}\}$ ,  $(i = \overline{1; n})$ . In turn, the degree to which the results of each project are achieved is rendered by the obtained values of these indicators  $Y_{ki} = \{y_{ki1}; \dots; y_{kij}; \dots; y_{kim}\}$ ,  $(j = \overline{1; m})$ .

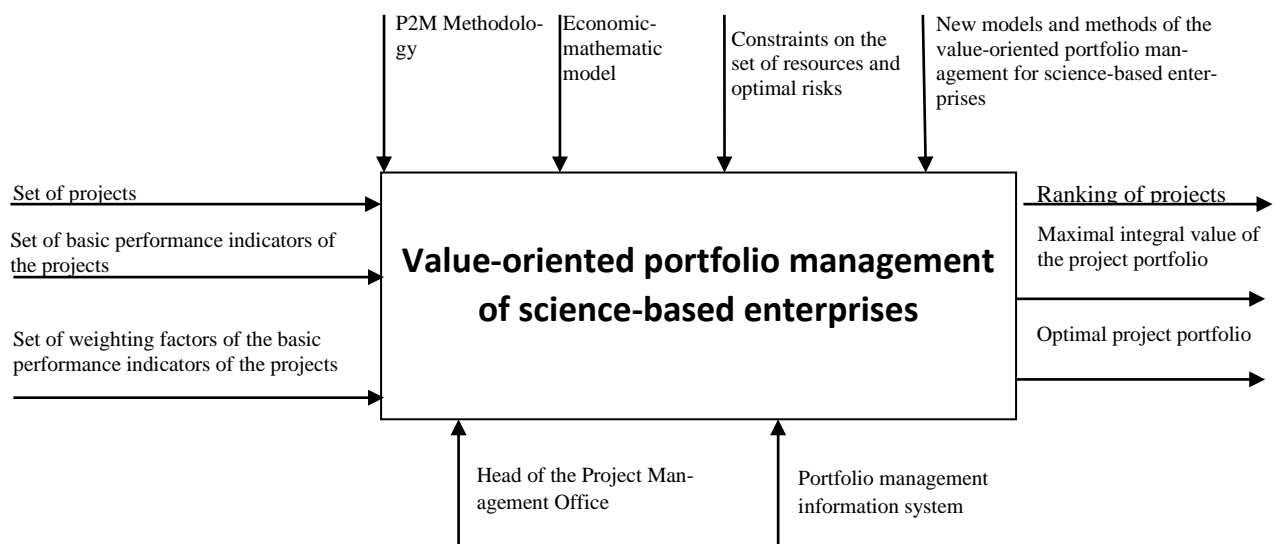


Fig. 2. Functional model of the process of project portfolio formation for a science-based enterprise

According to P2M [1], the most feasible and effective methods for determining the value are the balanced score-card method and the five and two method, which are useful for the development of primary evaluation indicators. "Five" stands for five E's: *efficiency, effectiveness, earned value, ethics, and ecology*. *Efficiency* of resource use in projects is determined by the ratio of benefits received from the project to the amount of resources used. *Effectiveness* represents the level of satisfaction of the parties concerned before and after the project and describes the sector of benefits on the basis of certain performance criteria. *Earned value* is a universal criterion for measuring the project progress, which binds the idea of the project to its schedule and costs (resources). *Ethics* is the program community's response to the overall acceptability and social orientation of the program idea, its compliance with social and corporate rules and satisfaction of the ethical expectations of the participants. *Ecology* is a criterion of the organization's sustainable growth or the program's continuous progress with due regard for environmental protection. Meanwhile, "two" stands for two A's: *accountability and acceptability*. *Accountability* is determined by how much the management is responsible for the project's / program's results, including intermediate results obtained by stakeholders, as well as transparency, visibility and publicity in informing the community about the current status of the project / program. *Acceptability* is determined by a number of conditions adopted by stakeholders with regard to the project's cost indicators related to the amount of capital invested, guarantees of return on investments, and approved plans for allocating the program's flow of funds in time.

Taking into account the specific features of science-based enterprises and the peculiarities of managing their projects, it is necessary to supplement the above with the *indicator of innovative value* of the portfolio projects.

Since the basic performance indicators of the project vary in their nature, let us calculate their values by means of expert commentary measured in points in order to simplify their further conversion to the indicator of the project's value. It is also necessary to consider the importance of each of the indicators in achieving the strategic goals of a science-based enterprise by assigning their weighting factors, which may vary depending on the project:

$$W_k = \{w_{k1}; \dots; w_{ki}; \dots; w_{kn}\}, (k = \overline{1; l}; i = \overline{1; n}),$$

$$\sum_{i=1}^n w_{ki} = 1.$$

It is proposed to evaluate the project's success with the help of an additive indicator of its value, which can be presented as the following formula:

$$V_k = \sum_{i=1}^n w_{ki} \cdot y_{kij}, (k = \overline{1; l}),$$

where  $w_{ki}$  is the weighting factor of the  $i$ -th performance indicator for  $k$ -th project, and  $y_{kij}$  is the  $j$ -th value of the  $i$ -th performance indicator for  $k$ -th project.

Thus, the results obtained from the value indicators of the projects can be taken as a basis for their rating. The project with the highest value will receive the highest rating score  $R_k, (k = \overline{1; l})$ .

Formation of an optimal project portfolio, which allows achieving the maximum integral value, is possible

via solving the problem rendered by *the economic-mathematical model*.

The target function of the model is the integral value of a project portfolio, which is selected from the set of alternative portfolio variants  $P = \{p_1; \dots; p_h; \dots; p_e\}, (h = \overline{1; e})$ . The integral value is calculated as the sum of the values of individual projects included in the portfolio:

$$IV_h = \sum_{k=1}^l V_k \cdot x_{hk} \rightarrow \max$$

The model's control parameters are  $x_{hk}, (h = \overline{1; e}; k = \overline{1; l})$ , which demonstrate the possibility of the  $k$ -th project's inclusion to the  $h$ -th portfolio. The control parameters are expressed as the Boolean variables  $x_{hk} = \{0; 1\}$ , (1 stands for the case when the  $k$ -th project is included to the  $h$ -th portfolio, 0 – when not).

Since any project activity is carried out with limited resources, it is necessary to consider this constraint  $\alpha = \{\alpha_1; \dots; \alpha_f; \dots; \alpha_d\}, (f = \overline{1; d})$  for each type of resources involved in the project, such as material, financial, managerial, labor, informational ones. The available information on the required provision of resources for the project activity of a science-based enterprise is taken as a basis for developing a matrix of resource demand. The total amount of resources of the  $f$ -th type required for the  $h$ -th portfolio should not exceed a specific threshold value

$$\sum_{k=1}^l r_{kf} \cdot x_{hk} \leq \alpha_f, (h = \overline{1; e}; f = \overline{1; d}).$$

Uncertainties and errors in projects and portfolios are regarded as their risks. The risks should not exceed the threshold values that lead to destructive phenomena in management; correspondingly, the model should take into account the risks and have appropriate limitations. Therefore, let us introduce the constraint  $Risk = \{R_1; \dots; R_g; \dots; R_s\}, (g = \overline{1; s})$  for each type of risks existing in the project portfolio. The indicator of the risk of the  $g$ -th type in the  $h$ -th portfolio should not exceed a certain threshold value

$$\sum_{k=1}^l R_{kg} \cdot x_{hk} \leq R_g, (h = \overline{1; e}; g = \overline{1; s}).$$

Solving the linear programming problem with the use of the simplex method enables obtaining the optimal project portfolio  $P_h^{opt}, (h = \overline{1; e})$ , which allows achieving the maximum of its integral value  $IV_h^{max}$ .

Since the optimization linear programming problem can have more than one optimal solution, it is possible to form several alternative variants of optimal portfolios. Thus, the boundaries of management decisions will be expanded through creation of a portfolio ranking, allowing one to choose the best option from the available alternatives.

**Conclusion.** Therefore, a project portfolio of a science-based enterprise is formed from a set of projects and should only include those that allow realizing the maximum integral value for achieving its strategic goals and minimizing the risks of these portfolios. Formation of an optimal portfolio is possible through the use of the proposed model of the process of project portfolio formation for a science-based enterprise, as well as the economic-mathematical model. Since the presented model is deterministic and does not take into account the instability of the conditions under which the strategy of the enterprise is implemented, it is planned to further develop a model

of risk management of project portfolios for science-based enterprises in the fuzzy form.

#### REFERENCES

1. A Guidebook of Project and Program Management for Enterprise Innovation. Kyiv, Naukovyi svit Publ., 2009. 173 p.
2. Russell D. A. Managing High-Technology Programs and Projects. Moscow, Kompaniya AyTi; DMK Press Publ., 2010, 472 p.
3. Benko C., McFarlan, F. W. Connecting the Dots: Aligning Projects with Objectives in Unpredictable Times. Moscow, OOO I. D. Vilyams Publ., 2007, 240 p.
4. Matveyev A. A., Novikov D. A., Tsvetkov A. V. Models and Methods of Project Portfolio Management. Moscow, PMSOFT Publ., 2005. 206 p.
5. Burkov V. N., Kvon O. F., Tsitovich L. A. Models and methods for multi-project management. Moscow, IPU RAN Publ., 1997. 62 p.
6. Kononenko I. V., Bukreeva K. S. Model and optimization method of projects portfolios of the enterprise for the planning period. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2010. 1-2(43):9-11.
7. Rudenko S. V., Glovatskaya S. M. The model of formation a portfolio of the international activities projects of HEI. NTU "KhPI" Bulletin, 2013, 2(1174):36-40.
8. Bushuev S. D., Bushueva, N. S. Mechanisms of forming of value in activity of the design-managed organisations. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2010. 1-2(43):4-9.
9. Rach V. A. Methods for assessing of alternative projects of strategies for regional development. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Scientific and practical Conference "Project Management: Current State and Future Perspectives". Mykolaiv, 2009, pp. 4-6.
10. Bushuyev S. D., Molokanova V. M. Value-based approach in managing the development of project-oriented organizations. Proceedings of the 32<sup>th</sup> International Scientific and Practical Conference "Technical Sciences: from Theory to Practice". Novosibirsk, 2014, 3(28), pp. 14-23.
11. Molokanova V.M. Portfolio management of organization development on the basis of value-oriented approach. Management of Development of Complex Systems, 2012. 12:67-74.
12. Bastiani S. S., Cruz I., Fernander C., Gomes E., Ruil, V. Project Ranking-Based Portfolio Selection Using Evolutionary Multiobjective Optimization of a Vector Proxy Impact Measure. Proceedings of the Eureka Fourth International Workshop. Mazatlan, 2013, pp. 6-8.
13. Yu L., Wang S., Wen F., Lai K.K. Genetic Algorithm-Based Multi-Criteria Project Portfolio Selection. Annals of Operations Research, 2012. 19(1):71-86.
14. Bushuyev S. D., Hyba M. I. Temporal optimization of portfolio of workable investment projects. Project management and development of production, 2007. 2(22):36-47.
15. Koshkin, K. V., Voznyj A. M., Shamray A. N. Managing project portfolios of a competitive construction company. Project management and development of production, 2008. 2(26):138-142.
16. Korkhina I. A. One method of formation of the optimal portfolio project of enterprises development. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2012. 2-2(26):34-37.
17. Avdoshin S. M., Lifshits A. A. Project portfolio formation based on fuzzy multi-objective model. Business Informatics. 2014, 1(27):14-22.
18. Chernova, L. S. Formation the portfolios by discrete optimization. Bulletin of Cherkasy State Technological University. 2011, 3:83-87.
19. Grigoryan, T. G., Savina O. Yu. Value approach in projects of innovative development of shipbuilding enterprises as part of marine clusters. The 7<sup>th</sup> International Scientific and Technical Conference "Innovations in Shipbuilding and Ocean Engineering". Mykolaiv, 2016, pp. 370-372.
20. Savina, O. Yu. Features of portfolios projects of science-based enterprises and their management peculiarities. Management of Development of Complex Systems. 2017, 30:62-74.

#### Математична модель ціннісно-орієнтованого управління портфелями проектів наукомістких підприємств О. Ю. Савіна

**Анотация.** Рассмотрена необходимость оптимизации математического аппарата при формировании портфелей проектов наукоемких предприятий на основе ценностно-ориентированного подхода. Разработана математическая модель ценностно-ориентированного управления портфелями проектов наукоемких предприятий на основе усовершенствованной информационной и, интегрированной в нее, экономико-математической модели формирования портфеля проектов. Введены дополнительный показатель инновационной ценности в проектах, которые входят в портфель и ограничение по допустимому совокупному риску портфеля проектов, что, впоследствии, приводит к выбору портфеля с наибольшим значением интегральной ценности.

**Ключевые слова:** портфели проектов, управление портфелями проектов, ценностно-ориентированный подход, наукоемкие предприятия.

## MEDICINE

### Сучасні складові професійної підготовки медичних сестер

В. М. Шапошнікова, О. П. Кравченко, І. Я. Губенко

Черкаська медична академія, Черкаси, Україна  
Corresponding author. E-mail: shvn2014@ukr.net

Paper received 15.08.17; Revised 18.08.17; Accepted for publication 20.08.17.

**Анотація.** В статті розглядаються актуальні питання сучасного розвитку медсестринської освіти в Україні. Акцентується, що необхідним кроком в удосконаленні медсестринської освіти в Україні є впровадження ступеневої освіти: медична сестра – бакалавр – магістр медсестринства. Обґрунтовано необхідність використання ступеневості в підготовці медсестер як основоположного принципу функціонування безперервної системи освіти та виховання особистості. Підкреслюється вплив інноваційних технологій на покращення якості знань майбутніх фахівців.

**Ключові слова:** медсестринська освіта, бакалавр, магістр, безперервна ступенева підготовка медсестер.

**Вступ** Однією із передумов для надання населенню ефективної медичної допомоги є забезпечення практичної ланки охорони здоров'я висококваліфікованими кадрами. Сьогодні від якості підготовки медичного фахівця, його професійної компетентності, гуманного ставлення до пацієнта залежать позитивні зміни у сфері медицини, а головне – надання якісної та своєчасної медичної допомоги населенню.

Сучасні умови життя, соціальні та геополітичні зміни в світі потребують удосконалення професійної компетентності медиків, що, в свою чергу, ставить нові задачі у сфері медичної освіти, зокрема у практичній підготовці медичних фахівців середньої ланки.

Актуальним напрямом розвитку освітніх систем у світі є направленість на безперервність. Принципи безперервності освіти запроваджуються у системі освіти багатьох країн. Так країнами Євросоюзу (ЄС) у 1991 р. була створена Мережа безперервної освіти Європейських університетів, до якої увійшли 160 закладів вищої освіти з 27 країн [1, 2]. Безперервність освіти, зокрема медсестринської, є потребою сьогодення, оскільки неможливо забезпечити підвищення якості освіти без даної тенденції.

**Огляд публікацій із теми** Незважаючи на певне висвітлення даної теми у різних інформаційних джерелах, ще існують питання до фахової підготовки медичних працівників середньої ланки, які залишаються недостатньо вивченими [1, 2, 3].

Пригадуючи світову історію медсестринства, слід відмітити значний вклад, який внесла у її розвиток Ф. Натінгейн. У своїй відомій праці «Записки про сестринську справу» (1859 р.), вона уперше сформувала комплексний медсестринський підхід по догляду за пацієнтами та розробила систему підготовки сестер милосердя. В основі її системи навчання лежав перелік професійних обов'язків медсестри, принципи якого актуальні й зараз. Концепцію сестринської справи Натінгейн позитивно сприйняли та тривалий час застосовували в країнах Європи та США.

В Україні офіційне визнання професії медсестри стало найбільш актуальним лише у період Кримської війни (1853-1856 рр.). На початку якої М. Пирогов організував загін медсестер милосердя для догляду за пораненими.

Системна підготовка медичних сестер в Україні розпочалася із другої половини XIX століття у Харкові (1874 р.) та Києві (1875 р.). У 50-х роках минулого століття у СРСР був започаткований якісно новий підхід до підготовки медиків, зокрема й медичних сестер – «семашківська система медицини», яка була визнана ВООЗ, на той час, кращою у світі.

На сьогодні існують різні сучасні моделі підготовки медсестер, які змінюються від соціальних потреб різних країн. Проте, кращим, на сьогодні, є принцип сімейної медицини та модель сімейної медичної сестри. Відповідно до цього принципу змінюється роль медичної сестри, зростають вимоги до її обов'язків, знань, вмінь та якості підготовки.

Отже, за вимогою часу та суспільства, актуальним та необхідним кроком в удосконаленні медсестринської освіти в Україні є впровадження нових форм професійної підготовки фахівців. Стратегією розвитку медсестринської освіти на сьогодні в Україні є введення ступеневої безперервної освіти. Відомо, що ефективність функціонування системи безперервної освіти забезпечується злагодженою взаємодією її складових. Важливим компонентом даної системи освіти є ступенева професійна підготовка, яка передбачає завершену і поступову підготовку фахівців. Ступенева підготовка створює умови для поступового виконання кожним ступенем певних задач та функцій, які поєднуються у єдину систему знань. Разом з цим, реалізується принцип завершеності освіти на кожному ступені професійної підготовки, тобто, забезпечується належний рівень фахової компетентності, необхідний для активної трудової діяльності та створюється можливість для подальшого професійного удосконалення фахівця, враховуючи потреби певної особи [1, 2].

В Україні уже започаткована система ступеневої підготовки медичних сестер у ряді вищих навчальних закладів. Черкаська медична академія має досвід ступеневої підготовки фахівців середньої ланки медицини, зокрема медичних сестер, що проходить за ступеневою системою, яка включає в себе: I ступінь – підготовку дипломованої медичної сестри; II ступінь – медичної сестри-бакалавра; III ступінь – медичної сестри-магістра.

Відповідно до навчальних планів відбувається послідовна ступенева підготовка спеціалістів. Так, осно-

вним завданням у програмі підготовки дипломованої медичної медсестри є засвоєння знань та навичок, необхідних для виконання найзагальніших професійних медсестринських маніпуляцій під керівництвом лікаря, у той час, як головним завданням підготовки медсестри-бакалавра є поглиблення знань і вдосконалення професійних вмінь, а також оволодіння навичками управлінської діяльності й педагогічної майстерності; медсестра-магістр має оволодіти вищим рівнем знань та уже може займатись науковою діяльністю. Науково-педагогічний колектив академії формує у студентів на кожному етапі підготовки фахівців відповідний рівень знань, професійні уміння й навички та сприяє комплексному розвитку майбутнього медичного фахівця як особистості [3].

**Мета дослідження:** вивчення основних аспектів підготовки медичних сестер у контексті неперервної ступеневої освіти, з'ясування ефективності застосування інноваційних методів навчання у навчально-виховному процесі.

**Матеріали та методи** Предметом дослідження були основні складові ступеневої професійної підготовки медичного фахівця та їх апробація у Черкаській медичній академії. У процесі роботи використані емпіричні, статистичні та аналітичні методи дослідження.

**Результати та їх обговорення** Дослідження проведено серед студентів різних курсів, які навчаються за спеціальністю 223 «Медсестринство». Для спостереження були визначені основна група студентів (кількість  $n=64$  осіб) та контрольна ( $n=62$ ) група. Під час проведення навчального процесу у студентів основної групи застосовувались інноваційні методи навчання; під час навчального процесу у студентів контрольної групи використані традиційні методи. В усіх групах проведено анонімне анкетування, визначений початковий та кінцевий рівень знань із основних дисциплін, проведені контрольні заміри виконання студентами практичних навичок та вмінь на практичних заняттях.

В основній групі студентів викладачами проведена комплексна робота, направлена на формування якісно нового спеціаліста, здатного не лише здійснювати фахову діяльність у рутинних стандартних умовах, а й в екстремальних ситуаціях (для I ступеню освіти) та дослідної роботи й менеджменту у медицині для бакалаврів та магістрів (II та III ступінь). Студенти основної групи при проведенні перевірки якості знань показали вищі показники успішності, порівняно з контрольною групою, ( $p < 0,001$ ). Встановлено, що задля досягнення високого рівня професійної підготовки медсестер, необхідно забезпечити широку загальноосвітню підготовку ще на I рівні освіти, що сприятиме формуванню мотивації та потреби у професійному самовдосконаленні.

Поряд із цим, встановлено, що пріоритетними у формуванні майбутнього фахівця залишаються навички професійного клінічного мислення, для якого характерним є взаємозв'язок розумових процесів та практичних дій. Виявлено, що основною умовою у процесі отримання знань є самодисципліна студента, яка суттєво впливає на їх якість, про що свідчить проведена перевірка теоретичних знань і практичних на-

вичок студентів основної та контрольної груп (вищі показники у основній групі, порівняно з контрольною ( $p < 0,03$ ).

За результатами проведеного дослідження, підтверджені дані про те, що використання у навчальному процесі гнучких організаційних форм навчання, сучасних інформаційних та комунікаційних технологій посилює інтерес студентів до отримання знань, що при проведенні перевірки якості знань дало вищі показники в основній групі, порівняно із контрольною групою ( $p < 0,02$ ). Виявлено, що практична робота у сфері практичної медицини при проходженні навчальної та виробничої практик формує мотивацію до отримання нових знань, професійного розвитку.

У той же час, встановлено, що важливу роль у формуванні пізнавальних потреб фахівця відіграють його індивідуальні психологічні особливості, соціальні та сімейні чинники, про що свідчать проведенні перевірки якості знань студентів різних груп. Саме тому, безперечно, велику увагу доцільно приділяти цілеспрямованій індивідуальній роботі зі студентами, здебільшого на I етапі навчання.

В Черкаській медичній академії постійно проходить пошук та провадження сучасних ефективних методів та форм навчання. Так, основними із них ми бачимо: викладання на базі концепції проблемно-орієнтованого навчання з метою формування професійного мислення, застосування міждисциплінарного підходу та організація навчального процесу, орієнтованого на особистість студента [3].

Увага педагогічного колективу академії зосереджується на створенні сприятливої емоційної атмосфери на заняттях, формуванні у студентів потреби у пошуковій та науковій роботі. Поряд із цим, у навчальному процесі вагоме значення мають організаційні засади та виховання гуманності у майбутніх медиків, педагогічний колектив академії переглянув і удосконалив ці питання навчально-виховного процесу. Так, усі студенти академії додатково прослухали факультатив щодо надання психологічної допомоги потерпілим та першої медичної допомоги у зоні бойових дій, терористичних актів та інших надзвичайних ситуацій. Регулярно проводиться Всеукраїнська студентська конференція «Україна – понад усе!». Важливим є відродження кращих традицій виховання студентів на прикладі видатних медиків, науковців, вклад яких у розвиток медицини є безцінним.

У навчальному закладі здійснюється не лише ступенева підготовка спеціалістів нового типу, а й підвищення кваліфікації кадрів середньої ланки медицини та їх перепідготовка. Цей процес забезпечується та вдосконалюється при тісній взаємодії колективу академії із фахівцями закладів практичної охорони здоров'я.

Таким чином, результати апробації свідчать, що вдале практичне застосування нових методів у навчально-виховному процесі є ефективним та доцільним. Взаємозбагачуючим є поєднання у навчальному закладі двох структурних складових до дипломної і післядипломної підготовки медичних працівників. Співпраця до дипломної освіти (медична сестра; медична сестра-бакалавр; медична сестра-магістр) та післядипломної освіти (цикли тематичного удоскона-

лення та курси спеціалізації медичних сестер) є плацдармом, на якому базуються основи безперервного професійного розвитку середніх медичних працівників та є дотриманням парадигми - освіта протягом усього життя.

**Висновки** Основними складовими сучасної якісної підготовки медичної сестри є ступеневість в отриманні освіти, що створює оптимальні умови для послідовного удосконалення професійної підготовки медичної сестри.

Послідовність ступеневої освіти сприяє розвитку фахівця у різних аспектах: здобутті вищого рівня компетенції, становленні особистості, зокрема формуванні самодисципліни, професійного саморозвитку; потреби до постійного удосконалення професійних вмінь.

Ступенева безперервна освіта вимагає від викладачів застосування нових підходів у проведенні на-

вчально-виховної роботи, використання в навчальному процесі інноваційних педагогічних технологій, які підвищують якість підготовки фахівців.

Встановлено, що у навчально-освітньому процесі пріоритетним питанням є формування у студента активної творчої позиції щодо професійної компетентності. Отже, майбутньому медику, який буде працювати в умовах постійного оновлення інформаційного поля, слід прагнути до самовдосконалення, дотримуючись принципів безперервної послідовної освіти протягом життя.

На нашу думку, з метою підвищення ефективності навчального процесу та удосконалення підготовки медичних кадрів для практичної ланки системи охорони здоров'я, доцільним є інтеграція до дипломного та післядипломного періодів навчання медичних сестер у базові вищі медичні навчальні заклади.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Віденко Б.Г. Індивідуальна підготовка медичних працівників – суттєвий крок безперервного професійного розвитку / Б.Г. Віденко, Г.В. Даценко // *Новости медицины и фармации* – 2012. – № 16(46). – С. 26–27.
2. Паласюк Г.Б. Наступність у системі неперервної підготовки медсестер вищих медичних закладів освіти // *Наукові праці. Педагогіка.* – 2010. – № 131.-Т.144 – С. 11–15.
3. Чернишенко Т.І., Губенко І.Я., Бразалій Л.П. / Проблемні питання мед сестринської освіти та практики в Україні // *Буковинський медичний вісник, спеціальний випуск «Матеріали конгресу «Розвиток мед сестринської справи в Україні».* 2007. – С. 11–14.

#### REFERENCES

1. Videnko B.G. Medical assistance for medical professionals - Suttievu krok pereprovnoho professional rozvitku / B.G. Videnko, G.V. Datsenko // *News of Medicine and Pharmacy* - 2012. - № 16 (46). - P. 26-27.
2. Palasiuk G.B. Continuity in the system of continuous training of nurses in higher medical education institutions // *Scientific works. Pedagogy.* - 2010. - No. 131.-T.144 - P. 11-15.
3. Chernishenko TI, Gubenko I.Ya., Brazaliy LP. / *Problemy pityannya honey sesterinskooy osviti ta praktiki v Ukraini // Bukovyns'kyi medichnyi visinik, spetsialniy vypusk "Materiali kongresu" Sourcing of nurses in Ukraine* ". 2007. - P. 11-14.

#### Modern Constituents of Medical Nurses` Professional Training V. N. Shaposhnikova, O. P. Kravchenko, I. Ya. Gubenko

**Abstract.** The problems of nursing education in Ukraine at the present stage are discussed in the article. The implementation of the continuous nursing education: Nursing assistant – Bachelor of Nursing – Master of Nursing plays an essential role in the improvement of Ukrainian nursing education. The necessity of using the sequence in the training of nurses as a fundamental principle of functioning of the continuous system of education and upbringing of the personality is substantiated. The influence of innovative technologies in the improvement of quality of knowledge of future specialists is underlined.

**Keywords:** *nurses`training, nursing assistant, Bachelor of Nursing, Master of Nursing, continuous nursing education.*

#### Современные составляющие профессиональной подготовки медицинских сестер

**В. Н. Шапошникова, Е. П. Кравченко, И. Я. Губенко**

**Аннотация.** В статье рассматриваются проблемы медсестринского образования в Украине на современном этапе. Подчеркивается, что необходимым шагом в усовершенствовании медсестринского образования в Украине является внедрение непрерывного образования: медицинская сестра – бакалавр – магистр медсестринства. Обосновано необходимость использования последовательности в подготовке медсестер как основоположного принципа функционирования непрерывной системы образования и воспитания личности. Подчеркивается влияние инновационных технологий на улучшение качества знаний будущих специалистов.

**Ключевые слова:** *медсестринское образование, бакалавр, магистр, непрерывная подготовка медсестер.*

## Айкідо як метод самоконтролю та зниження рівня тривожності школярів

О. В. Стегура, О. А. Дуло\*

Ужгородський національний університет, Україна  
\*Corresponding author. E-mail: olena.dulo@uzhnu.edu.ua

Paper received 21.08.17; Revised 26.08.17; Accepted for publication 28.08.17.

**Анотація.** В науковій статті показана доцільність вивчення та використання технік айкідо як методу корекції тривожності у підлітків 12-14 років. Доведена висока ефективність впливу занять айкідо на емоційний стан підлітків на підставі нормалізації коефіцієнта тривожності учнів експериментальної групи, а також достовірного зниження рівня шкільної тривожності за вісьмома факторами опитувальника Філіпса, що є позитивним наслідком для дітей в період переходу від молодшого шкільного віку до підліткового.

**Ключові слова:** айкідо, тривожність, підлітковий вік.

**Вступ.** Тривожність — це переживання емоційного дискомфорту, пов'язане з очікуванням невдач, відчуттям небезпеки. Підвищена тривожність є причиною багатьох психологічних труднощів дитинства, в тому числі багатьох порушень розвитку. Щоб зміни в ставленні підлітка до власного «Я» були позитивними, і в процесі його розвитку можна було уникнути невдач, що супроводжує досягнення успіху у підлітковому віці, йому треба допомогти пізнати свій внутрішній світ та інших людей, навчити відчувати й аналізувати себе, адекватно оцінювати реальні успіхи і запобігати невдачам. Актуальність досліджуваної теми безсумнівна, адже стосується пошуку конкретних факторів впливу на поведінку людини з домінантою негативних емоцій, із виявом шкільної тривожності, що супроводжується бажанням особистості відтворювати конфліктогенні події з подальшим самоприпиненням, сором за свої прорахунки. Ці страждання підлітків стають причиною зниження в них рівня самоповаги як впевненості у своїх здібностях та можливостях [5, 7, 8].

**Короткий огляд публікацій по темі.** За даними авторів [1, 3], можна припустити, що для оптимізації процесу особистісного розвитку і корекції несприятливих психічних станів з успіхом можна використовувати методи психологічної корекції, що реалізує цей взаємозв'язок. Через роботу з фізичним станом дітей, що займаються фізичними вправами, за думкою спеціалістів, можна впливати на розвиток особистості [4, 5], що формується, і оптимізацію психічного стану [2, 4, 6].

Юні спортсмени відрізняються від однолітків, які не займаються спортом, реалістичністю самооцінки, меншою боязливістю невдач, більш низькою тривожністю. Експериментально доведено, що заняття спортом, спрямовані на саморозвиток особистості, сприяють підвищенню адекватності відношення до успіхів і невдач, зниженню тривожності у спортсменів підліткового віку, і як наслідок підвищують стійкість до життєвого стресу. Юні спортсмени (дівчатка і хлопчики) відрізняються від ровесників, які не займаються спортом, меншою кількістю кореляційних зв'язків між показниками самооцінки, мотивації досягнень, тривожності [2, 3, 4, 5]. Це вказує на більшу диференційованість самовідношення і мотивації юних спортсменів, що обумовлена досвідом, який набувається в процесі занять спортом, успіхів і невдач, співвідношення самооцінок з оцінками, що отримуються ззовні [3, 5, 6, 8].

Таким чином, актуальність проведеного дослідження обумовлена пошуком немедикаментозних засобів корекції, які би сприяли зменшенню рівня тривожності підлітків, а також недостатнім вивченням співвідношення позитивних і негативних наслідків включення в заняття технік айкідо в період переходу від молодшого шкільного віку до підліткового.

**Мета роботи.** Вивчити вплив технік айкідо на рівень тривожності школярів 12-14 років.

**Матеріали та методи.** Проведено оцінку ефективності впливу занять айкідо на рівень тривожності школярів 12-14 років. У дослідженні взяли участь 136 учнів, з яких експериментальну групу (ЕГ) склали 72 школярів, контрольну групу (КГ) 64 учні. Школярі ЕГ займалися айкідо на базах клубу «Міраї» та «Академії СіЧ» м. Ужгорода Закарпатської обл. Заняття тривали 90 хвилин тричі на тиждень протягом 9 місяців. Учні КГ продовжували навчання за шкільною програмою. Оцінка рівня тривожності проводилась у школярів обох груп на початку дослідження, а також наприкінці дослідження, тобто через 9 місяців. Оцінювали рівень тривожності шляхом анкетування з використанням тесту шкільної тривожності Філіпса (за 8 факторами) та опитувальника Дж. Тейлора, а також застосовували метод педагогічного спостереження. Учні ЕГ під час занять айкідо працювали за спеціально розробленою методикою корекції тривожності, з використанням традиційних правил поведінки прийнятих у всьому світі Айкідо, яка полягала у використанні таких факторів впливу:

- етикет під час занять;
- авторитет сенсея (тренера);
- відповідальність за здоров'я і безпеку партнерів – фактор впливу, що покращує емоційний стан дитини, на фоні якого розвиваються його соціальні контакти (насамперед – з однолітками), а також усуває емоційні переживання в ситуаціях, що пов'язані з саморозкриттям, представлення себе іншим, демонстрації своїх навичок та вмінь;
- повага до сempaїв (старших по рівню учнів) та їх знань – фактор впливу, який спрямовує підлітка спокійно реагувати на значимість своїх досягнень з боку оточуючих, їх оцінювань та очікування негативних оцінок, зверхнього ставлення;
- постійне удосконалення своїх навичок – фактор впливу, який усуває негативне відношення і відчуття тривоги під час перевірки знань, досягнень та можливостей учня;
- показові виступи та атестації на пояси – фактор впливу, який усуває негативний емоційний фон відносин підлітка з дорослими в школі, що призводить до покращення успішності навчання та загального емоційного стану дитини, що пов'язаний з різними формами її шкільного життя.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Результати досліджень рівня шкільної тривожності підлітків за тестом Філіпса виявили найвищий рівень тривожності учнів ЕГ та КГ за такими факторами: страх самовираження  $68,2 \pm 1,5$  та  $60,3 \pm 1,6$  відповідно, страх перевірки знань  $59,7 \pm 1,4$  та  $61,1 \pm 1,5$  відповідно, проблеми і страх у відношенні з вчителями  $53,8 \pm 1,6$  та  $64,2 \pm 1,5$ . Найниж-

чий рівень тривожності учнів ЕГ та КГ спостерігався за фактором переживання соціального стресу  $16,5 \pm 1,1$  та  $14,9 \pm 1,2$  відповідно, за фактором низького фізіологічного опору стресу  $19,0 \pm 1,1$  та  $18,5 \pm 0,9$  відповідно, за фактором фрустрації потреби у досягненні успіху  $17,1 \pm 1,0$  та  $16,4 \pm 0,9$ . Середній рівень тривожності у підлітків ЕГ

та КГ спостерігався за фактором загальної тривожності у школі та фактором страху не відповідати очікуванням оточуючих. За рівнем тривожності учні обох груп між собою не відрізнялися,  $p > 0,05$ . Результати оцінки шкільної тривожності за тестом Філіпса на початку дослідження представлені у табл. 1.

**Таблиця 1.** Оцінка шкільної тривожності підлітків за тестом Філіпса,  $n=136$  ( $M \pm m$ )

№ п/п	Фактори	ЕГ (n=72)	КГ (n=64)	P	Рівень тривожності
1	загальна тривожність у школі (E=22)	$48,1 \pm 1,4$	$47,2 \pm 1,3$	$> 0,05$	середній
2	переживання соціального стресу (E=11)	$16,5 \pm 1,1$	$14,9 \pm 1,2$	$> 0,05$	низький
3	фрустрація потреби у досягненні успіху (E=13)	$17,1 \pm 1,0$	$16,4 \pm 0,9$	$> 0,05$	низький
4	страх самовираження (E=6)	$68,2 \pm 1,5$	$60,3 \pm 1,6$	$> 0,05$	високий
5	страх ситуації перевірки знань (E=6)	$59,7 \pm 1,4$	$61,1 \pm 1,5$	$> 0,05$	високий
6	страх не відповідати очікуванням оточуючих (E=5)	$35,1 \pm 1,2$	$37,6 \pm 1,3$	$> 0,05$	середній
7	низький фізіологічний опір стресу (E=5)	$19,0 \pm 1,1$	$18,5 \pm 0,9$	$> 0,05$	низький
8	проблеми і страх у відношенні з вчителями (E=8)	$53,8 \pm 1,6$	$64,2 \pm 1,5$	$> 0,05$	високий

Примітка: P – вірогідність різниці показників у школярів ЕГ та КГ

При оцінці рівня тривожності за опитувальником Дж. Тейлора на початку дослідження коефіцієнт тривожнос-

ті ( $K_{TP}$ ) учнів ЕГ та КГ був вище норми  $0,321 \pm 0,08$  та  $0,297 \pm 0,08$  відповідно, за рівнем тривожності учні обох груп між собою не відрізнялися (табл. 2).

**Таблиця 2.** Оцінка рівня тривожності підлітків за опитувальником Дж. Тейлора,  $n=136$  ( $M \pm m$ )

№ п/п	Рівень тривожності	ЕГ (n=72)	КГ (n=64)	P
1	Коефіцієнт тривожності $K_{TP}$	$0,321 \pm 0,08$	$0,297 \pm 0,08$	$> 0,05$

Примітка: P – вірогідність різниці показників у школярів ЕГ та КГ

Після проведених занять айкідо в учнів ЕГ, які мали емоційний дискомфорт, показники тривожності з високого рівня достовірно знизились до низького, а саме: за фактором страху самовираження показник зменшився в

1,64 рази до  $41,7 \pm 0,85$ , за фактором страху ситуації перевірки знань показник зменшився у 1,78 рази до  $33,6 \pm 1,2$ , за фактором проблем і страху у відношенні з вчителями показник зменшився у 1,71 рази до  $31,5 \pm 1,2$  ( $p < 0,05$ ).

**Таблиця 3.** Вплив занять айкідо на рівень шкільної тривожності підлітків за тестом Філіпса,  $n=136$  ( $M \pm m$ )

№ п/п	Фактори	ЕГ (n=72)		КГ (n=64)	
		до занять	після занять	до занять	після занять
1	Загальна тривожність у школі (E=22)	$48,1 \pm 1,4$	$19,2 \pm 1,3$	$47,2 \pm 1,3$	$38,3 \pm 1,4$
	P – вірогідність змін	$P_1 < 0,05$		$P_2 > 0,05$	
	кратність змін	2,51		1,23	
2	Переживання соціального стресу (E=11)	$16,5 \pm 1,1$	$8,3 \pm 0,8$	$14,9 \pm 1,2$	$10,1 \pm 1,2$
	P – вірогідність змін	$P_1 < 0,05$		$P_2 > 0,05$	
	кратність змін	1,99		1,48	
3	Фрустрація потреби у досягненні успіху (E=13)	$17,1 \pm 1,0$	$9,2 \pm 0,9$	$16,4 \pm 0,9$	$11,4 \pm 1,1$
	P – вірогідність змін	$P_1 < 0,05$		$P_2 > 0,05$	
	кратність змін	1,86		1,44	
4	Страх самовираження (E=6)	$68,2 \pm 1,5$	$41,7 \pm 0,85$	$60,3 \pm 1,6$	$56,4 \pm 1,5$
	P – вірогідність змін	$P_1 < 0,05$		$P_2 > 0,05$	
	кратність змін	1,64		1,07	
5	Страх ситуації перевірки знань (E=6)	$59,7 \pm 1,4$	$33,6 \pm 1,2$	$61,1 \pm 1,5$	$51,0 \pm 1,2$
	P – вірогідність змін	$P_1 < 0,05$		$P_2 > 0,05$	
	кратність змін	1,78		1,20	
6	Страх не відповідати очікуванням оточуючих (E=5)	$35,1 \pm 1,2$	$14,4 \pm 1,0$	$37,6 \pm 1,3$	$29,2 \pm 1,2$
	P – вірогідність змін	$P_1 < 0,05$		$P_2 > 0,05$	
	кратність змін	2,44		1,29	
7	Низький фізіологічний опір стресу (E=5)	$19,0 \pm 1,1$	$11,2 \pm 1,3$	$18,5 \pm 0,9$	$15,6 \pm 1,1$
	P – вірогідність змін	$P_1 < 0,05$		$P_2 > 0,05$	
	кратність змін	1,70		1,19	
8	Проблеми і страх у відношенні з вчителями (E=8)	$53,8 \pm 1,6$	$31,5 \pm 1,2$	$64,2 \pm 1,5$	$55,1 \pm 1,6$
	P – вірогідність змін	$P_1 < 0,05$		$P_2 > 0,05$	
	кратність змін	1,71		1,17	

Учні ЕГ, які мали емоційний дискомфорт, продемонстрували достовірне ( $p < 0,05$ ) зниження тривожності з середнього та низького рівня до показників відсутності підвищеного рівня тривожності, а саме: за фактором

загальної тривожності у школі показник зменшився у 2,51 рази до  $19,2 \pm 1,3$ , за фактором страху не відповідати очікуванням оточуючих показник зменшився у 2,44 рази до  $14,4 \pm 1,0$ , за фактором переживання соціального стресу



су показник зменшився в 1,99 рази до  $8,3 \pm 0,8$ , за фактором фрустрації потреби у досягненні успіху показник знизився в 1,86 рази до  $9,2 \pm 0,9$ . Натомість в учнів КГ, які продовжували навчання за шкільною програмою і не займалися технікою айкідо, достовірних змін показників рівня тривожності не відбулося ( $p > 0,05$ ), табл. 3.

Примітка:  $P_1$  – вірогідність різниці показників учнів ЕГ до та після занять айкідо;  $P_2$  – вірогідність різниці показників учнів КГ до та після занять за шкільною про-

грамою

При оцінці динаміки рівня тривожності за опитувальником Дж. Тейлора у школярів ЕГ в процесі занять айкідо  $K_{тр}$  достовірно знизився з  $0,321 \pm 0,08$  до  $0,214 \pm 0,07$  ( $p < 0,05$ ), кратність змін становила 1,50. Натомість, у школярів КГ, які не займалися технікою айкідо, рівень тривожності не змінився, а  $K_{тр}$  залишився без достовірних змін, табл. 4.

**Таблиця 4.** Вплив занять айкідо на рівень тривожності підлітків за опитувальником Дж. Тейлора,  $n=136$  ( $M \pm m$ )

№ п/п	Рівень тривожності	ЕГ (n=72)		КГ (n=64)	
		до занять	після занять	до занять	після занять
1	Коефіцієнт тривожності ( $K_{тр}$ )	$0,321 \pm 0,08$	$0,214 \pm 0,07$	$0,297 \pm 0,08$	$0,252 \pm 0,09$
	$P_1$ – вірогідність змін	$P_1 < 0,05$		$P_2 > 0,05$	
	кратність змін	1,50		1,18	

**Висновки.** Запропонована програма занять айкідо з метою корекції рівня тривожності підлітків включала 6 факторів впливу, а саме: етикет під час занять, авторитет сенсея, відповідальність за здоров'я і безпеку партнерів, повага до семпаї та їх знань, постійне удосконалення своїх навичок, показові виступи та атестації на пояси. В результаті занять айкідо в учнів ЕГ спостерігалось достовірне зниження показника загального рівня тривожності в школі в 2,51 рази, показник фактору страху не відповідає очікуванням оточуючих знизився у 2,44 рази, показник фактору переживання соціального стресу

знизився у 1,99 рази (за тестом Філіпса) та відбулася достовірна позитивна динаміка  $K_{тр}$  з  $0,321 \pm 0,08$  до  $0,214 \pm 0,07$  ( $p < 0,05$ ), тоді як рівень тривожності за  $K_{тр}$  опитувальника Дж. Тейлора в учнів КГ залишився без істотних змін. Вказані позитивні зміни обґрунтовують доцільність призначення занять айкідо у школярів, які мають підвищений рівень тривожності, що буде сприяти усуненню емоційного дискомфорту підлітків та нормалізації психічного стану дітей.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Алієв М. Н. Виховання морально-вольових якостей у дітей засобами фізичної культури / М.Н. Алієв, А. Г. Гусейнов // Педагогіка. 2008. - № 1. - С. 67-73.
2. Велканова Я.Х. Влияние занятий спортом на развитие личностных предпосылок устойчивости к стрессу в подростковом возрасте / Я.Х. Велканова. – Краснодар, 2005. – 179 с.
3. Дуло О.А. Перспективи вивчення айкідо як методу корекції сколіотичної постави та тривожності у підлітковому віці (огляд літератури) / О.А. Дуло, О.В. Стегура // Science and Education a New Dimension. – Natural and Technical sciences IV (11). – 2016. – Issue 96. – P. 13 – 16.
4. Елисеєв Е.В. Определение степени влияния занятий айкидо на точность движения детей с церебральным параличом / Е.В.

- Елисеєв // Вестник. Научный журнал Челябинского университета. – 2014. – №1. – С.35-38.
5. Сен В.Д. Нравственно-волевое воспитание подростков средствами восточного единоборства в системе дополнительного образования: на материале занятий кудо / В.Д. Сен. – Белгород, 2008. – 196 с.
6. Чехонин А.Д. Нравственное воспитание подростка в процессе занятий айкидо / А.Д. Чехонин. – Тюмень, 2010. – 223 с.
7. Dobson M., Markham R. Individual differences in anxiety level and lyewithness memory // J. Gen. Psychol., 1992. №4. - P.343-350.
8. Keltikanges Iarvien L., Kangas P. Problem - solving strategies in aggressive and nonaggressive children // Aggr. Behov. 1988. - №4. - P.255-264.

#### REFERENCES

1. Aliev M. Training moral and volitional features of children with physical education / M. Aliev, A. Guseinov // Pedagogics. 2008. - №1. P. 67-73.
2. Velkanova Y. Sport influence on teenagers' resistance to stress / Y. Velkanova. – Krasnodar, 2005 – 179 p.
3. Dulo O. Perspectives of studying aikido as a method of scoliotic posture and teenagers' anxiety level correction (literature review) / O. Dulo, O. Stegura // Science and Education a New Dimension. – Natural and Technical sciences IV (11). – 2016. – Issue 96. – P. 13 – 16.
4. Eliseev E. Definition of aikido influence on movements accuracy of children with cerebral paralysis / E. Eliseev // Gazette. Science

- journal of Chelyabinsk University. – 2014. - №1. – P. 35-38.
5. Sen V. Teenagers' moral and volitional training with eastern martial arts in additional education system: with kudo trainings / V. Sen. – Belgrade, 2008 – 196 p.
6. Chehonin A. Teenager's moral training during the aikido exercises / A. Chehonin. – Tyumen, 2010. – 223 p.
7. Dobson M., Markham R. Individual differences in anxiety level and lyewithness memory // J. Gen. Psychol., 1992. №4. - P.343-350.
8. Keltikanges Iarvien L., Kangas P. Problem - solving strategies in aggressive and nonaggressive children // Aggr. Behov. 1988. - №4. - P.255-264.

#### **Aikido as a method of self-control and reducing the level of anxiety of pupils**

**O. V. Stegura, O. Dulo**

**Abstract.** In a science article shows the feasibility of studying and using aikido techniques as a method of anxiety correction of 12-14 year old teenagers. It's proved, that aikido classes have the high-effective influence on the emotional state of teenagers, because of the normalization of anxiety coefficient of the experimental group pupils. There's also the reducing the level of school anxiety by the eight factors of the Philips's questionnaire. It means, that aikido classes have a positive influence for children during the transition from primary school age to adolescence.

**Keywords:** Aikido, anxiety, adolescence.

#### **Айкідо как метод самоконтроля и снижения уровня тревожности школьников**

**О. В. Стегура, Е. А. Дуло**

**Аннотация.** В научной статье показана целесообразность изучения и использования техник айкідо как метода коррекции тревожности у подростков 12-14 лет. Доказана высокая эффективность воздействия занятий айкідо на эмоциональное состояние подростков на основе нормализации коэффициента тревожности учеников экспериментальной группы, а также достоверного снижения уровня школьной тревожности по восьми факторам теста Филлипса, что оказывает позитивное воздействие на детей в период перехода от младшего школьного возраста к подростковому.

**Ключевые слова:** айкідо, тревожность, подростковый возраст.

## PHYSIOLOGY

### Special Preparedness of Football Players with Different Typological Properties of Higher Parts of Central Nervous System

V. Lizogub, V. Suprunovych, V. Pustovalov, S. Grechukha, L. Uhimenko

M. Bosyi Research Institute of Physiology, Educational and Scientific Institute of Physical Culture, Sport and Health, Cherkasy  
B. Khmelnytsky National University, Cherkasy, UKRAINE  
Corresponding author. E-mail: v\_lizogub@ukr.net; ViktoryS1987@ukr.net

Paper received 23.06.17; Revised 29.06.17; Accepted for publication 01.07.17.

**Abstract.** In modern football, the search of the criteria, which are characterized by sustainable biological nature and might be informative for the management and prediction of individual sport training, is of growing interest. We consider that individual-typological properties of higher parts of the central nervous system can meet these requirements. Thus, the goal of the research was to find out what individual-typological properties of higher parts of the central nervous system are fixed genetically and to determine their correlation with the indicators of special preparedness and bioenergetics of football players. We performed the investigation using “Diagnost-1M” and “D & K-Test” computer devices on 13 pairs of monozygotic (MZ) and 12 dizygotic (DZ) twins who did not go in for sport and 26 professional football players, and determined typological properties of the nervous system. Besides, we found physical and technical preparedness of the football players. We found the expressed hereditary conditionality for the functional mobility of the nervous processes (FMNP) (70%) and the relative predominance of genotypic factors (50%) for the strength of the nervous processes (SNP) and the equilibrium of the nervous processes (ENP). We determined the predominance of phenotypic factors (30%) for the indicators of sensorimotor reactions. The indicators of bioenergetics metabolism, physical and technical preparedness, expert evaluation of game activity of the highly qualified football players depended on the genetically determined properties – the functional mobility of the nervous processes.

**Keywords:** *neurodynamic properties, genetics, football players, bioenergetics.*

**Introduction.** Modern football is characterized with tremendous transformation in the techniques and tactics of the game, in the structure of physical training, the strategy of competitive struggle and planning of training process [8, 9, 16]. Under these conditions, an individual approach should be used in the organization of training process [2, 3, 11]. The indicators of physical, technical or functional preparedness of football players, player roles, body types, biological age, personal characteristics can be the criteria of this approach [16, 18, 20]. The search of the criteria characterized by sustainable biological nature or genetically determined ones, which can be informative for the management and prediction of individual sport training, is of particular interest [1, 14, 15, 17, 19]. We think that individual-typological properties of higher parts of the central nervous system: functional mobility, strength and equilibrium of the nervous processes and some indicators of sensorimotor reactions, can meet such requirements [4, 10].

It is important to study the speed opportunities of sensorimotor characteristics of the nervous system because the efficiency of football players' game activity depends mostly on physical, technical, psychological and tactic training, the functional mobility of the main systems, the bioenergetics condition of muscles, the sportsman's ability to perception, analysis and processing information [7, 16]. The study of typological characteristics of higher parts of the central nervous system and sensorimotor reactions can give additional information about the special preparedness of sportsmen. However, the typological characteristics of higher parts of the central nervous system and sensorimotor reactions of football players are insufficiently studied. The search of talented young sportsmen and the efficient methods of the management of training process and game activity of football players causes the necessity to consider individual-typological

features of players.

Considering the mentioned above, the work is based on the investigation and analysis of the correlation of individual-typological properties of high parts of the nervous system and sensorimotor reactions and their relationship with bioenergetics characteristics, technical and physical preparedness of professional football players.

The goal of the research was to find out what individual-typological properties of higher parts of the central nervous system are genetically fixed and to determine their correlation with the indicators of special preparedness and bioenergetics of football players.

**Material & methods.** Typological properties of the nervous system, namely, the functional mobility (FMNP), strength (SNP) and equilibrium of the nervous processes (ENP), latent periods of simple (SVMR) and complex response of choosing one (RC1-3) and two (RC2-3) signals out of three ones, were determined in 13 pairs of monozygotic (MZ) and 12 pairs of dizygotic (DZ) twins, who did not go in for sport, and 26 professional football players using the computer device of “Diagnost-1M” [12].

FMNP was determined according to the results of processing complex visual information in “the imposed rhythm” mode consisting in the differentiation of positive and inhibitory stimuli (geometric shapes). The maximum rate of processing signals in which the examinee had not more than 5.0-5.5% of errors served as a quantitative indicator of FMNP. The higher the rate of information processing was, the higher FMNP was. SNP was evaluated according to the indicator of cerebral cortex performance which was estimated by the number of errors (%) committed by an examinee while performing the whole task. The determination of ENP provided the registration of response accuracy on moving object. ENP was estimated according to the total value of response deviation, advanc-

ing or delaying. The lower the time of total deviation of motion response was (in ms), the higher ENP was.

The role of hereditary and environment factors in forming FMNP, SNP, ENP and SVMR, RC1-3, RC2-3 was determined according to Holzinger's hereditary coefficient (H). We calculated the coefficients of interclass correlation (r) for MZ (rMZ) and DZ (rDZ) twins and then determined H according to the formula:

$$H = (rMZ - rDZ) / (1 - rDZ) [1, 15].$$

Physical preparedness of football players was determined according to the indicators of test tasks to show agility, speed and speed-strength abilities and endurance [9, 15]. The level of technical preparedness was assessed using control exercises: dribbling, throwing the ball, kicking the goal on accuracy and complex exercise [9]. We determined bioenergetics indicators using express-diagnostics of functional state and reserve opportunities of a body by the computer device "D & K- Test" [5]. The group of the experienced coaches performed expert evaluation of the game activity of football players [8].

The obtained statistic material was processed using the computer program Microsoft Excell.

**Results.** First of all, we tried to figure out which individually-typological features of higher parts of the CNS and sensorimotor reactions were genetically dependent, and the development of which was mostly stipulated by the environment factors. The results showed that the average values of the typological properties of higher parts of the central nervous system in the MZ and DZ groups were practically the same, except the differences in the indicators of FMNP, which were slightly higher than in MZ twins ( $p < 0.05$ ). We found that in the pair similarity of the MZ and DZ groups, the typological properties were characterized with higher level of correlation in the MZ pairs than in the DZ ones indicating the expressed genetic influence on these indicators ( $p < 0.05$ ). The hereditary coefficient of Holzinger (H) shows the differentiated influence of genotypic and environmental factors on the indicators of different individual properties of the nervous system; the coefficient higher than 0.5 shows relative dominance and higher than 0.6 – absolute dominance of genetic factors [1, 4, 14]. In our study, the coefficient of H was high (0.65) only for one indicator, the FMNP. The correlation was slightly lower (0.56 – 0.52) for the SNP and ENP. The value of H was still lower for the SVMR and RC1-3 and RC2-3 (0.29 – 0.20); it showed the dominance of the dependence of these indicators from the environment [10].

Thus, the research results of the same twins group showed that the participation of genetic and environmental factors in the formation of individual features of sensorimotor and typological properties of higher parts of the central nervous system was found in different proportions. We found the expressed hereditary conditionality for the FMNP (70%) and relative dominance of genotypic factors for the SNP and ENP. We determined the dominance of phenotypic factors for the indicators of the SVMR and RC1-3, RC2-3. The coefficient of Holzinger did not exceed 30%.

The found high dependence from the genotype of the FMNP helped us to proceed to the study of the dependence of special preparedness and bioenergetics of the highly qualified football players from the individual and

typological properties of the nervous system. We studied the connection of indicators of physical and technical preparedness, bioenergetics and expert evaluation of players' game activity with the FMNP. There was a correlation of some indicators of bioenergetics, physical, technical and game training with the FMNP ( $r = 0.30 - 0.38$ ).

To check the obtained correlations according to the research results of FMNP, we divided the football players into 3 groups: medium, upper-medium and pre-medium levels. We analyzed and compared the indicators of bioenergetics, physical, technical and game preparedness in the respective groups of football players.

The analysis showed that the football players with upper-medium level of the FMNP were mostly characterized with better indicators of power supply systems, physical, technical and game preparedness, if compared with the players with medium and pre-medium levels of individual-typological properties of the CNS. Reliable differences were found between the groups of football players with upper-medium and pre-medium levels of FMNP in terms of bioenergetics indicators, anaerobic threshold (AT) ( $p < 0.05$ ). These differences of the indicators of football players' power supply were confirmed by the correlation between AT and FMNP; its value was  $r = 0.35$  ( $p < 0.05$ ). The reliable differences between the groups of football players with different level of the FMNP were found according to the results of physical and technical training (standing long jump and dribbling for 30 m) ( $p < 0.05$ ). The analysis of expert estimation of football players' game activity in the groups with the different levels of the FMNP showed that the football players with the upper-medium level of the FMNP were characterized with better marks ( $p < 0.05$ ). Respectively, the players with the medium and pre-medium level of the FMNP got lower marks. The correlation indicator was  $r = 0.30$  ( $p < 0.05$ ).

To demonstrate the differences between the groups of football players according to bioenergetics indicators, game and special preparedness, we built profiles of model characteristics of players and their average meanings for the groups with the different level of the FMNP (Fig. 1).

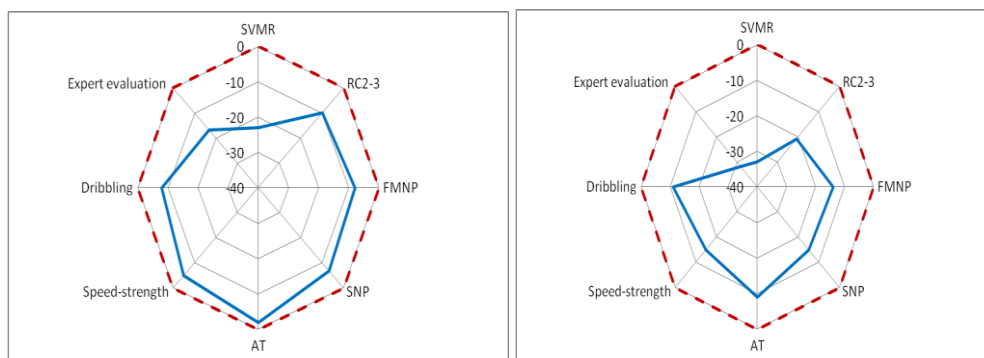
Fig.1 shows that the profiles of bioenergetics indicators, special preparedness and expert evaluation of football players in the groups with different level of FMNP were different. The closest results to the model characteristics were in the group of football players with the upper-medium level of the FMNP.

Greater differences of the results were in the group of players with pre-medium level of the FMNP. An intermediate position was in the group of football players with medium values of the FMNP. It shows the characteristic features of neurodynamics, bioenergetics properties and the results of physical, technical and game training of the football players with the different level of individual-typological properties of the nervous system.

**Discussion.** Thus, we found that the indicators of bioenergetics metabolism, physical and technical preparedness of football players depended on the FMNP. The correlation of genetically determined individual-typological properties of higher parts of the nervous system with the features of bioenergetics metabolism, physical, technical preparedness and the expert evaluation of game activity allowed us to conclude that typological properties of the main nervous processes of the FMNP showed genetic

influence on the performance of motor tests in physical and technical training of football players, their bioenergetics potential, and created conditions for effective game activity. Considering our data and the theoretical analysis

of scientific sources [6, 9, 11, 13, 16], we can affirm that the football players with high level of the FMNP have high reserve body opportunities allowing them to achieve high results in special preparedness and game activity.



Upper-medium Pre-medium

**Fig. 1.** Profiles of neurodynamics, bioenergetics indicators, expert evaluation and special preparedness of the football players with upper-medium and pre-medium level of the FMNP model, preparedness of players

**Conclusions:**

1. The research results on twins found the participation of genetic and environment factors in forming individual features of sensorimotor and typological properties of higher parts of central nervous system. We found the expressed hereditary conditionality for the FMNP (70%) and relative dominance of genotypic factors (50%) for the ENP and SNP. The dominance of phenotypic factors (30%) was found for the indicators of sensorimotor reactions.

2. The indicators of bioenergetics metabolism, physical

and technical preparedness, expert evaluation of game activity of highly qualified football players depended on genetically determined properties, functional mobility of nervous processes.

3. The found dependence of individual-typological properties of higher parts of the central nervous system on physical, technical preparedness, bioenergetics metabolism and expert evaluation of game activity has prognostic value and can be used in the selection of promising youth and optimization of sport training.

**REFERENCES**

1. Akhmetov I.I. Molecular genetics of sport / I.I. Akhmetov. – M.: Sov. sport, 2009. – 268 p.
2. Bazilevich O.P. Management of training highly qualified football players on the basis of modeling training process: Abstract of PhD thesis / O.P. Bazilevich, M., 1982. – 23 p.
3. Zelentsov A.M. Development of targeted complex programs of training football players / A.M. Zelentsov, M.V. Balchos, G.A. Lisenchuk. – Kiev: NUPCSU, 1999. – 61 p.
4. Iliin V.M. Fundamentals of molecular genetics of muscular activity: textbook / V.M. Iliin, S.B. Drozdovska, V.S. Lyzogub, O.P. Bezcopylnyi. – K.: Olympic literature, 2013. – 112 p.
5. Instruction for use of the computer program of assessing functional and reserve capacity of the organism D & K-test (Dushanin S.A., Karlenko V.N.). Copyright certificate on image № 2002108583 from 29.10.2002, registered in the State Department of Intellectual Property, Ministry of Education and Science of Ukraine. - K., 2003. - 4.
6. Kozyna Z.L. Theoretical and methodical fundamentals of individualization of educational training process of sportsmen in sport games. Abstract of PhD thesis / Z.L. Kozyna. – K.: 2010. – 43 p.
7. Korobeinykov H.V. Evaluation of sportsmen’s psychophysiological conditions / H. Korobeinykov, Y. Prystupa, L. Korobeinykova, Y. Briskyn. – Lviv: LSUPC, 2013. – 312 p.
8. Kostiukevych V.M. Management of training process of football players in annual cycle of training / V.M. Kostiukevych. – Vinnytsia: Planer, 2006. – 684 p.
9. Lysenchuk H.A. Football / H.A. Lysenchuk, V.V. Solomonko, O.V. Solomonko. – K.: Olympic Literature, 2007. – 288 p.
10. Makarenko N.V. Psychophysiological functions and operator work / N.V. Makarenko; chief editor F. N. Serkov; AS of USSR, O.O. Bohomolets Institute of Physiology of Ukraine NAS. – Kyiv.: Naukova Dumka, 1991. – 216 p.
11. Ostashov P.V. Predicting a football player’s abilities / P.V. Ostashov. – Moscow: Physical Culture and Sport. – 1982. – 96 p.
12. Pat. 96496 State Intellectual Property Service of Ukraine, MPK A 61B5/16. Method of psychophysiological assessment of functional state of auditory analyzer / Makarenko M.V., Lyzogub V.S., Halka M.S., Yukhymenko L.I., Khomenko S.M.– № a 2010 02225; appl. 01.03.2010; publ. 10.11.2011, Bul. № 21.
13. Platonov V.N. System of training sportsmen in Olympic sport. General theory and its practical application / V.N. Platonov. – K.: Olympic literature, 2004. – 808 p.
14. Rogozkin V.A. Рогозкин В.А. Marker genes of predisposing to the speed-power sports / V.A. Rogozkin, I.V. Astratenkova, A.M. Druzhevskaja // Theory and practice of Physical Culture. – 2005. – №1. – P. 2-4.
15. Sergienko L.P. Fundamentals of sport genetics: Textbook for higher schools/L.P. Sergienko.–M.: Higher school., 2004.–631 p.
16. Shamardin V.N. Medical and biological fundamentals of sport training of football players / V.N. Shamardin. – Dnepropetrovsk, 1998. 133 p.
17. Bouchard C. Genetics and Physical Performance / C. Bouchard, R. Malina, L. Perusse//Human Kinetics, 1997. – 400p.
18. Bray M. S. The human gene map for performance and healthrelated fitness phenotypes: the 2006-2007 update / M. S. Bray, J. M. Hamberg, L. Perrusse [et al.] // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2009. – V. 41, N 1. – P. 35-73.
19. Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. Journal of Sports Sciences, 23(6), 573-582.
20. Lippi G, Longo U.G., Maffaulli N., Genetics and Sports // Br. Med. Bull. – 2009. – DOI:10. 1093/bmb/ldp007.
21. Mooren F. C. Molecular and cellular exercise physiology / F. C. Mooren, K. Volker. – Human Kinetics, 2005. – 451 p.
22. Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. Sports Medicine, 35(6), 501-536.

## TECHNICAL SCIENCES

### The basic design parameters constrictions of forages

F. A. Alatoom Mohammad

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine  
Corresponding author. E-mail: dovera.trust.plus@gmail.com

Paper received 26.08.17; Revised 29.08.17; Accepted for publication 05.09.17.

**Abstract.** Improving the efficiency of the process of mixing of feed for the small cattle can be achieved by applying the mixing of the working body able to qualitatively move groups of different sizes of particles from one position to another. Calculating the design parameters fodder mixing process is crucial when choosing the design parameters and it has a decisive significance is also important to take into account the fact that the quality ration can be obtained only from the ground components, the dimensions of which correspond to the zoo technical requirements. The results of the theoretical study of the mixer design parameters give reason to justify the basic design parameters of the working bodies of feed mixer. The proposed mixer, in the process, is a certain mass of shredded root vegetables. This consists of a mass of individual particles. The ternary mixture of root vegetable chips is the size of the cubes faces 10 mm, which is entirely consistent with the requirements of zoo technical. It was found that the feed particles oscillate in the variable radius with a simultaneous axial movement, which is achieved by a non-cylindrical shape of the hopper. The simplest non-cylindrical design of the hopper, from the standpoint of manufacturing in the production, is a truncated cone. Determine the total power expended on the work and power, the need to idle the rotor, thus reducing the value of the considered transport capacity.

**Keywords:** *adhesion, size, bunker consumption of materials, cone shape, feed mixture, the coefficient of friction, livestock requirements.*

**Introduction.** Practice shows that to achieve this goal of better understanding of science-based design parameters of the mixer and mixing the working body [1 - 5, 7], as well as ways to reduce energy and material. A cornerstone in this process is the lack of methods for calculating the design parameters of the mixer based on the calculation of the energy parameters of the process. It follows from the above that during operation must overcome the force of adhesion of the compound as a specific breaking load is not sufficient to separate particles that have relevance in the feed production process. That is why the development of a methodology for calculating the mixer parameters that can qualitatively move groups of different sizes of particles from one position to another, it must be recognized to date.

**2. Analysis of the published data and the formulation of the problem.** In [1, 6, 7-15] revealed the main provisions of the theory of blending, systematization and refinement of design parameters of mixers.

Analysis [3, 4] indicates the practical lesser usefulness of the proposed method of calculation and the need for clarification.

An indicator of the efficiency of the mixer is not only the quality of the mix (the degree of homogeneity of the mixture), and the specific energy consumption of the process of mixing and determining the parameters by means of laser systems [11, 16] by holography. These equations relate the basic structural and kinematic parameters of the rotating cone with physical and mechanical properties of the material moving. Unfortunately, profiles section blades are investigated insufficiently and do not allow to unify the system of payments.

Analysis of published data shows [7, 8, 14], that the most appropriate mixing process to explore the theoretical - experimental way, but it is necessary to theoretically justify the design parameters of the working body of the mixer, which comprises mixing components will effectively move, alternately changing its position in the

array [ 8, 11, 12, 15], but this is not done.

Rationale for design parameters is advantageously carried out using the following techniques.

**3. The purpose and objectives of the study.** The aim is a theoretical justification of the basic design parameters of the working bodies of the mixer feeds a continuous.

To achieve this goal it is necessary to solve the following tasks:

- To carry out theoretical study of structural parameters of the mixer on its effective operation;
- A scientific foundation for the design parameters of the mixer roughage.

**4. The theoretical results feed mixer parameters.** In practice, the mixing of the drag coefficient is determined empirically, but in the case of mixing chip succulent fodder and dry coarse and concentrated feed moisture redistribution will not allow to obtain adequate experimental data. Based on the foregoing, there is a need in the determination of the coefficient theoretically. To determine the coefficient of resistance is necessary to simulate one of the situations that arise in the process of mixing.

According to the conventional prescription feeding, root account for 45% of the weight of the mixture. The proposed mixer, in the process, is a certain mass of shredded root vegetables. This consists of a mass of individual particles. Suppose that in a ternary mixture of root vegetable chips is the size of the cubes faces 10 mm, which is entirely consistent with the requirements of zoo technical. The surface area of the cube 600 mm<sup>2</sup>. The total area of the outer surface of the crushed root crops 600 • nK. The In this case - is the number of particles in the total mass of crushed roots. A particle of root and wet it with the force of adhered particles of coarse and concentrated feeds. If we consider the case where a single particle of root stuck one particle of another kind of food, you will see that this gluing force counteracts the force of the weight of the particles.

With the destruction of the adhesive compound is

determined  $F_{pi}$  force necessary for pulling (or pushing) the fibres of the layer of adhesive and adhesive area  $S_{pi}$  connection. The adhesion strength was calculated by the formula [9 p.62]:

$$\tau_A = \frac{F_{Pi}}{S_{Pi}} \quad (1)$$

where  $F_{pi}$  - force necessary for pulling (or pushing) the fibres of the layer of adhesive and adhesive area N;

$S_{pi}$  - the area of the connection,  $m^2$ .

Weight strength creates specific  $\tau_{RU}$  breaking load  $N/m^2$  ( $m^2$  weight of one component of the mixture in a single particle thickness).

$$N_{Cp} = \frac{K_i}{\eta} \times K_v \times \left( A \times \omega_e + B \times \omega_e^3 \pm \frac{Q_{com} \times H}{360} + \frac{c_o}{W_i} \times \frac{Q_{com} \times L_T}{360} + \frac{\tau_A}{\tau_{PY}} \times \frac{Q_{com} \times L_T}{360} \right), \quad (2)$$

where  $K_v$  - coefficient taking into account the power loss in the control devices..

$K_i$ - coefficient overcome inertia at the start,  $K_i = 1,2 - 2,5$  [6];

$\omega_e$  - the angular velocity of the rotor,  $s^{-1}$ ;

$A \cdot \omega_e$  - power required to overcome the friction in the bearings, kW;

$B \cdot \omega_e^3$  - the power needed to overcome air resistance, kW;

$Q_{com}$  - performance mixer, t / h;

$H$  - height of the raising or lowering of the mixed material, m;

$c_o$  - coefficient of the material movement, which includes the wet ingredients,  $w = 8 - 18$  [3 - 6];

$L_T$  - transportation length, m.

$Q_{com}$  - performance mixer t / h.

The analysis of existing scientific information and made theoretical studies provide the basis for the justification of the main design parameters of the working bodies of feed mixer. food particles oscillate in the variable radius with a simultaneous axial movement, which is achieved by a non-cylindrical shape of the hopper. The simplest non-cylindrical design of the hopper, from the standpoint of manufacturing in the production, is a truncated cone. A truncated cone is characterized by height and diameter of the base.

It is important to lower the base, because it can be completely filled with the material, the movement of which in the spacer connecting the cones will only spiral wound, and the transport capacity cones lead to overflow the mixer hopper.

Driving continuous feed mixer is shown in Figure 1.

Since half of the cone apex angle,  $\varphi$  must be 12 degrees, knowing the diameter of the smaller base of the cone and the silo conveying path length  $L_T$  can calculate the diameter of the greater base of which is 0,55-0,6 m. The height of the truncated cone is determined from the operating conditions . In our case it is 0,75 m. The height of the cone, and the helical pitch angle  $sc$  hopper tilt determine the overall length  $l_{OS}$  spiral and the length of the working part of the spiral  $l_{RS}$ . Since the transport must be carried out with constant stirring layers that achieved

Practice shows that this failure load is not enough to ensure a constant separation of the particles, so to ensure this effect, with the help of the working bodies of the mixer, you must create an additional breaking force. From the foregoing, it follows that for effective mixing succulent fodder with coarse and concentrated feed mixer, in the process, must overcome the force of adhesion compounds as specific breaking load not sufficient to separate particles.

As for the mixer drive uses a DC motor controlled using the controller, which includes a transformer and a diode bridge, so it is necessary in the expression (1) take into account the loss of power to the control devices.

the highest possible oversleeping, winding step can be taken as the height of the cone.

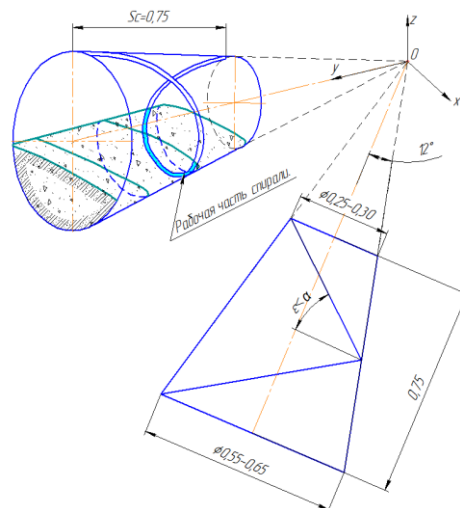


Fig. 1. On the justification of the design parameters of the mixer hopper

Step winding cone equal to the height of 0,75 mm provides the following condition. helix angle  $\epsilon$  smaller than the angle of repose of the mixture of  $\beta$ . This spiral will effectively capture part of the mix, and raise it to the height at which the weight force will overcome the internal friction and the mixture begins to pour through the spiral. This condition determines the height of the helix. Raising the mixture to a certain height, wrapped with blades will cause gravity to do the work.

On this basis, the total amount to work [15, 18]:

$$\sum_{i=1}^3 A = \int_0^1 G_1 dz + \int_1^2 G_2 dz + \int_2^3 G_3 dz = \quad (3)$$

$$= m_1 g (z_1 - z_0) + m_2 g (z_2 - z_1) + m_3 g (z_3 - z_2)$$

Because  $dz$  is inherently scalar product of the unit vector  $ds$  on the vertical axis  $z$ , the [15, 18]:

$$\sum_{i=1}^3 A = \int_0^1 G_1 ds + \int_1^2 G_2 ds + \int_2^3 G_3 ds, \quad (4)$$

Blades offset scheme during the rotation of the mixer is shown in Figure 2.



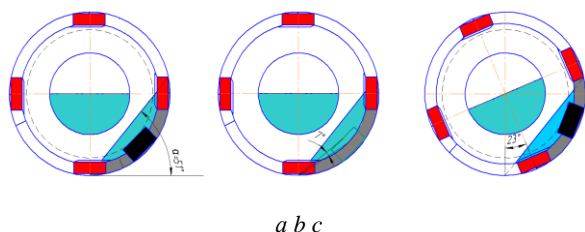


Fig. 2. Scheme of blades offset by the rotation of the mixer

Therefore, knowing the operating conditions of the mixer, as defined above, by changing the number of blades and extensions winding can control the amount of material in each section pour  $dz$ . The number of blades and extensions of winding, as well as their shape, combined with operating modes, must not allow a full rotation of the lifted material.

Knowing the calculated value  $Sp$  and the diameter of the larger base of the cone can be determined that section 0,5 of the layer will be placed over the wound at her height of 35-40 mm, which is consistent with previously accepted value of the winding height. By rotating the feed mixer will rise to a height of  $dz_1$  (Fig. 6), which achieves an angle of repose, and the part of the feed, which is above the wound, it begins to pour.

Extension allows a part of the feed mixture to rise to the height of the  $dz_2$ , which is due to the large angle of rotation of the mixer, which is determined according to the scheme shown in Fig. 2b. For the received extension to the size of 100x50 mm, height  $dz_2$  will be achieved

when the angle between the horizon and  $ds_2$  (Fig. 1) equal to  $58^\circ$ . This will feed into a power strip oversleeping. The curved blade allows portability her stern sleep only when it is completely out of the movable layer. This condition (Fig. 2c), will be achieved when the angle between the horizon and  $ds_3$  (see. Fig. 1) equal to  $74^\circ$ .

Number of blades and extensions of winding is caused by the degree of homogeneity of the mixture and the mechanical and technological parameters of fodder components. Knowing the weight of the mixture, raise the wound, extension and scapula, and the length  $ds$  is possible to calculate the appropriate values of work.

Dividing the appropriate values of work at the time of oversleeping can get the values of power expended in the process that allows you to check the adequacy of expression.

**Conclusions.** Continuous feed mixer constructively should be a rotating hopper, consisting of two truncated cones joined by a smaller base. On the inner surface of the hopper is fixed spiral wrapped, complete with curved blades and rectangular extensions. Blades and extenders, in turn, to be installed at a distance that allows the feed mixture to raise to different heights and thus intensify the mixing process.

From the standpoint of mixing the bulk material layers must move wrapped with blades and the cone should contribute to movement, providing sliding and rolling of the particles, which is performed when the hopper rational speed 20 rev / min.

## REFERENCES

- V. Kholodyuk (2010). Teoretichni ta eksperimentalni doslidzhennya podribnyuvacha kormiv z diskovimi nozhami. *Vinnitskiy natsionalniy agrarniy universitet*, 45-56.
- Baharev D.N. (2007). Improving the efficiency of the process of threshing and development design grind corn cobs: *Dis ... the candidate tehn. Sciences: 05.05.11 / Baharev Dmitri. - Lugansk.*, - 188.
- Haylis G.A. (1992). Basics of teoriï that rozrahunku silskogospodarskikh machines / Haylis GA - K.: *Vidavnitstvo OSGA.* - 240.
- Kudinov E.I., Boyko I.G. (2013). Analiz sposobiv podribnennya zernovikh kormiv stosovno ïkh energoemnosti/ *KhNTUSG. Visnik 273*, 198-204.
- Bender I.M. (2011). Proektuvannya mehanizovanih tehnologichnih protsesiv in tvarinnitstvi -*Kamianets-Podilsky: FOP Cicin OV.*- 564.
- Shmat K.I. (2003). Teoriya i rozrahunki zernobiralnih kombayniv. - *Kherson: OLDI - plus.* - 256.
- Alatoom Mohammad, Karabinesh S.S, (2016). Rationale of calculation of parameters grinder-mixer for sheep and goats. - *K.: NUBiP, Science. Visn. Seriya "Tehnika that AIC Energetics"*, №254. - c.306-319
- Kartashov L.P., Bashkov A.F., Manannikov P.P. (1987). Sovershenstvovaniye rabocheho protsesa izmelchiteley. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva*, № 9. 44-45.
- Volvak S.F. (1998). Obruntuvannya tehnologichnogo protsesu i parametriv robochikh organiv gnuchkogo universalnogo malogabaritnogo kormoprigitovalnogo agregatu u varianti podribnennya grubikh kormiv: *dis.... kand. tekhn. nauk: Volvak Sergiy Fedorovich 05.20.01. - Lugansk: LSGI.* 244.
- The continuous-running fodder mixer. (2013). Mohammad Alatoom. *Materialy IX Mezinarodni vedecko-prakticka konferencie «Veda a technologie: krok do budoucnosti -» - Praha: PH «Education and Science».* – Dil 24. 16-19.
- Karabinesh S.S. (2015). Condition of surfaces parts and metods of holography. - *Sworld, Vol.J21510 (9) (Scientific world,.)*. 47-50.
- Braginets N.V. (2014) Theoretical studies of the energy performance of feed mixer work Continuous / Braginets NV, Baharev DN, Mohammad Al-Atum. // *News Harkivskogo natsionalnogo tehnicnogo universitetu silskogo Gospodarstva imeni Peter Vasilenko / Tehnicni Sistemi i tehnologii tvarinnitstva. 144. Key infrastructure - Kharkiv: HNTUSG.* 189-195..
- Pivovar V. S. (2008). Novi tekhnologii prigituvannya ta rozdavannya kormosumishey na fermakh velikoï rogatoï *Myasnoye delo: ezhemesyachnyy proizvodstvenno-prakticheskij zhurnal, №1*, 66-69.
- Novitsky A.V. (2015). The study of probability uptime means for preparation and distribution of feed systems like "Machine Man" .- *Motrol, motoryzacia I energetyka rolnictwa motorization and power industry in agriculture. – Lublin, Vol.16, № 3.* 96 - 102.
- Germezov D.M. (2006). Primeneniye kormorazdatchikov-smesiteley - zalog povysheniya produktivnosti roगतого skota. *Tekhnika APK, №4*, 46-47.
- Karabinesh S.S. (2016). Golografiya. Kontrol kachestva detaley. *Germaniya. Berlin, Saabryuken, LAP*, 213 .
- Braginets. N. V. (2015). Eksperimentalnyye issledovaniya protsesa izmelcheniya grubyx i stebelchatykh kormov izmelchitelem s kombinirovannymi nozhami. *Konstruyuvannya. virobnitstvo ta ekspluatatsiya silskogospodarskikh mashin: zagalnoderzh. mizhvid. nauk.-tekhn. zb. - Kirovograd: KNTU. - Vip. 45. ch. 2.* 129-134.
- Bargo F., Muller L.D., Delahoy J.E., Cassidy T.W. (2002). Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems. *J. Dairy Science - Vol. 85.- № 11*, 2948 - 2963.

## Дослідження перспектив розвитку логістики пасажирських залізничних перевезень в країнах Східної Європи

Є. С. Альошинський, Г. О. Примаченко\*

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна

\*Corresponding author. E-mail: GannaPrymachenko@gmail.com

Paper received 22.08.17; Revised 28.08.17; Accepted for publication 29.08.17.

**Анотація.** Розглянуто логістику пасажирських залізничних перевезень як оптимізацію потоку послуг, а залізничний транспорт як виробника транспортного обслуговування високої якості при одночасній мінімізації витрат. Проаналізовано особливості використання логістичних методів в управлінні пасажирським транспортом. Обґрунтовано значні темпи зростання популярності залізничного транспорту в країнах Східної Європи. Запропоновано створення пулів або кластерів, що поєднують діяльність залізничних компаній, які працюють на певних міжнародних маршрутах з метою міжнародного регулювання залізничних перевезень.

**Ключові слова:** логістика пасажирських залізничних перевезень, потоки послуг.

1. Вступ. Питання логістики пасажирських перевезень є досить новими як у світовій практиці, так і в країнах Східної Європи. Цей напрямок розглядається явно недостатньо європейськими вченими, звідси і постійні звернення до досвіду закордонних логістів у наукових працях сучасних вчених [1].

Логістику можна розглядати як оптимізацію потоку послуг, а транспорт повинен забезпечувати високу якість транспортного обслуговування при одночасній мінімізації витрат [2]. Особливості використання логістичних методів в управлінні пасажирським транспортом стосуються різноманітності послуг і форм організації транспортної інфраструктури. Транспортна логістика у таких умовах дозволяє згладити протиріччя між перевізниками та пасажирями.

Модель стратегічного управління пасажирськими залізничними перевезеннями повинна базуватися на політичній та соціальній сфері; формуванні переліку факторів, що впливають на вибір маршруту перевезення пасажирів; розрахунках потрібних ресурсів, узгодження їх з наявними та визначенні траєкторії розвитку логістичної системи.

Пасажирським перевезенням надавалося велике значення на кожному етапі розвитку залізничного транспорту в країнах Східної Європи. У територіальному аспекті залізничний транспорт забезпечує цілорічний зв'язок населених пунктів один з одним [3].

Згідно статистичних даних [4], темпи зростання популярності залізничного транспорту для перевезення пасажирів, у тому числі й туристів, в Україні та інших державах Східної Європи є досить високими у порівнянні з іншими видами транспорту, що обумовлено широкою географією подорожей і стійкою тенденцією скорочення тривалості поїздок і підвищення частоти їх здійснення.

Тому процес суміщення переміщення і відпочинку у транспортному засобі є актуальним для сучасних пасажирів, а залізничний вагон може виступати у ролі «готелю на колесах». Вище наведене призводить до висновку, що особливе місце у транспортному та туристичному бізнесі на сьогодні все більше займають залізничні перевезення.

2. Огляд публікацій за темою. Питання логістики пасажирських перевезень є достатньо новими для

вчених Східної Європи. Основні теоретичні дослідження щодо визначення основних термінів та аналізу стану логістики пасажирських перевезень проведені такими вченими Республіки Білорусь, як Міхальченко А. А. [5], Ходоскіна О. А. [6], вченими Російської Федерації Вакуленко С. П., Копиловою К. В. [7], Резером С. М. [8]. При розробці методичних положень щодо організації пасажирських перевезень в даній роботі використовувалися загальнотеоретичні положення логістики, викладені в працях таких відомих вчених, як Б. А. Анікін, Н. В. Афанас'єва, Д. Дж. Бауерсокс, В. І. Бережний, Е. В. Бережна, А. М. Гаджинський, М. Є. Залманова, В. В. Зирянов, Д. Д. Костоглодов, В. С. Лукинський, Ю. М. Неруш, Л. Б. Міротин, І. Е. Ташбаєв, В. Г. Санки, В. І. Сергєєв, В. В. Персіанов, В. В. Щербаков, С. А. Уваров та ін.

3. Мета. Провести аналіз сучасного стану логістики залізничного транспорту у сфері пасажирських перевезень у країнах Східної Європи та довести важливість впровадження логістичних підходів у діяльність залізничних компаній країн східноєвропейського регіону в сучасних умовах.

4. Матеріали і методи. Залізничний транспорт – одна із галузей світового господарства, що найбільш динамічно розвивається і з кожним роком закріплює свої позиції у світовій транспортній системі. На сьогодні у світі успішно працюють близько 300 залізничних компаній [2]. Міжнародні залізничні перевезення забезпечують майже усі перевізники і здійснюють регулярні міжнародні рейси. До найкрупніших за пасажирообігом залізничних операторів у світі відносять залізничні компанії Індії, Китаю, Японії, Російської Федерації та Франції [4].

Транспортна система багатьох країн розвивається нерівномірно і в ряді випадків стихійно під впливом потреб клієнтів, технічних і технологічних можливостей перевізників різних видів транспорту, а також ряду зовнішніх чинників: політичних, економічних, соціальних та екологічних.

У даний час пасажир виступає логістом своїх поїздок, не маючи при цьому повних даних щодо пропускної та провізної спроможностей транспортних мереж, їх надійності та безпеки, рухомого складу різних видів транспорту, розкладів руху і маршрутів слідування. Впровадження логістичних підходів до

розвитку пасажирської транспортної системи країн Східної Європи дозволить пасажирові самостійно приймати рішення про варіант здійснення поїздки в залежності від найбільш важливих для нього факторів і характеристик транспортного обслуговування. У сучасних умовах вибір пасажиром способу переміщення здійснюється на основі трьох основних чинників: ціна, час, якість [7].

Принципи пасажирської логістики мають ряд відмінних особливостей від логістики вантажних перевезень, це пов'язано з тим, що пасажир (як зазначено вище), на відміну від вантажу, сам може вибирати і оперативнo змінювати час свого переміщення виходячи зі своїх потреб і можливостей. При цьому найважливішими принципами пасажирської логістики є принципи:

- мобільності та варіативності послуг;
- єдності якості;
- адресності та зручності послуг;
- надійності та гарантованої відповідності послуг;
- конструктивності логістики та ін.

Принцип мобільності та варіативності послуг (соціальної справедливості) повинен дотримуватися з метою охоплення більшої частини ринку транспортних послуг та полягає в необхідності забезпечити клієнту можливість вибору найбільш сприятливого для нього способу задоволення його потреб.

Принцип єдності якості передбачає, що певний рівень обслуговування пасажирів повинен зберігатися на кожному етапі перевезення.

Принцип адресності і зручності послуг полягає в безумовній клієнтоорієнтованості послуг: дотриманні зручного часу прибуття і відправлення на початково-кінцеві станції ділянки обслуговування та на станції з великим обсягом посадки-висадки пасажирів, мінімізації витрат часу на пересадку тощо. Однією з переваг адресного обслуговування є можливість гнучко реагувати на зміни на транспортному ринку: своєчасно скасовувати і призначати сезонні та періодичні перевезення.

Принцип надійності та гарантованої відповідності послуг заявленим параметрам якості передбачає, що управління процесами обслуговування пасажирів повинно здійснюватися на основі системи менеджменту якості. Повинні бути визначені і в обов'язковому порядку дотримуватися цільові параметри якості обслуговування перевезень на всіх рівнях. Повинен бути встановлений порядок і система контролю над відповідністю послуг, що надаються. Необхідно пом'ятати, що навіть одноразова невідповідність якості транспортного обслуговування тому рівню, який був обіцяний клієнту при укладанні договору перевезення (при оформленні проїзного документа) може призвести до втрати клієнтом довіри до перевізника.

Принцип конструктивності логістики полягає в необхідності диспетчеризації транспортних і пасажирських потоків, безперервному відстеженні переміщень пасажирів і коригуванні їх руху.

У світі відокремлюють наступні способи регулювання якості діяльності транспортних (та зокрема залізничних) операторів:

- національне (шляхом ліцензування залізничних перевізників, що працюють як на внутрішніх, так і на міжнародних маршрутах);

- міждержавне (коли регулярні залізничні маршрути базуються на угоді між країнами);

- міжнародне (тарифи на регулярні залізничні маршрути встановлюються на основі договорів між залізничними компаніями).

Одним із видів міжнародного регулювання залізничних перевезень може стати створення пулів або кластерів, що поєднують діяльність залізничних компаній, які працюють на певних міжнародних маршрутах. Так як залізничний транспорт займає конкурентоспроможні позиції у світовій транспортній системі, виникає необхідність у його міжнародній координації і регулюванні.

Головна функція кластеру – організація міжнародних комерційних залізничних сполучень, введення єдиних правил і процедур, узгодження тарифів на міжнародні пасажирські залізничні перевезення. Туристичні агентства приймають участь у роботі кластерів через організації залізничних вокзалів у певних країнах учасниках кластеру.

Логістика залізничних перевезень потребує також максимального узгодження логістичної стратегії та тактики туристичних фірм і залізничних компаній. Логістична концепція управління залізничними перевезеннями туристів базується на системному підході до процесу організації переміщення пасажирів та їх багажу. До логістичної схеми взаємодії залізничних компаній з іншими транспортними та туристичними компаніями можна віднести наступне:

- блок організаційного та правового забезпечення (кластери, органи державного регулювання);

- блок виробничого забезпечення (транспорт «виробляє» послуги) (залізничні вокзали, депо, ремонтні заводи та ін.);

- блок забезпечення сервісу (митниця, транспортні підприємства, страхові організації, банки);

- блок забезпечення збуту продукції залізничного транспорту (автоматизовані системи продажу та бронювання залізничних квитків, власна мережа продажу квитків у касах вокзалів, продаж квитків через туристичні фірми).

Логістична співпраця турфірм і залізничних компаній базується як на спільній координації залізничних перевезень туристів, так і на співпраці у процесі реалізації залізничних квитків (туристам та іншим пасажирам). Останній напрямок доволі широко описано у професійній літературі з менеджменту у туризмі. У тому числі визначені форми взаємодії турфірм і залізничних компаній:

- бронювання місць і викуп залізничних квитків через агентства залізничних компаній;

- бронювання місць і викуп залізничних квитків через системи бронювання;

- умова із залізничними компаніями на квоту місць на регулярних маршрутах руху поїздів для турфірм;

- агентська угода, тобто робота у якості агента з продажу залізничних квитків для своїх туристів (робота зі «стоками»);

- організація чартерних (орендних) маршрутів руху поїздів для перевезень туристів (оренда вагонів для

туристів, організація руху туристичного поїзду).

Логістична система залізничних перевезень включає три рівня логістичного ланцюга: «передпоїзне», «поїзне» та «післяпоїзне» обслуговування.

Сутність «передпоїзного» обслуговування пасажирів полягає у наданні достатньої та різноманітної інформації про можливості певної залізничної компанії. Тобто, пасажира інформують про усі можливі маршрути руху за певним напрямком, наявності певних типів місць, пільгах та знижках при купівлі квитків, про можливі послуги у вагонах поїзду та ін. Таким чином, перший блок рівня ланцюга «передпоїзного» обслуговування спрямований на те, щоб потенційний пасажир став клієнтом (пасажиром) певної залізничної компанії.

Важливе місце при цьому займає технологія продажу залізничних перевезень, яка повинна базуватися на оперативності та мінімальній невизначеності. У процесі продажу квитка відбувається узгодження маршруту, тобто вибір зручного для пасажира маршруту руху або сумісних маршрутів, що можуть здійснювати інші залізничні компанії, визначається тип та рівень обслуговування, дата та час відправлення та прибуття до пункту призначення. Після оплати договір між пасажиром та перевізником закріплюється квитком на перевезення. Так клієнт стає пасажиром і включається до логістичного ланцюга пасажиропотоку.

Наступне «передпоїзне» обслуговування передбачає прибуття та обслуговування пасажира на залізничній станції відправлення. На цьому етапі слід чітко організувати управління пасажиропотоком на шляху руху до вокзалу залізничної станції відправлення, при перевірці квитків у вагоні поїзду, а також проходження пасажирами прикордонного, митного, карантинного та інших видів контролю за необхідністю.

«Поїзне» обслуговування – прибуття клієнтів на залізничну станцію призначення із забезпеченням безпеки руху, необхідного комфорту і сервісу під час подорожі.

«Післяпоїзне» обслуговування включає забезпечення комфорту на залізничній станції призначення і надання додаткових послуг залізничною компанією таких, як бронювання місць у готелі, замовлення таксі та ін.

5. Результати та їх обговорення. Так, для досягнення максимального ефекту системи в цілому усі три рівня (ланки) логістичного ланцюга повинні функціонувати узгоджено у рамках єдиного логістичного процесу пасажирських перевезень, що, у свою чергу, потребує узгоджених дій усіх учасників логістичної системи. Більша частина ланок логістичної системи пасажирських залізничних

перевезень є по суті, установами сервісу, де послуги безпосередньо пов'язані з пасажиром. Тому критерієм оцінки рівня взаємодії усіх ланок логістичного ланцюга з обслуговування пасажиропотоку повинен стати результат надання послуг ефективним з точки зору витрат способом і забезпечення вимог пасажирів на максимальному рівні.

Для оцінки якості послуг доцільно використовувати порівняння очікувань покупця (пасажира) з фактично наданими залізничними послугами по таким параметрам, як надійність, безпека, регулярність, гнучкість тарифів, відповідальність, зручність, ввічливість, можливість та рівень харчування у поїзді, комунікабельність і знання іноземних мов персоналом залізничних компаній, інформативність, наявність додаткових послуг та ін. Подібні показники якості сервісу залізничного транспорту найчастіше вказують пасажирам у анкетах при проведенні опитування залізничними компаніями з метою виявлення рівня сервісу.

6. Висновки. Мета функціонування логістичної системи обслуговування пасажиропотоку направлена на організацію управління таким чином, щоб звести до мінімуму різницю між очікуваним і фактичним рівнем якості послуг.

Широке проникнення логістики у сферу пасажирських перевезень залізничним транспортом можливе завдяки комп'ютеризації та автоматизації обробки та надання інформації.

У цій галузі в Україні провідну роль займає «Автоматизована система керування пасажирськими перевезеннями Укрзалізниця» («АСК ПП УЗ») та її підсистема «Експрес УЗ». Доцільно включити до цієї системи сферу контролю над продажем місць у готелях, прокатом автомобілів, круїзи та інші туристичні поїздки, поїздки на інших видах транспорту, тобто на автоматизацію усіх функцій туристичних агентств і залізничних компаній. З метою електронного продажу залізничних перевезень найчастіше використовують міжнародну комп'ютерну мережу Інтернет як в Україні, так і за кордоном.

Ще одним фактором, що сприяє застосуванню логістичних методів на залізничному транспорті Східної Європи, виступає глобалізація світового (континентального) ринку залізничних перевезень. З метою проникнення на інші ринки залізничні компанії можуть поєднуватися у альянси (кластери другого рівня). Таким чином, вони можуть збільшити обсяги виробництва («економія за рахунок масштабів»), замовляти більші партії обладнання і матеріалів по низьким цінам, а також сумісно замовляти рухомий склад, використовувати єдині бланки залізничних квитків та ін.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Ромат, Е. В. Логистика: проблемы и решения // Международный научно-практический журнал «Логистика: проблемы и решения», 2016. №4(65), С. 7.
2. Миротин, Л. Б. Моделирование логистических систем управления городским пассажирским транспортом // Международный научно-практический журнал «Логистика: проблемы и решения», 2016. №4(65), С. 16-24.
3. Prymachenko, G. Development of intermodal transport and logistics schemes for passenger transportation by railway transport within Ukraine-Europe direction // V International scientific and technical conference «Engineering. Technologies. Education. Security», 2017. Volume III. Management. Safety and ecology education. Public science,

P. 258-260.

4. Мировой атлас данных. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://knoema.ru/atlas>.
5. Михальченко, А. А. Интегрированное развитие логистики железнодорожных пассажирских перевозок // Вісник економіки транспорту і промисловості (збірник науково-практичних статей), 2017. №58 (спецвипуск) додаток, С. 166-165.
6. Ходоскіна, О. А. фрагментарное распределение логистики железнодорожных пассажирских перевозок // Вісник

економіки транспорту і промисловості (збірник науково-практичних статей), 2017. №58 (спецвипуск) додаток, С. 188-189.

7. Вакуленко, С. П., Копылова, Е. В. Логистика пассажирских перевозок: особенности и основные понятия // Мир транспорта, 2015. Том 13, №3, С. 32-36.
8. Резер, С. М. Логистика пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте: монография // ВИНТИ, РАН, 2007. 516 с.

#### REFERENCES

1. Romat, E. V. Logistics: Problems and Solutions // International Scientific and Practical Journal «Logistics: Problems and Solutions», 2016. № 4 (65), P. 7.
2. Mirotin, L. B. Modeling of logistics management systems of urban passenger transport // International scientific and practical journal «Logistics: problems and solutions», 2016. №4 (65), Pp. 16-24.
4. World atlas of data. Electronic resource. Access mode: <http://knoema.ru/atlas>.
5. Mikhailchenko, A. A. Integral development of logistics for railway passenger transportation // News of the Economy of Transport and Promotion (scientific and practical articles article), 2017. №58 (special issue) of add-ons, Pp. 166-165.
6. Khodoskina, O. A. The fragmentary distribution of logistics of railway passenger transportations // News of the Economy of Transport and Promotion (scientific and practical articles article), 2017. №58 (special issue) of addenda, Pp. 188-189.
7. Vakulenko, S. P., Kopylova E. V. Logistics of passenger transportation: features and basic concepts // The World of Transport, 2015. Volume 13, №3, P. 32-36.
8. Rezer, S. M. Logistics of passenger transportations in railway transport: monograph // VINITI, RAS, 2007. 516 p.

#### **Research of the current state of the logistics of railway transport in the field of passenger transportation in Eastern Europe Ye. S. Alohynskiy, H. O. Prymachenko**

**Abstract.** The logistics of passenger rail transportation was considered as an optimization of the flow of services, and railway transport as a manufacturer of transport services of high quality while minimizing costs. The peculiarities of the use of logistic methods in the management of passenger transport were analyzed. The significant growth rates of popularity of rail transport in the countries of Eastern Europe have been substantiated. For the purpose of international regulation of rail transport was proposed to create pools or clusters that combine the activities of railway companies operating on certain international routes.

**Keywords:** *logistic of passenger railroad traffic, flows of services.*

#### **Исследование современного состояния логистики железнодорожного транспорта в сфере пассажирских перевозок в странах Восточной Европы**

**Е. С. Алешинский, А. А. Примаченко**

**Аннотация.** Рассмотрена логистика пассажирских железнодорожных перевозок как оптимизация потока услуг, а железнодорожный транспорт как производитель транспортного обслуживания высокого качества при одновременной минимизации издержек. Проанализированы особенности использования логистических методов в управлении пассажирским транспортом. Обоснованы значительные темпы роста популярности железнодорожного транспорта в странах Восточной Европы. Предложено создание пулов или кластеров, объединяющих деятельность железнодорожных компаний, работающих на определенных международных маршрутах с целью международного регулирования железнодорожных перевозок.

**Ключевые слова:** *логистика пассажирских железнодорожных перевозок, потоки услуг.*

## Исследование условий эффективного применения пожарных кран-комплектов в высотных жилых зданиях

С. А. Горносталь<sup>1</sup>, Е. А. Петухова<sup>1</sup>, С. Н. Щербак<sup>1</sup>, Е. А. Шаповалова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков, Украина

<sup>2</sup>Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, Харьков, Украина

Paper received 19.07.17; Revised 25.07.17; Accepted for publication 28.07.17.

**Аннотация.** Исследованы характеристики водопроводной сети при подаче воды на пожаротушение высотного жилого здания. Определены границы времени свободного развития пожара в условиях квартиры. Установлено его влияние на количество воды, необходимое для ликвидации пожара. Определен расход, который может обеспечить водопроводная сеть в зависимости от ее диаметра и скорости движения воды. Установлена площадь пожара, которую можно локализовать при помощи пожарного кран-комплекта с заданными характеристиками. Полученные значения площади соответствуют условиям эффективного использования пожарных кран-комплектов в высотных жилых зданиях.

**Ключевые слова:** *внутренний водопровод, пожарный кран-комплект, расход воды, жилое здание.*

**Введение.** Тенденцией современного строительства является возведение высотных зданий разного назначения. Это обусловлено дороговизной земли и ее элементарной нехваткой. При проектировании систем жизнеобеспечения зданий специалистам приходится решать задачи по защите находящихся в нем людей от пожара и его негативных последствий. Противопожарная защита – комплекс мероприятий, позволяющих предупредить пожар и уменьшить ущерб от него. С этой целью применяются разнообразные средства, приспособления, установки для выявления, локализации и прекращения горения [1].

Одним из элементов противопожарной защиты объекта является внутренний противопожарный водопровод (ВПВ). В жилых зданиях общей высотой больше 47 м предусмотрена установка пожарных кран-комплектов (ПКК) диаметром 19, 25 или 33 мм. Использование такого оборудования дает возможность жителям квартиры самостоятельно локализовать возгорание до приезда пожарных подразделений. Оно позволяет сократить время тушения пожара, а, значит, уменьшить возможные материальные и человеческие потери.

К преимуществам ПКК относят простоту конструкции, ремонтпригодность. Его подключают к внутреннему водопроводу, который должен обеспечить необходимый напор и расход воды. Если подавать недостаточно воды к очагу пожара, то невозможно обеспечить отведение выделяемого тепла. Избыточное количество воды увеличивает материальный ущерб. Оптимизировать его можно путем сокращения времени от начала тушения до полной локализации загорания, а также за счет эффективного использования воды. Поэтому исследование характеристик водопроводной сети для повышения эффективности применения ПКК в высотных жилых зданиях является актуальным.

**Краткий обзор публикаций по теме.** Вопросами эффективного использования ВПВ и его составляющих занимаются отечественные и зарубежные авторы [2-7]. В [2] проведен анализ существующих методов пожаротушения, показана необходимость их дальнейшего совершенствования. Выполненный анализ позволил авторам сделать вывод о необходимости внесения уточнений в нормативные документы с учетом особенностей современного строительства. В [3]

авторами исследованы особенности современных технологий пожаротушения. В [4] уделено внимание вопросам адекватности расчета водопроводной системы. В [5] проанализировано состояние вопроса обустройства высотных зданий ПКК, исследовано влияние характеристик элементов ПКК на расход воды. В [6] рассматриваются условия, при которых система водоснабжения способна обеспечить необходимый напор и расход воды для нужд пожаротушения. Часть исследований посвящена изменению конструкции оборудования, при помощи которого вода подается к очагу пожара. В [7] предлагается повысить эффективность использования элементов водопровода за счет уменьшения размера капель водяной струи. Авторы статьи отмечают большое разнообразие оборудования по производительности, которое значительно усложняет его выбор в конкретных условиях эксплуатации.

В условиях ограниченного пространства квартир, а также с учетом технических возможностей внутреннего водопровода реализация большинства предложенных сопровождается техническими трудностями. При этом, как отмечает большинство авторов, ПКК в высотном здании остаются единственной возможностью подать воду на верхние этажи. Большое количество пожаров, особенно в жилом секторе, говорит о том, что, противопожарная защита требует дальнейшего совершенствования. Остаются нерешенными вопросы по выбору оборудования ПКК небольшого диаметра для разных типов зданий.

**Целью** статьи является повысить противопожарную защиту высотных жилых зданий. Для этого необходимо определить условия эффективного применения ПКК в них. Для достижения этой цели требуется определить расход воды (необходимый и фактический), который обеспечит эффективное пожаротушение с использованием ПКК небольшого диаметра.

**Материалы и методы.** Объектом исследования является водопроводная сеть с установленными на ней ПКК. Нормативными документами регламентировано, что ПКК комплектуется полужестким рукавом (длина до 30 м; диаметр – 19 мм, 25 мм или 33 мм; распылитель с диаметром выпускного отверстия 4÷12 мм). Комплекты могут подключаться к хозяйственно-питьевому (напор составляет 2÷45 м) или противопожарному водопроводу (напор – до 90 м).



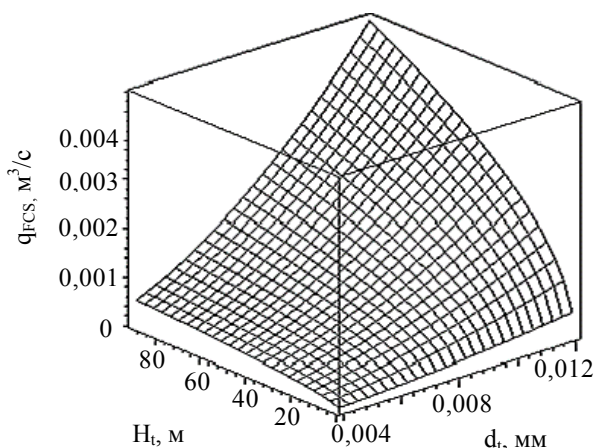
Водопровод должен обеспечить соответствующее давление и расход воды. Результаты, представленные в статье, получены с использованием системного анализа (исследования особенностей и факторов, влияющих на развитие пожара) и аналитических методов.

**Результаты и их обсуждение.** Для исследования влияния диаметра насадка распылителя и напора в водопроводной сети на расход  $q_{FCS}$  из ПКК использовано выражение:

$$q_{FCS} = \frac{\pi \cdot d_t^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_t}, \quad (1)$$

где  $d_t$  – диаметр насадка распылителя, мм;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $H_t$  – напор перед насадком распылителя, м.

Результаты расчета представлены на рис. 1.



**Рис. 1.** Зависимость расхода воды  $q_{FCS}$  из ПКК от диаметра насадка распылителя  $d_t$  и напора перед ним  $H_t$

Расчеты показали, что расход из ПКК, изменяется в широких пределах. При  $d_t=4$  мм и напоре 10 м расход составит 0,00017 м<sup>3</sup>/с, при напоре 45 м – 0,00037 м<sup>3</sup>/с. Если оборудование подключено к противопожарному водопроводу, то при напоре 90 м максимальный расход составит 0,00052 м<sup>3</sup>/с. Если рассматривать вариант с распылителем с диаметром насадка  $d_t=12$  мм, то при напоре 45 м расход составит 0,0033 м<sup>3</sup>/с, при напоре 90 м – 0,0047 м<sup>3</sup>/с. Таким образом, диапазон применения ПКК с оборудованием небольшого диаметра очень узкий. В некоторых использование такого оборудования может оказаться нецелесообразным.

Площадь пожара изменяется в широких пределах в зависимости от большого количества факторов [8]. Необходимо установить границы времени, требуемого на ликвидацию возгорания. Его минимальное значение включает время обнаружения пожара жителем квартиры и время, необходимое для введения в действие ПКК. Максимальная площадь пожара достигает площади квартиры. Уменьшить время от выявления пожара до начала его ликвидации позволяют пожарные извещатели. Чтобы рассчитать время, в течение которого развивается пожар, кроме уже перечисленных показателей, необходимо учесть:

- время достижения необходимой концентрации продуктов горения;
- инерционность извещателя.

Таким образом, для квартиры с пожарным извещателем время  $\tau_f$ , которое пройдет от начала возгорания до момента подачи воды, составит:

$$\tau_f = \tau_c + \tau_l + \tau_{fd} + \tau_{FCS}, \quad (2)$$

где  $\tau_c$  – время, за которое дым достигнет потолка, с;  $\tau_l$  – время, за которое дым по потолку достигнет пожарного извещателя, с;  $\tau_{fd}$  – инерционность пожарного извещателя, с;  $\tau_{FCS}$  – время введения в действие ПКК жителем квартиры, с.

Инерционность современных дымовых пожарных извещателей  $\tau_{fd}$  может составлять от 1 до 30 с. Данные статистики показывают, что время  $\tau_{FCS}$ , необходимое среднестатистическому жителю квартиры для введения в действие ПКК, составляет от 60 до 200 с. Этот показатель зависит от возраста человека, состояния его здоровья, готовности оборудования к работе. Интервал времени, необходимый потоку дыма для достижения извещателя, для среднестатистической квартиры находится в пределах от 10 до 300 с.

Используя принятые ограничения, по формуле (2) рассчитаем максимальное  $\tau_{fmax}$  и минимальное  $\tau_{fmin}$  время, которое пройдет от начала возгорания до момента подачи воды:

$$\tau_{fmin} = 0,2 + 10 + 1 + 60 = 71,2 \text{ с,}$$

$$\tau_{fmax} = 6,5 + 300 + 30 + 200 = 536,5 \text{ с.}$$

Полученный результат показывает временные границы работы ПКК. Кроме того, он позволяет определить количество воды  $q_w$ , необходимое для прекращения горения в условиях жилого помещения:

$$q_w = \frac{Q_f}{Q} \cdot \tau_{ex}, \quad (3)$$

где  $Q_f$  – количество энергии, выделяющейся при горении за единицу времени, кДж/с;  $Q$  – количество энергии, отводимой огнетушащим веществом, кДж/м<sup>3</sup>;  $\tau_{ex}$  – время, в течение которого подается огнетушащее вещество, с.

Количество энергии, которая выделяется при горении за единицу времени:

$$Q_f = v_m \cdot S_f \cdot Q_n, \quad (4)$$

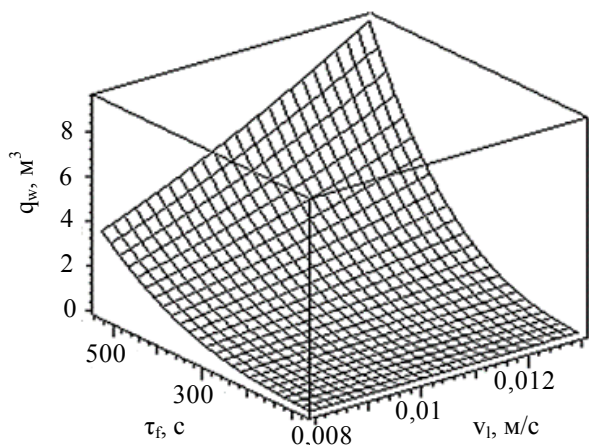
где  $S_f$  – площадь пожара, м<sup>2</sup>;  $v_m$  – приведенная массовая скорость выгорания, кг/(с·м<sup>2</sup>);  $Q_n$  – нижняя теплота сгорания горючей нагрузки в помещении, кДж/кг.

Рассмотрим наихудший вариант развития событий, при котором площадь пожара принимает круговую форму. Чтобы рассчитать ее, воспользуемся предложенным в [9] выражением:

$$S_f = \pi \cdot (v_l \cdot \tau_f)^2, \quad (5)$$

где  $v_l$  – линейная скорость распространения огня, м/с.

На рис. 2 приведены результаты расчета для  $q_w$  в интервале времени 71,2÷536 с при линейной скорости распространения огня  $v_l=0,008\div0,013$  м/с.



**Рис. 2.** Зависимость количества воды  $q_w$  от линейной скорости распространения  $v_1$  и времени свободного развития пожара  $\tau_f$

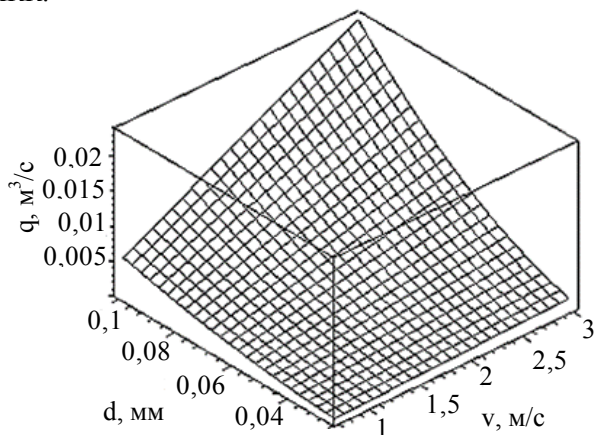
Результаты расчета (рис.2) показали, что увеличение линейной скорости распространения пожара  $v_1$  приводит к увеличению требуемого на его ликвидацию объема воды. Так, при  $v_1=0,008$  м/с необходимо от 0,4 до 3,8 м<sup>3</sup> воды, при  $v_1=0,013$  м/с – от 0,4 до 9 м<sup>3</sup>.

Успех пожаротушения в жилом здании при использовании ПКК зависит от того, насколько быстро оборудование будет введено в действие. При этом эффективность подачи воды определяется характеристиками водопроводной сети. Определим расход, обеспечиваемый водопроводной сетью, в зависимости от ее диаметра и скорости движения воды по трубопроводу:

$$q = \frac{\pi \cdot v \cdot d^2}{4}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6)$$

где  $v$  – скорость движения воды по трубопроводу, м/с;  $d$  – диаметр трубопровода, м.

Результаты расчета для трубопроводов диаметром от 25 до 100 мм при скорости воды в трубопроводе от 0,7 до 3 м/с приведены на рис. 3. Расчет показал, что расход, обеспечиваемый водопроводом диаметром от 25 до 100 мм, составляет 0,001÷0,025 м<sup>3</sup>/с. Сравнение результатов на рис. 1 и 3, дает основание утверждать, что водопровод обеспечивает требуемый расход из ПКК.

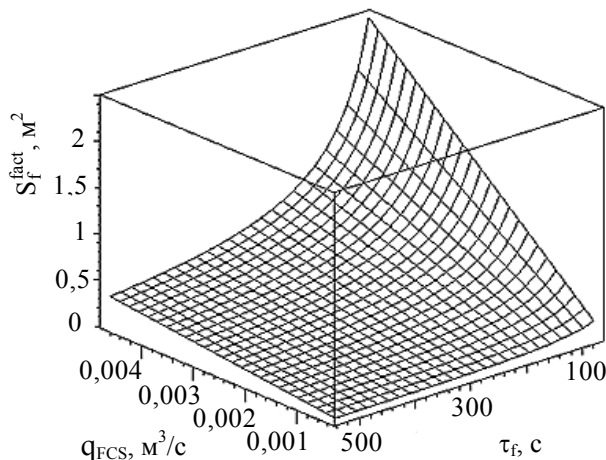


**Рис. 3.** Зависимость расхода воды  $q$  от скорости движения воды  $v$  и диаметра трубопровода  $d$

Используя результаты, представленные на рис. 1-3, рассчитаем максимальную площадь пожара  $S_f^{fact}$ , которую можно эффективно погасить из ПКК:

$$S_f^{fact} = \frac{q_{FCS} \cdot Q \cdot \tau_{ex}}{v_m \cdot Q_n \cdot \tau_f}, \text{ м}^2. \quad (7)$$

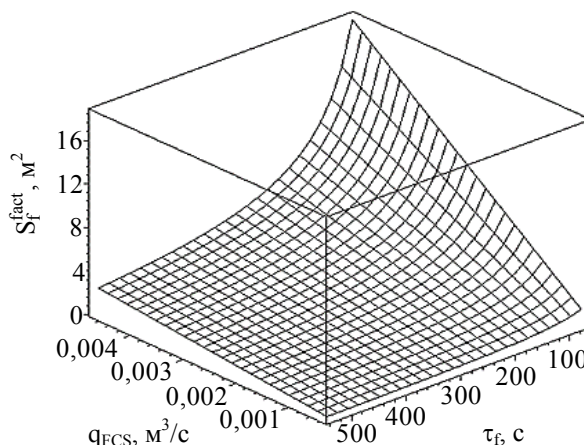
Результаты расчета представлены на рис. 4 и 5.



**Рис. 4.** Зависимость площади пожара  $S_f^{fact}$  от расхода воды из ПКК  $q_{FCS}$  и времени свободного развития пожара  $\tau_f$ , если время подачи воды  $\tau_{ex}=71,2$  с

На рис. 4 приведена зависимость площади пожара от расхода воды из ПКК. Расчет произведен при подаче воды на тушение пожара с расходом  $0,00037 \div 0,0047$  м<sup>3</sup>/с через  $\tau_f=71,2$  с после его начала. Площадь пожара, которую можно ликвидировать при таких значениях, составляет при минимальном расходе воды – 0,1 м<sup>2</sup>, при максимальном – 2,4 м<sup>2</sup>.

На рис. 5 приведены результаты, полученные при условии, что время подачи воды из ПКК с расходом  $0,00037 \div 0,0047$  м<sup>3</sup>/с составляет  $\tau_{ex}=536,5$  с. Площадь пожара, которую можно ликвидировать при таких значениях, составит при минимальном расходе воды – 1 м<sup>2</sup>, при максимальном – 18 м<sup>2</sup>.



**Рис. 5.** Зависимость площади пожара  $S_f^{fact}$  от расхода воды из ПКК  $q_{FCS}$  и времени свободного развития пожара  $\tau_f$ , если время подачи воды  $\tau_{ex}=536,5$  с

**Результаты и обсуждения.** Проведенное исследование развития пожара в жилом здании позволило определиться с расходом, который может обеспечить

ПКК с заданными характеристиками. Получены границы времени, требуемого для введения в действие ПКК при конкретных условиях развития пожара. Установлено, что минимальное время от начала возгорания до подачи воды составляет 71,2 с, максимальное – 536,5 с. Полученные временные границы дали возможность рассчитать количество воды, необходимое для отведения выделяемой в процессе горения энергии. Оно составляет от 0,4 до 9 м<sup>3</sup>.

Определен расход воды, обеспечиваемый водопроводной сетью – от 0,001 до 0,025 м<sup>3</sup>/с. Этот результат позволяет рассчитать время подачи воды. Его значение зависит от общего количества воды, требуемой для отведения выделяемой теплоты: для подачи 9 м<sup>3</sup> воды при минимальном расходе потребуется 9000 с, при максимальном – 360 с. Для трубопровода диаметром 50 мм расход составляет 0,0014-0,015 м<sup>3</sup>/с. Время, за которое будет возможно подать воду на пожаротушение, равно 6428 с.

Рассмотрено влияние времени свободного развития пожара на площадь, которую можно потушить при помощи ПКК. Если начать подавать воду на тушение через минимальное время свободного развития пожара  $\tau_f=71,2$  с, то площадь ликвидируемого пожара изменяется от 0,1 до 2,4 м<sup>2</sup>, а при максимальном значении  $\tau_f=536,6$  с – от 1 до 18 м<sup>2</sup>.

**Выводы.** Условием успешного пожаротушения в жилом здании при помощи ПКК является минимальное время от начала возгорания до введения в работу оборудования. В этом случае оборудование сможет обеспечить подачу необходимого расхода воды от существующего водопровода. Данные о требуемом для пожаротушения в конкретно заданных условиях количестве воды дают возможность подобрать оборудование ВПВ, которое обеспечит подачу необходимого количества воды для ликвидации пожара.

Временные границы развития и тушения пожара позволяют определить интервал, в течение которого использование ПКК является целесообразным. Именно в нем ПКК сможет обеспечить подачу того количества воды, которое необходимо для ликвидации горения. Этот результат необходимо учитывать при проектировании ВПВ, как элемента системы противопожарной защиты здания.

Результаты расчета фактической площади пожара, которую можно потушить при помощи ПКК, являются основой для дальнейших исследований. Предполагается провести ряд экспериментов по определению характеристик ПКК (диаметр, длина и тип рукава, диаметр насадка распылителя, способ распыления) для конкретных условий его эксплуатации. Результатом должны стать рекомендации для проектировщиков по оптимизации выбора оборудования ПКК.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Drysdale, D. An introduction to fire dynamics / D. Drysdale. – Wiley, 2011. – 574 p.
2. Węgrzyński, W. The philosophy of fire safety engineering in the shaping of civil engineering development / W. Węgrzyński, P. Sulik // Bulletin of the polish academy of sciences. Technical sciences. – 2016. – Vol. 64, Issue 4. – P. 719–730.
3. Benfer, M.E. Evaluation of Fire Flow Methodologies / Matthew E. Benfer, Joseph L. Scheffey // Springer New York. – 2015. – 57 p.
4. Yadav, A. Assessment of Water Requirement and Calculation of Fire Flow Rates in Water Based Fire Fighting Installation / A. Yadav, P. Patel // International Journal of Innovations in Engineering and Technology. – 2014. – Vol. 4, Issue 1. – P. 5–12.
5. Grimwooda, P.A. Performance based approach to defining and calculating adequate firefighting water using s.8.5 of the design guide BS PD 7974:5:2014 (fire service intervention) / P. A. Grimwooda, I.A. Sanderson // Fire Safety Journal. – 2015. – Vol. 78. – P. 155–167.
6. Петухова О.А. Дослідження характеристик пожежних кран-комплектів. / О.А. Петухова, С.А. Горносталь, С.М. Щербак // Проблеми пожежної безпеки. – 2015. – №37. – С. 154–159.
7. Wang, Z. Optimization of water mist droplet size by using CFD modeling for fire suppressions. / Z. Wang, W. Wang, Q. Wang // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2016. – Vol. 44. – P. 626–632.
8. Шаровар Ф.И. Методы раннего обнаружения загораний / Ф.И. Шаровар – М.: Стройиздат, 1988. – 337 с.
9. Довідник керівника гасіння пожежі / За заг. ред. Крапивницького В.С. – К.: ТОВ «Літера-Друк», 2016. – 320 с.

#### REFERENCES

6. Petuhova O.A. Study characteristics fire crane kits / E.A. Petuhova, S.A. Gornostal, S.N. Shcherbak // Problems of Fire Safety. - 2015. – №37. – P. 154–159.
8. Sharovar, F. Methods of early detection of tanning / F. Sharovar – M.: Stroyizdat, 1988. – 337 p.
9. Firefighting guide's guide / Redaction Krapivnitskogo V.S.– K.: TOV «LItera-Druk», 2016. – 320 p.

#### Study of the conditions for the effective use of fire hydrant kits in high-rise residential buildings

S. Gornostal, E. Petukhova, S. Shcherbak, E. Shapovalova

**Abstract.** The characteristics of the water supply network for supplying water to the fire extinguishing of a high-rise residential building are investigated. The time limits for the free development of fire in the conditions of an apartment are determined. Its effect on the amount of water necessary to eliminate the fire is established. The amount of water that can be provided by the water supply network is determined, depending on its diameter and water velocity. The area of the fire is established, which can be localized with the help of a fire hydrant kit with the specified characteristics. The obtained area values correspond to the conditions for the effective use of fire hydrant kit in high-rise residential buildings.

**Keywords:** internal water supply, fire hydrant kit, consumption of water, residential building.

# Thermodynamic analysis of energy intensive systems on exergy flow graphs

V. Nikulshin

Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine  
Corresponding author. E-mail: vnikul@paco.net

Paper received 22.08.17; Revised 27.08.17; Accepted for publication 29.08.17.

**Abstract.** The main way of energy intensive systems efficiency improving is thermodynamic analysis and optimization. This paper describes a general approach for thermodynamic analysis of systems with arbitrary structures. Method is based on construction and analysis of a new type of topological model-exergy flow graph and illustrated on example of gas-turbine installation thermodynamic analysis.

**Keywords:** thermodynamic analysis, exergy, flow graphs.

**Introduction.** In the design and operation of energy intensive systems, the possibility of improving the system's efficiency is very important to explore. The main way of improving efficiency is through thermodynamic analysis and optimization.

The processes taking place in the complex energy intensive systems are characterized by mutual transformation of quantitatively different power resources.

For this reason the thermodynamic analysis of these systems requires the combined application of both laws of thermodynamics and demands the exergy approach [1].

Hence, during the last few years, many papers with different applications of thermodynamic methods have been published (see for example [2-9]).

The above referenced papers, as well as the author's earlier investigations [10-13] show that one of the most effective mathematical methods used for exergetic analysis and optimization is the method of graph theory [14].

The exergy topological method is based on the combination of exergy flow graph, exergy losses graph and thermo-economical graphs. In this article will be used the exergy flow graph

**The exergy flow graph.** The exergy flow graph of a system with arbitrary structure[11] can be expressed as a graph,  $E = (A, \Gamma) = (A, U)$ , where A is nodes multitude corresponds to systems elements  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_m\}$ , U is the arcs multitude corresponds to the exergy flows distribution in the system  $U = \{a_i, a_j\}; i \neq j; i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, m;$  and  $\Gamma$  represents a multivalued display of multitude A into itself.

The generalisation of characteristic and exergy flow graph gives the possibility to avoid multi-types of graph models in analysis of power intensive systems. Also it provides a common exergy-topological approach in the systems investigation.

In this article on example of gas turbine installation is given the use of exergy flow graph for receiving main exergetic characteristic for systems with arbitrary structure, particularly for calculation exergy losses in any element of the system and the system as a whole.

**Algorithm EXP.** Algorithm for determination of exergy losses consists from three main steps.

- Step 1. Building the exergy flow graph.
- Step 2. Calculation the exergy flows.
- Step 3. Calculation the exergy losses.

For the thermal power systems the exergy flows of four types can be under consideration : exergy of mass-flow, exergy of heat-flow, exergy of work and exergy of fuel. Specific mass exergies of these four types are given in [1].

Then,  $E_i^{en} E_i^{ex}$  -the sum of exergy flows corresponding to those at the inlet and outlet from i-element are formed and the exergy losses in i-element of the system is:

$$\Pi_i = E_i^{en} - E_i^{ex} \quad (1)$$

Degree of thermodynamic perfection

## Thermodynamic analysis of gas turbine installation

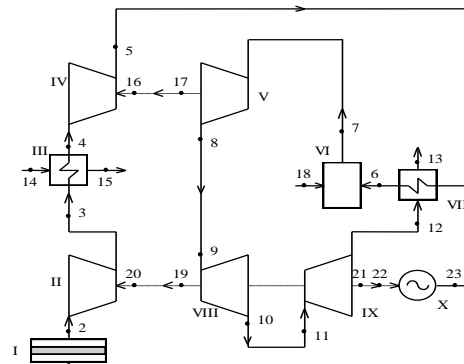


Fig. 1 Flowsheet of gas-turbine installation

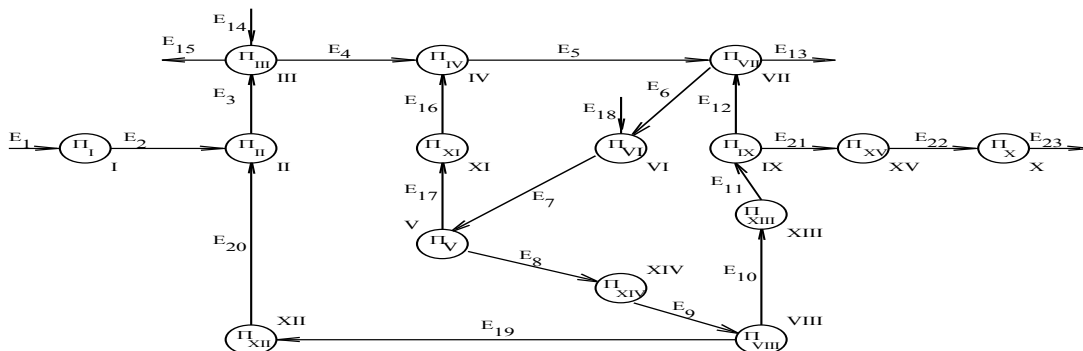


Fig. 2 Exergy flow graph corresponding to the flowsheet in Fig.1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
I	1	-1																					
II		1	-1																	1			
III			1	-1									1	-1									
IV				1	-1											1							
V						1	-1										-1						
VI							1	-1										1					
VII				1		-1					1	-1											
VIII								1	-1										-1				
IX										1	-1											-1	
X																						1	-1
XI																	-1	1					
XII																						-1	
XIII										1	-1												
XIV							1	-1															
XV																						1	-1

Fig. 3 Matrix of incidence of the exergy flow graph shown in Fig.2

$$v_i = \frac{E_i^{ex}}{E_i^{en}} = 1 - \frac{\Pi_i}{E_i^{en}} \quad (2)$$

and exergy losses of the system as a whole

$$\Pi_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \Pi_i \quad (3)$$

Table 1. Parameters of flows in flowsheet of gas-turbine installation in Fig.1

Number of flow	Temperature t, °C	Pressure P, MPa	Enthalpy h, kJ/kg	Entropy S, kJ/kg K	Mass flow rate M, kg/s	Specific exergy e, kJ/kg	Exergy E, MW
1	15	1.01	15.1	0.216	27.00	-43.9	-1.18
2	15	0.98	15.1	0.225	27.00	-46.3	-1.25
3	115	2.42	115.9	0.257	27.00	45.9	1.24
4	25	2.38	25.2	0.009	27.00	22.8	0.62
5	108	4.96	108.9	0.045	27.00	96.7	2.60
6	314	4.84	329.8	0.522	27.00	137.3	5.05
7	684	4.64	738.2	1.066	27.95	446.9	12.49
8	606	3.24	647.4	1.079	27.95	353.3	9.87
9	606	3.13	647.4	1.091	27.95	349.9	9.78
10	511	1.94	542.1	1.102	27.95	241.5	6.75
11	511	1.92	542.1	1.107	27.95	240.2	6.72
12	412	1.09	432.9	1.126	27.95	124.9	3.49
13	212	1.02	218.8	0.768	27.95	5.7	0.16
14	15	0.30	63.2	0.224	19.50	2.1	0.04
15	45	0.30	188.5	0.638	19.50	14.2	0.28
16	-	-	-	-	-	-	2.26
17	-	-	-	-	-	-	2.54
18	20	0.59	34.7	0.580	0.95	12600	11.93
19	-	-	-	-	-	-	2.94
20	-	-	-	-	-	-	2.72
21	-	-	-	-	-	-	3.05
22	-	-	-	-	-	-	2.90
23	-	-	-	-	-	-	2.81

Table 2. Thermodynamic characteristics of gas-turbine installation in Fig.1

No	Name of element	Number of corresponding node of graph	Sum of exergies flows		Exergy losses in element $\Pi_i$ , MW	Degree of thermodynamic perfection $v_i$
			at inlet to element $E_i^{en}$ , MW	at outlet from element $E_i^{ex}$ , MW		
1	2	3	4	5	6	7
1	Filter	I	-1.18	-1.25	0.07	0.940
2	Turbo-compressor	II	1.47	1.24	0.23	0.843
3	Intermediate refrigerator	III	1.28	0.90	0.39	0.699
4	High pressure turbo-compressor	IV	2.88	2.60	0.28	0.902
5	High pressure turbine	V	12.49	12.41	0.08	0.933
6	Combustion chamber	VI	16.98	12.49	4.49	0.733
7	Regenerative heat exchanger	VII	6.09	5.21	0.88	0.855

8	Average pressure turbine	VIII	9.78	9.69	0.09	0.990
9	Low pressure turbine	IX	6.72	6.54	0.18	0.973
10	Generator	X	2.90	2.81	0.09	0.968
11	Drive of high pressure turbo-compressor IV	XI	2.54	2.26	0.28	0.889
12	Drive of turbo-compressor II	XII	2.94	2.72	0.22	0.925
13	Pipe-line tying turbines VIII and IX	XIII	6.75	6.72	0.03	0.995
14	Pipe-line tying turbines V and VIII	XIV	9.87	9.78	0.09	0.990
15	Generator drive	XV	3.05	2.90	0.15	0.950

The algorithm EXP described above was applied for thermodynamic analysis of a gas-turbine installation in Fig.1. The exergy flow graph for this flowsheet is given in Fig. 2, the matrix of incidence in Fig. 3.

Parameters of the flows were calculated in [15] and given in Table 1.

Exergy of flows was calculated by formulas given in [1] with such approximations: exergy of fuel equal heat value  $Q_c^w$ , exergies of mass flows  $e_j = (h_j - h_0) - T_0 (s_j - s_0)$ , where  $P_0 = 0.1$  MPa,  $T_0 = 273.15$  K. The reason for such approximation is to simplify the procedure of calculation. The chemical exergy of flows in gas-turbine installation ( $e_j^{ch} = 0$ ) is ignored in the illustrated example, because even for combustion gases the amount of chemical exergy in full exergy of flow is usually less than 1% [1]. Besides that,  $e_j^{ch}$  is not used in any element of the system and become a loss outside of the installation.

In the installation as shown in Fig.1, air with mass flow rate  $M_1$  and parameters  $P_1, t_1$  enters filter I, where its pressure is throttled down from  $P_1$  to  $P_2$ . After that, air is compressed in turbocompressor II with a consumption of capacity  $N_{II} = M_2 (h_3 - h_2) = 2.72$  MW to parameters  $P_3$  and  $t_3$  (the driver for turbocompressor II is a turbine of average pressure VIII which sets on the same shaft with the compressor).

Air then enters to intermediate refrigerator III. In refrigerator III air is chilled by water (water is heated from  $t_{14}$  to  $t_{15}$ ) to parameters  $P_4$  and  $t_4$ . Air is then compressed by the high pressure compressor IV with a consumption of capacity  $N_{IV} = M_4 (h_5 - h_4) = 2.26$  MW to parameters  $P_5$  and  $t_5$  (the driver for turbocompressor IV is a turbine of high pressure which sets on the same shaft as a turbocompressor is). Air enters a regenerative heater VII and is heated to parameters  $P_6$  and  $t_6$ . The products of combustion are chilled from  $t_{12}$  to  $t_{13}$ .

Then the heated air passes to the combustion chamber where a full combustion (flow 18,  $Q_c^w = 11.56$  MJ / m<sup>3</sup>) occurs. The products of combustion are formed (mass flow rate  $M_7$ , temperature  $t_7$ , pressure  $p_7$ ). It enters the turbines of high (V), average (VIII), and low pressures (IX) successively, and expands with the removal of capacity

$$N_V = M_8 (h_7 - h_8) = 2.54 \text{ MW (4)}$$

$$N_{VII} = M_9 (h_{10} - h_9) = 2.94 \text{ MW (5)}$$

$$N_{IX} = M_{11} (h_{11} - h_{12}) = 3.05 \text{ MW (6)}$$

The difference of parameters in points 8, 9 and 10, 11 are due to throttling in the pipe-lines.

Exergy losses in the turbines and in the turbo compressor are the result of dissipation of expansion (pressure) processes in a real installation. Degree of thermodynamic perfection of turbines and turbocompressors are sufficiently high. Usually, the bigger the difference between average parameters of the working fluid and the environment, the smaller the exergy losses.

The same situation is also true for heat exchangers. Higher temperature level in regenerative refrigerator VII (as compared with intermediate refrigerator III) gives a higher degree of thermodynamic perfection of the heat exchanger  $v_{II} = 0.855$  as compared with  $v_{III} = 0.699$ .

Exergy losses in other elements of the system are caused by dissipation of the flow transport in the pipe-lines (elements XIII, XIV) or by mechanical losses (elements XI, XII, XV).

For the system as a whole

$$E_{\Sigma}^{en} = E_1 + E_{14} + E_{18} = 10.841 \text{ MW (7)}$$

$$E_{\Sigma}^{ex} = E_{15} + E_{13} + E_{23} = 3.246 \text{ MW (8)}$$

$$\Pi_{\Sigma} = 7.595 \text{ MW (9)}$$

The degree of thermodynamic perfection  $v_{\Sigma} = E_{\Sigma}^{ex} / E_{\Sigma}^{en} = 0.299$  is less than the same characteristics for any element of the system in result of the mutual influence of one element on the other in the system.

**Conclusion.** A special model for advanced thermodynamic analysis is presented. This general approach for thermodynamic system analysis is based on special properties of exergy flow graph. The model can be constructed for any energy-intensive system and is invariant for technological aim and structure of the system. For this reason the model can be applied for the investigation of various energy intensive systems in different branches of industry. Illustrative example of gas-turbine installation thermodynamic analysis is given.



## REFERENCES

1. Moran, M., Shapiro H., Fundamentals of Engineering thermodynamics, John Wiley & Sons Inc., New York, 2004.
2. E. Betouche, A. Fellah. Thermodynamic analysis of irreversibility in solar absorption refrigerators, Entropy, N18(4), pp. 107-112, 2016.
3. Hui Liu, Qing He, Bin Saeed. Thermodynamic analysis of compressed air energy storage system through advanced exergetic analysis, Journal of renewable and sustainable energy, N8, pp. 126-132, 2016.
4. Hanfui Wong. Sustainable engineering in the global energy sector, Journal of energy resources technology, N 138(2), pp. 39-46, 2015.
5. F. Marias, P. Neveu, G. Tanguy. Thermodynamic analysis and experimental study of solid/gas reactor operating in open mode, Energy, N162(3), pp. 131-140, 2014.
6. S. Peng, H. Hong. Exergy analysis of solar gas turbine system coupled with Kalina cycle, Intern. Journal of Exergy, Vol. 3, N2, pp. 25-32, 2015.
7. F. Finkelstein. Thermodynamic analysis of Stirling engines, Journal of spacecraft and rockets, Vol. 4, N9, pp.1184-1189, 2016.
8. E. Hurdogan. Thermodynamic analysis of diesel engine fueled with diesel and peanut biodiesel, Environmental progress and sustainable energy, Vol 35, Issue 3, pp. 891-837, 2016.
9. S Okamoto. Energy saving and economical evolution of ceramic gas turbine cogeneration, Open Journal of Energy efficiency, N2, pp. 89-96, 2013.
10. Nukulshin V., von Zedtwitz V., Optimization of heating systems with renewable energy sources, Proc. of the 18-th International Conference on Efficiency, ECOS-05, Trondheim, Norway, pp.439-446, 2005.
11. Nikulshin V., Bailey M., Nikulshina V., Thermodynamic analysis of air refrigerator on exergy graph, Thermal Science, Vol.10, No1, 2006, pp.99-110.
12. Nikulshin V., von Zedtwitz V., The "entropy-cycle" method for thermodynamic analysis of energy intensive system, International Journal of Exergy, Vol. 4, No. 1, 2007, pp.74-86.
13. Nikulshin V., "Optimisation of system for thermal treatment of chlorine water", Desalination and water treatment, Vol 51, Issue 7-9, pp. 35-42, 2013
14. Balakrishnan V.K. Graph Theory, Shaumm's Outline Service, New York, 1997.
15. Andreev and V. Nikulshin, Thermodynamic Analysis of Power- Technological Systems on Computer, The Center of Higher Education and Methods of Ukraine, Kiev (in Russian), 1992.

### Термодинамический анализ энергоинтенсивных систем на эксергетических потоковых графах

#### В. Никольшин

**Аннотация.** Основным путем повышения энергоэффективности энергоинтенсивных систем является их термодинамический анализ и оптимизация. В статье описан общий подход к термодинамическому анализу систем произвольной структуры. Метод базируется на построении и анализе нового типа топологических моделей-эксергетическом потоковом графе. Приведен пример термодинамического анализа газо-турбиной установки.

**Ключевые слова:** термодинамический анализу, эксергия, потоковый граф.

## Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of small power and peak fuel-fired boilers

O. P. Ostapenko

Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine  
Corresponding author. E-mail: ostapenko1208@gmail.com

Paper received 23.08.17; Revised 28.08.17; Accepted for publication 29.08.17.

**Abstract:** The approach, aimed at determination of the areas and modes of high energy efficient operation of energy supply systems (ESS) with cogeneration heat pump installations (CHPI) of small power and peak fuel-fired boilers (FB), on conditions of optimal operation modes of CHPI, taking into consideration complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor heat pump installations (HPI) of small power, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy, is suggested.

**Keywords:** area of high energy efficient operation, energy supply system, cogeneration heat pump installation of small power, steam compressor heat pump installation of small power, peak fuel-fired boiler.

**Introduction.** Taking into account the actuality of the given problem, in recent years a number of investigations, dealing with the efficiency of usage combined cogeneration heat pump installations in thermal schemes of energy supply sources were carried out [1 – 13]. This technology provides the application of combined cogeneration heat pump installations, that enables to reduce the consumption of natural or alternative gas by 30 – 45 %, as compared with boiler installations of the equivalent capacity [1], and obtain cheaper at cost electric energy, as compared with the grid energy (by 30 – 40 %). Cogeneration drive of HPI compressors can be provided on the base of gas engines-generators, manufactured by Ukrainian enterprises.

**Publications review on the subject.** In research [2 – 3] energy advantages are evaluated and efficient real operation modes of HPI with electric and cogeneration drives are determined, with the account of the impact of drive energy sources of steam compressor heat pumps and energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy to HPI. In research [4 – 5] methodical fundamentals of comprehensive assessment of energy efficiency of steam compressor heat pump plants (HPP) with electric and cogeneration drives, with the account of complex impact of HPP variable operation modes, peak sources of heat of HPP, sources of HPP drive energy and with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy are suggested. In [5 – 6] scientific fundamentals are suggested and comprehensive assessment of energy efficiency of steam compressor HPP with cogeneration drive with the account of complex impact of HPP variable operation modes, HPP peak sources of heat, sources of drive energy of steam compressor HPP of various power levels, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy is performed.

In research [7] the assessment of ESS energy efficiency on the base of combined CHPI are realized, efficient operation modes of ESS with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy of steam compressor HPI of various power levels, with the account of energy losses in the processes of generation, supply and conversion of electric energy are determined. In research [8] energy efficiency of ESS, based on combined CHPI and peak sources of heat (PSH) is evaluated, efficient operation modes of these ESS with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of various power levels, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy are determined. In research [9] methodical fundamentals are developed, assessment of

energy efficiency of energy supply systems with combined CHPI and PSH, on conditions of optimal operation modes of CHPI for heat supply systems is performed, energy efficient operation modes of ESS with CHPI and PSH with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of various power levels, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy, is performed.

In accordance with [8 – 9], optimal distribution of loading between CHPI and PSH (for instance, hot-water fuel-fired boiler, electric boiler, solar collectors, etc.) within the frame of ESS largely determines energy efficiency of the above-mentioned ESS. Such distribution is characterized by the share of CHPI loading within the frame of ESS  $\beta$ , that is determined as the ratio of thermal capacity of CHPI to thermal capacity of ESS  $\beta = Q_{CHPI}/Q_{ESS}$ . In the paper [8] it is suggested to realize comprehensive assessment of ESS with CHPI and PSH energy efficiency by complex dimensionless criterion of energy efficiency:

$$K_{ESS} = (1 - \beta) \cdot K_{PSH} + \beta \cdot K_{CHPI} \quad (1)$$

where  $K_{PSH}$  – dimensionless criterion of energy efficiency of peak source of heat within ESS (hot-water fuel-fired boiler (FB), electric boiler (EB), solar collectors, etc.) from the researches [8 – 9, 11 – 12],

$K_{CHPI}$  – dimensionless criterion of CHPI within ESS energy efficiency from the researches [2, 7 – 8].

In research [8] spheres of energy efficiency operation of CHPI of various power levels, obtained on the base of the research [7] and determined by CHPI energy efficiency dimensionless criterion  $K_{CHPI}$ , depending on real values of HPI coefficient of performance  $\varphi$ , and efficient factor of gas-piston engine-generator (GPE)  $\eta_{EGPE}$ . Energy efficient operation modes of CHPI correspond to the condition  $K_{CHPI} > 1$ . High values of energy efficiency dimensionless criterion for ESS with CHPI, obtained in [8], confirm high energy efficiency of such combined energy supply systems. In [9] it is determined that energy efficiency of ESS with CHPI and peak fuel-fired boilers almost two times exceeds the energy efficiency of modern high efficient electric and fuel-fired boilers, intended for operation in heat supply systems.

In research [11] methodical fundamentals are developed, spheres of energy efficient operation of ESS with CHPI and PSH, on conditions of CHPI optimal operation modes are

determined, energy efficient operation modes of ESS with CHPI and PSH are determined, with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of different power levels, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy. In research [11] under conditions of  $K_{CHPI} > 1$  and  $K_{ESS} > \eta_{FB}$  and modes of energy efficient operation of CHPI, areas of energy efficient operation and energy efficient operation modes of ESS with CHPI and peak fuel-fired boilers for various power levels and ESS elements energy efficiency are determined. It is determined, that ESS with CHPI and peak fuel-fired boilers, suggested in the research [11], will be energy efficient, if the share of CHPI loading in ESS will be  $\beta > 0,4$ . If this condition is realized, modern high efficient electric and fuel-fired boilers will be inferior by their energy efficiency to the above-mentioned ESS. Under these conditions the above-mentioned ESS can be recommended as energy efficient energy supply systems.

In research [12] methodical fundamentals are developed, spheres of energy efficient operation of ESS with CHPI and PSH in heat supply systems, on conditions of CHPI optimal operation modes are determined, energy efficient operation modes of ESS with CHPI and PSH in heat supply systems are determined, with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of different power levels, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy. In research [13] the areas of high energy efficiency of ESS with large power CHPI and FB, on conditions of optimal operation modes of CHPI are determined; energy efficient operation modes of ESS with large power CHPI and FB with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of large power, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy are determined.

In [1 – 13] the authors did not determine the areas of high energy efficiency of energy supply systems with combined CHPI of small power and FB, on conditions of optimal operation modes of CHPI.

**Objective. Aim of the research** is the determination of the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak FB on conditions of optimal operation modes of CHPI, determination of high energy efficient operation modes of ESS with CHPI of small power and peak FB with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of small power, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy.

**Materials and methods.** The research contains the evaluation of high energy efficient operation modes of ESS with CHPI of small power and peak FB. Energy efficiency of ESS with steam compressor HPI of small power (up to 1 MW) with cogeneration drive from GPE was studied. Fuel-fired boiler houses were provided to be used as peak sources of heat in ESS. The investigated ESS with CHPI of small power and FB can completely or partially provide auxiliary needs in electric energy and provide the consumers needs in heating and hot water supply. Schemes of the ESS with CHPI and peak FB are presented in works [1, 10]. Methodical fundamentals of energy efficiency evaluation of ESS with CHPI and peak FB are given in research [8].

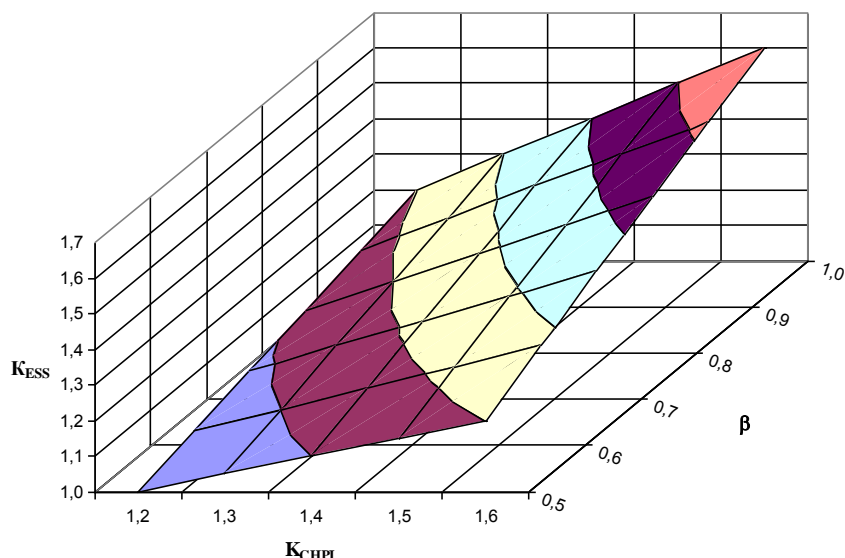
Areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak FB can be determined from the

dependences, suggested in the research [11 – 12], on conditions of  $K_{CHPI} > 1$  and  $K_{ESS} > 1$  [11]. If the above-mentioned conditions are realized, the investigated ESS with CHPI of small power and FB can be recommended as high efficient energy supply systems that can be competitive with modern high-efficient electric and fuel-fired boilers in heat supply and energy supply systems.

In our study the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and FB are defined on conditions of optimal operation modes of CHPI on the base of the research, carried out [7 – 8].

**Results and discussion.** Application of the suggested approaches, aimed at determination of the areas of ESS with CHPI of small power and FB high energy efficiency will be demonstrated on the specific examples. Figs. 1 – 3 shows the results of research, aimed at determination of the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and FB for energy efficient operation modes of CHPI, based on the results of the studies [7 – 8]. The values of dimensionless criterion of ESS with CHPI of small power and FB energy efficiency for the cases of variable loading of CHPI within ESS on condition of CHPI share change within the range  $\beta = 0,1 \dots 1,0$  are determined. As above mentioned, the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and FB can be determined on conditions of  $K_{CHPI} > 1$  and  $K_{ESS} > 1$  [11]. The research is carried out for energy efficient operation modes of small power CHPI with  $K_{CHPI} = 1,1 \dots 2,1$  (on conditions of maximum efficiency of GPE) and with  $K_{CHPI} = 1,1 \dots 1,6$  (on conditions of minimum efficiency of GPE), based on the results of the studies [7 – 8]. The above-mentioned values of CHPI  $K_{CHPI}$  energy efficiency criterion correspond to the values of real coefficient of performance of CHPI within the limits of  $\varphi_r = 3,0 \dots 5,4$  for CHPI of small power, according to [8].

Fig. 1 shows the area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boiler, on conditions of minimal efficiency of GPE and FB. In the given research, in accordance with [2, 7], the following values are taken into account: value of GPE efficiency factor  $\eta_{EGPE} = 0,31$  and value of electric motor efficiency factor with the account of energy losses in the control unit of electric motor  $\eta_{ED} = 0,8$ . Fuel-fired boiler house with  $\eta_{FB} = 0,8$  is provided to be peak source of heat in ESS for these conditions. The value of dimensionless criterion of fuel-fired boiler energy efficiency will be  $K_{PSH}^{FB} = 0,8$ . As it is seen from Fig. 1, the values of complex dimensionless criterion of ESS energy efficiency are  $K_{ESS} = 1,0 \dots 1,2$  on condition on minimal value of energy efficient criterion of CHPI  $K_{CHPI} = 1,2$ ; for operation modes of ESS with  $K_{CHPI} > 1,2$  the values of dimensionless criterion of ESS energy efficiency change within the limits of  $K_{ESS} = 1,05 \dots 1,6$ . High energy efficient operation modes of these ESS are provided on conditions of energy efficient modes of CHPI operation with the values of energy efficiency index  $K_{CHPI} = 1,2 \dots 1,6$ .

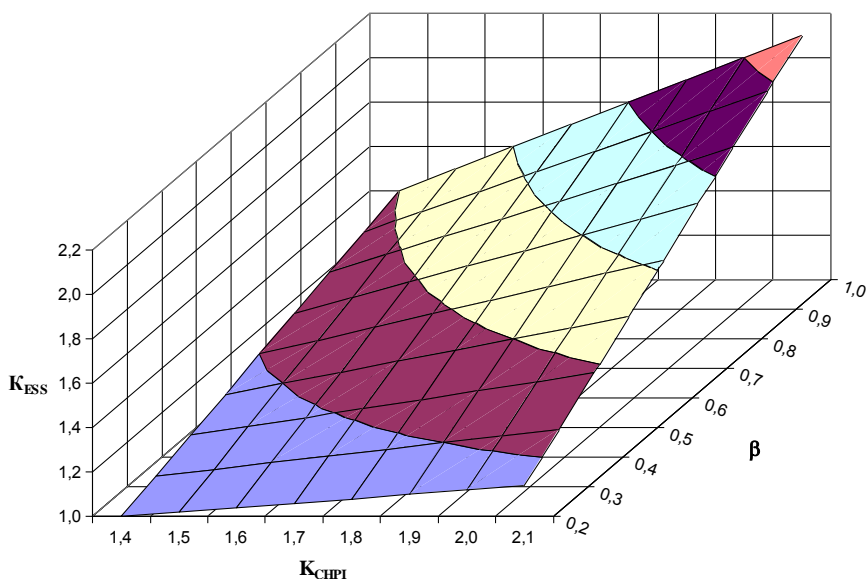


**Fig. 1** – Area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boiler, on conditions of minimal efficiency of GPE and FB

Figs. 2-3 show the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boiler, on conditions of maximal efficiency of GPE and FB. In the given research, according to [2, 7], the following values are taken into account: value of GPE efficiency factor  $\eta_{EGPE} = 0,42$  and value of electric motor efficiency with the account of energy losses in the control unit of electric motor  $\eta_{ED} = 0,8$ . Fuel-fired boiler house with  $\eta_{FB} = 0,9$  is provided to be peak source of heat in ESS for these conditions. The value of dimensionless criterion of fuel-fired boiler energy efficiency will be  $K_{PSH}^{FB} = 0,9$ .

Fig. 2 shows the area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boiler, on conditions of maximal efficiency of GPE and FB, and on conditions of high efficient operation modes of CHPI with  $K_{CHPI} = 1,4 \dots 2,1$ . As it is seen from Fig. 2, the values of complex dimensionless criterion of ESS energy efficiency are  $K_{ESS} = 1,0 \dots 1,4$  on condition on minimal value of

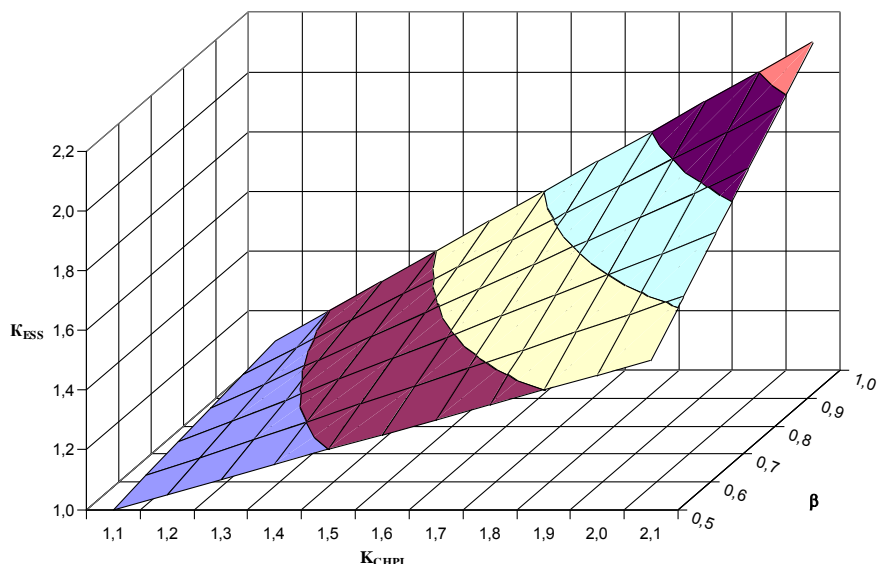
energy efficient criterion of CHPI  $K_{CHPI} = 1,4$ ; for operation modes of ESS with  $K_{CHPI} > 1,4$  the values of dimensionless criterion of ESS energy efficiency change within the limits of  $K_{ESS} = 1,02 \dots 1,1$ . As it is seen from Fig. 2, on conditions of  $K_{CHPI} > 1,4$  (for high efficient operation modes of CHPI) and  $K_{ESS} > 1$  [11], dependence, shown in Fig. 2, determine area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boiler (boiler house), on conditions of maximal efficiency of GPE and fuel-fired boiler (boiler house) and high efficient operation modes of CHPI. On such conditions, the above-mentioned ESS can be recommended as high efficient energy supply systems, as their efficiency more than two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. The studied ESS can be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in heat and energy supply systems.



**Fig. 2** – Area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boiler, on conditions of maximal efficiency of GPE and FB, on conditions of high efficient operation modes of CHPI

Fig. 3 shows the area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boiler, on conditions of maximal efficiency of GPE and FB, and on conditions of optimal operation modes of CHPI with  $K_{CHPI} = 1,1 \dots 2,1$ . As it is seen from Fig. 3, the values of complex dimensionless criterion of ESS energy efficiency are  $K_{ESS} = 1,0 \dots 1,1$  on condition on minimal value of

energy efficient criterion of CHPI  $K_{CHPI} = 1,1$ ; for operation modes of ESS with  $K_{CHPI} > 1,1$  the values of dimensionless criterion of ESS energy efficiency change within the limits of  $K_{ESS} = 1,05 \dots 2,1$ .



**Fig. 3** – Area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boiler, on conditions of maximal efficiency of GPE and FB, on conditions of optimal operation modes of CHPI

As it is seen from Fig. 3, on conditions of  $K_{CHPI} > 1,1$  (for optimal operation modes of CHPI) and  $K_{ESS} > 1$  [11], dependence, shown in Fig. 3, determine area of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boiler (boiler house), on conditions of maximal efficiency of GPE and fuel-fired boiler (boiler house) and optimal operation modes of CHPI. On such conditions, the above-mentioned ESS can be recommended as high efficient energy supply systems, as their efficiency more than two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. The studied ESS can be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in heat and energy supply systems.

It is determined, that ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boilers, suggested in the research, will be high energy efficient, if the share of CHPI loading in ESS will be  $\beta > 0,5$  for optimal operation modes of CHPI and the value of energy efficient criterion of CHPI will be  $K_{CHPI} > 1,1 \dots 1,2$  (depending on various ESS elements energy efficiency); that corresponds to the results of research, shown in Figs. 1 and 3.

It is determined, that ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boilers, suggested in the research, will be high energy efficient, if the share of CHPI loading in ESS will be  $\beta > 0,2$  for high efficient operation modes of CHPI, that corresponds to the results of research, shown in Figs. 2. However, such operation modes of ESS will be provided on condition of high efficient operation of CHPI with energy efficiency index of  $K_{CHPI} > 1,4$ .

At these conditions the areas of high energy efficiency of the above-mentioned ESS are determined. Under realization of these conditions, modern high efficient electric and fuel-

fired boilers will be inferior by energy efficiency to the above-mentioned ESS.

Under such conditions, the above-mentioned ESS can be recommended as high efficient energy supply systems, as even in case of minimal efficiency of GPE and FB, energy efficiency of ESS almost two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. This ESS can be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in the systems of heat and energy supply.

**Conclusions.** Areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and FB, on conditions of optimal operation modes of CHPI are determined; high energy efficient operation modes of ESS with CHPI of small power and FB with the account of complex impact of variable operation modes, sources of drive energy for steam compressor HPI of small power, with the account of energy losses in the process of generation, supply and conversion of electric energy are determined.

The suggested approach, aimed at determination of the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of small power and FB has a number of advantages:

- it takes into account variable operation modes of ESS with the change of load distribution between steam compressor CHPI of small power and peak FB in ESS;
- it enables to determine areas and modes of high energy efficient operation of ESS with small power CHPI and FB, at which energy efficiency of the studied ESS almost two times exceeds energy efficiency of modern high energy efficient electric and fuel-fired boilers;
- methodical fundamentals, suggested in [8], and the results of research, presented in the given paper, could be used for the determination of the areas of high efficient operation of ESS with FB and steam compressor CHPI of small power,

with various refrigerants, sources of low temperature heat and scheme solutions;

– it allows to develop recommendations, aimed at high energy efficient operation of ESS with small power CHPI and FB with different scheme solutions.

Under conditions of  $K_{CHPI} > 1,1 \dots 1,4$  (depending on various ESS elements energy efficiency) and  $K_{ESS} > 1$  and modes of energy efficient operation of CHPI, areas of high energy efficiency and high energy efficient operation modes of ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boilers, for various ESS elements energy efficiency are determined.

It is determined, that ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boilers, suggested in the research, will be high energy efficient, if the share of CHPI loading in ESS will be  $\beta > 0,5$  for optimal operation modes of CHPI and the value of energy efficient criterion of CHPI will be

$K_{CHPI} > 1,1 \dots 1,2$  (depending on various ESS elements energy efficiency).

It is determined, that ESS with CHPI of small power and peak fuel-fired boilers, suggested in the research, will be high energy efficient, if the share of CHPI loading in ESS will be  $\beta > 0,2$  for high efficient operation modes of CHPI. However, such operation modes of ESS will be provided on condition of high efficient operation of CHPI with energy efficiency index of  $K_{CHPI} > 1,4$ .

If this condition is realized, modern high efficient electric and fuel-fired boilers will be inferior by their energy efficiency to the above-mentioned ESS. Under these conditions the above-mentioned ESS can be recommended as high efficient energy supply systems, as their efficiency more than two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers.

#### REFERENCES

1. Tkachenko, S. Y.; Ostapenko, O. P. Steam compressor heat pump installations in heat supply systems, monograph, Vinnytsia : UNIVERSUM-Vinnytsia, 2009, 176 p. (in Ukrainian)
2. Ostapenko, O. P.; Leshchenko, V. V.; Tikhonenko, R. O. Energy efficiency of steam compressor heat pumps with electric and cogeneration drive, electronic resource, Scientific Works of Vinnytsia National Technical University, 2014, №4, available at: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/25/25>.
3. Ostapenko, O. P.; Leshchenko, V. V.; Tikhonenko, R. O. Energy advantages of application of steam compressor heat pumps with electric and cogeneration drive, electronic resource, Scientific Works of Vinnytsia National Technical University, 2015, №1, available at: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/437/435>.
4. Ostapenko, O. P. Methodical fundamentals of complex assessment of energy efficiency of steam compressor heat pump plants with electric and cogeneration drive, Scientific Works of Odesa National Academy of Food Technologies, 2015, vol. 47, part 2, p. 157 – 162. (in Ukrainian)
5. Ostapenko, O. P. Scientific basis of evaluation energy efficiency of heat pump plants, monograph, Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016, 64 p.
6. Ostapenko, O. P. Complex evaluation of energy efficiency of steam compressor heat pump plants with cogeneration drive, electronic resource, Scientific Works of Vinnytsia National Technical University, 2015, №3, available at: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/36/36>.
7. Ostapenko, O. P.; Leshchenko, V. V.; Tikhonenko, R. O. Energy efficiency of energy supply systems, based on combined cogeneration heat pump installations; electronic resource, Scientific Works of Vinnytsia National Technical University, 2015, №4, available at: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/451/453>.
8. Ostapenko, O. P. Energy efficiency of energy supply systems, based on combined cogeneration heat pump installations and peak sources of heat; electronic resource, Scientific Works of Vinnytsia National Technical University, 2016, № 1, available at: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/462/464>.
9. Ostapenko, O. P. Energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations and peak sources of heat in heat supply systems, electronic resource, Scientific Works of Vinnytsia National Technical University, 2016, № 2, available at: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/472/474>.
10. Ostapenko, O. P. Refrigeration equipment and technology. Heat pumps, tutorial, Vinnytsia : VNTU, 2015, 123 p. (in Ukrainian)
11. Ostapenko, O. P. Spheres of energy efficiency operation of energy supply systems with cogeneration-heat pump installations and peak sources of heat, electronic resource, Scientific Works of Vinnytsia National Technical University, 2016, № 3, available at: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/479/481>.
12. Ostapenko, O. P. Spheres of energy efficient operation of energy supply systems with cogeneration-heat pump installations and peak sources of heat in heat supply systems, electronic resource, Scientific Works of Vinnytsia National Technical University, 2016, № 4, available at: <https://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/487/489>.
13. Ostapenko, O. P. Spheres of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of large power and peak fuel-fired boilers, Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, IV(12), Issue 110, 2016, p. 64 – 67.

#### Области высокой энергоэффективности систем энергоснабжения с когенерационно-теплонасосными установками малой мощности и пиковыми топливными котлами

О. П. Остапенко

**Аннотация:** Предложен подход по определению областей и режимов высокой энергоэффективности систем энергоснабжения (СЭ) с когенерационно-теплонасосными установками (КТНУ) малой мощности и пиковыми топливными котлами (ТК), при условиях оптимальных режимов работы КТНУ, с учетом комплексного влияния переменных режимов работы, источников приводной энергии для парокompрессионных теплонасосных установок (ТНУ) малой мощности, с учетом потерь энергии при генерировании, снабжении и преобразовании электрической энергии.

**Ключевые слова:** область высокой энергоэффективности, система энергоснабжения, когенерационно-теплонасосная установка малой мощности, парокompрессионная теплонасосная установка малой мощности, пиковый топливный котел.



## The use of sesame seeds in food production

L. A. Valevskaya, L. K. Ovsyannikova, S. S. Orlova, V. V. Yurkovskaya

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine  
Corresponding author. E-mail: ludmila\_valev@ukr.net

Paper received 25.08.17; Revised 28.08.17; Accepted for publication 29.08.17.

**Abstract.** The chemical and amino acid composition of sesame seeds is presented in the article, as well as the analysis of its consumer properties. The statistical data of the countries of exporters and importers of sesame seeds are given. According to the results of the conducted studies, it is established that sesame seeds have high nutritional and biological value. Therefore, its introduction into the composition of recipes in the manufacture of various food products will enrich the finished products with the necessary macro- and micronutrients.

**Keywords:** sesame seeds, consumer properties, chemical composition.

Sesame or sesame is an East Indian flower plant from the family Pedaliaceae and the genus Sesamum. The scientific name of sesame is Sesamum indicum. Sesame is a tropical, annual herbaceous plant with white and purple flowers. It is famous for its seeds, which are a source of very useful sesame oil, often it is used as a flavoring. It is a direct growing grass that has small, flat seeds of oval shape. Seeds of sesame can have several colors: red, white, black, yellow, etc., depending on the difference in varieties. As a seasoning, sesame seeds have been used since ancient times. Sesame was one of the very first flavors known to man.

Seeds of sesame are believed to have come to us from India, according to international studies. They inspired the catch phrase "open, open" from the "Thousand and One Nights", as the mature pod of this plant opens from a light touch, when it reaches maturity. Seeds of sesame come with or without film in various colors. They contain many nutrients and minerals, including copper, manganese, calcium and iron, and are used as powders for bread, pasta, vegetables, desserts. Also, from the crushed grains, oil and paste are obtained.

Seeds of sesame are highly valued for the high content of fats, from which sesame oil is extracted, it is very resistant to rancidity. Seeds of sesame are the main ingredients in oriental sweets, such as tahini pasta and halva.

Perhaps the most widely known sesame is the phrase "Sesame, open" - the magic words used by Ali Baba, in order to open a cave with treasures in oriental tales.

**Table 1.** – Chemical composition of sesame seeds

[3] Characteristic	Content in sesame seeds
Proteins, g/100 g	19,4
Fats, g/100 g	48,7
Carbohydrates, g/100 g:	
- mono- and disaccharides	2,0
- starch	10,2
Minerals, mg/100 g:	
Na	75
K	497
Ca	1474
P	720
Vitamins, mg/100 g:	
B <sub>1</sub>	1,27
B <sub>2</sub>	0,36
Energy value, kcal	605

Use of sesame seeds humanity began very long ago. It was used for therapeutic purposes in Ancient Greece, Rome and China. Sesame seed in ancient Babylon was considered to be the food of the gods. Mentions of sesame oil are reflected in the ancient cultural heritage of many countries, as well as in the Scriptures. The first one who described the maximum amount of beneficial properties of sesame and sesame oil was Avicenna, who created a huge work on treatment in the 11 th century [1].

Sesame was so well-known and common in the Arab countries that even it was suggested that this phrase would quickly be forgotten because it was so common.

Sesame seeds are added to many Asian dishes, they give the food a nutty taste and a thin, barely perceptible aroma. They are available throughout the year.

Sesame seeds contain a significant amount of protein, vitamins B (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>), macro and microelements. The chemical composition of sesame seeds, its nutritional value is given in Table. 1.

The amino acid composition of sesame seeds is given in Table. 2

**Table 2.** – Amino acid composition of sesame seeds [4]

Characteristic	Content in sesame seeds, mg/100 g
Imminent amino acids	
Valine	886
Isoleucine	783
Leucine	1338
Lizin	554
Methionine	559
Throne	768
Tryptophan	297
Phenylalanine	885
Replaceable amino acids	
Alanin	781
Arginine	1900
Aspartic acid	1666
Histidine	478
Glycine	1386
Glutamic acid	3946
Proline	750
Serin	945
Tyrosine	716
Cystine	153
Total amount of amino acids	18253

Sesame is an ancient oilseed culture, the first mention of it has been known since the time of Babylon and Assyria, more than 4000 years ago. From there til spread to the Ancient Near East. Now sesame is grown in many parts of the world for more than 5 million acres. The largest areas occupied for the cultivation of sesame are in India, but the crop is also harvested in China, Korea, Russia, Turkey, Mexico, South America and a number of African countries (Ethiopia, etc.). In the US, industrial sesame production began around the 1950s. The area under sesame in the US is busy, primarily in the state of Texas and the southwestern states, their size varies from 10,000 to 20,000 acres in recent years. However, the USA acts as a major importer of sesame. Sesame will take no less than 100 thousand hectares of sesame in the US only to meet domestic demand, so there is no question of producing sesame for export. As early as the 19th century, Thomas Jefferson recognized the potential of sesame when he raised

it on trial plots (he called it beni or benne), but 200 years later in the US did little to develop this culture.

In sesame seeds, unusually high oil content (about 50% of the weight of seeds) compared with 20% of the oil in soybeans. Sesame yields a fairly high yield, it has a high nutritional value. Seeds of sesame are used both in baking and cooking oil. Sesame loves warmth and is mainly adapted to areas with a long growing season and well-drained soils. It is believed that sesame is resistant to drought, but needs good soil moisture. In the US, sesame features were studied in detail in the state of Missouri, where it adapted well to local growing conditions.

Seeds of sesame are rich in proteins, fats, carbohydrates, fibers and other minerals and vitamins. In many cuisines of the world, especially in the Middle East, it plays a very significant role, as many of the dishes are completely based on its crisp taste. Sesame seed oil is used for various purposes: cooking, cooking salads and other industrial uses; Oil can be used in the production of margarine, soap, pharmaceuticals, paints and lubricants. The residues after crushing the seeds for oil production are called oil cake, it is used as a feed for livestock.

The global production of sesame seeds is about 5 to 6 million tons per year, India along with China acts as the largest producer of sesame seeds. Sesame production is mainly concentrated in the countries of Asia and Africa, the first five countries from these regions occupy the largest share in total sesame production. The production and consumption of sesame is in an upward trend, especially in the last decade, and both figures are steadily growing.

The production of sesame seeds is concentrated in several countries, this has also led to concentrated exports. Several major producer countries dominate the production of sesame seeds. The main world exporters are India, China, Mexico.

A large number of countries import sesame seeds to meet their domestic demand. Japan leads the list of world importers of sesame, annually purchasing about 165,000 tons of sesame seeds, followed by Egypt – about 86,000 tons [2]. Also, the main importing countries of sesame are South Korea, the United States, the Netherlands, Syria, Saudi Arabia, Greece, Israel, Mexico, Germany.

Sesame seeds are the most economical and valuable agricultural commodity because of its unique chemical composition. The approximate composition and quantitative content of protein and oil were determined in the seeds of sesame collected in 1998 and 1999. Seeds contained about 19.0-23.5% and 46.4-52.0% of oil, protein – in the range of 34.9-39.6% and 19.8-24.2%, respectively.

Seeds of sesame are rich in manganese, copper, and calcium (90 mg per tablespoon of seeds for unrefined seeds, and only 10 mg for cleaned seeds), and also contain vitamin B1 (thiamine) and vitamin E (tocopherol). Sesame contains powerful antioxidants, the so-called lignans, which help in the fight against carcinogens. Sesame contains one lignan, only inherent only to him, it is called sesamine. Also, sesame seeds contain phytosterols, which block cholesterol. Nutrients in sesame are better absorbed if it is ground or grind before consumption.

Analysis of the composition and physico-chemical properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) showed that sesame seeds contain 5.7% moisture, 20% total proteins, 3.7% ash, 3.2% coarse fiber, 54% fat and 13, 4% of carbohydrates. Seeds proved to be good sources of minerals.

They contain a lot of potassium ( $851.35 \pm 3.44$  mg / 100 g), as well as phosphorus ( $647.25 \pm 3.52$  mg / 100 g), mag-

nesium ( $579.53 \pm 0.42$  mg / 100 g), Calcium ( $415.38 \pm 3.14$  mg / 100 g) and sodium ( $122.50 \pm 4.21$  mg / 100 g).

Seeds of sesame are of different colors and shades depending on the variety of plants. Including, they can have shades of brown, red, black, yellow, and more often, pale gray or even ivory.

But basically there are three main types of sesame: brown, black and white.

Depending on the color, sesame seeds are divided into types [2]:

And the type is white or with a creamy shade;

Type II – yellow-brown or brown of various shades;

The third type is black.

White sesame seeds are exquisite food, they look like white rice. Brown sesame seed has a softer taste, it has less antioxidants than in black seeds. In black sesame seeds there are more antioxidants, and they have a more intense flavor. Black sesame has a reputation in Ayurveda and in Chinese traditional medicine as food helping to avoid aging. Black sesame seeds are considered to be the best for consumption, the brown ones follow them. If you want to buy sesame seeds inexpensively, find a large food store or cooperative that sells black or brown sesame seeds wholesale. Buying from wholesalers will save money.

For example, in India, one of the main exporters of sesame, produce all three types (white, black and brown). Natural white sesame is the most popular for export, it is used for crushing and direct consumption in food, used in confectionery production, etc. White sesame is used in bakery, confectionery, in the production of sesame products such as tahini paste, halva and many other products Power supply. Indian producers mainly use white sesame to produce unrefined and filtered sesame oil, while in East and South-East Asia they consume fried butter. In the Middle East, mostly tilm is used in the production of tahini paste and halva. Brown sesame seeds are also used for the production of butter, while black sesame seeds are used for medicinal purposes, as they are known to bring a lot of health benefits. After grinding the sesame seeds for oil production, the by-product of the extraction (cake) is also used. Sesame seed cake has a high protein content (45-47%), so it is used as a valuable ingredient in poultry feed. Purified sesame seeds, which are widely used in bakery and confectionery industry, are obtained by removing the outer shell of seeds with the help of peeling. Prepared for sale tiles are of two types, depending on the drying method - Autodried (dried mechanically) and Sundried (dried in the sun). More developed countries prefer Autodried sesame, while developing countries buy Sundried type.

Black sesame seeds have a strong flavor. It is believed that black sesame seeds have medicinal properties, since they have a high level of antioxidants. They are used for flavoring baking, they also produce a fragrant powder. Powder is often used in rice dishes. The highest quality of oil is produced from this type of sesame seed. Black sesame seeds are sometimes used as a substitute for nuts.

White sesame is often added to buns and bread, and other baked goods, adding a crunchy texture. In powder form, white sesame seeds are used in curry, chutney and rice sauces, they have a more moderate flavor than black varieties. Fried white seeds are usually added to sushi rolls. In China, white is called chi mah, and in Japan it is called muki-goma.

The therapeutic properties of sesame are as follows:

- due to the high content of magnesium, prevents and reduces blood pressure;

- eliminates gingivitis (plaque), bleeding gums, dryness in the throat;

- useful for infants' health.
- helps with multiple sclerosis.
- protects against kidney damage with antibiotics.
- prevents atherosclerosis due to anti-inflammatory properties.
- reduces depression (thanks to sesame oil contained in the oil).
- protects DNA from radiation damage;
- blocks the development of cancer cells;
- useful for skin health (seeds contain zinc).
- useful in the treatment of anemia and weakness due to high iron content.
- to improve bone health (contains calcium);
- promotes better digestion (contains fiber);
- promotes hair growth.
- reduces stress.

- protects the liver from harmful effects (due to the presence of acetaminophen in oil, which reduces the level of glutathione in the liver) [5].

Whole sesame seeds are consumed in raw, boiled and roasted, and also used for the preparation of "oriental sweets", sweets, taffeta oil and halva, other confectionery. Roasted seeds are sprinkled with bakery products (buns, bagels).

At the Odessa National Academy of Food Technologies, the Department of Technology for Storage of Grains conducts research on determining the properties of sesame seeds.

For a more detailed evaluation of organoleptic parameters, a general profilogram of color, smell and taste of sesame seeds was constructed (Fig. 1).

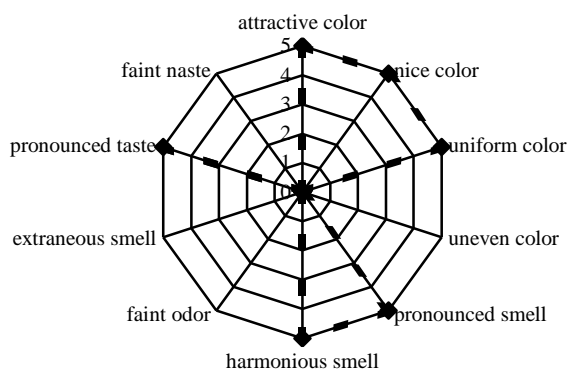


Figure 1. – The overall profilogram of the sample sesame sample by color, smell and taste

Based on the results of the general profilogram, it was established that a sample of sesame seeds has an attractive, uniform color, a harmonious smell and pronounced taste.

Thus, according to the results of the research, it has been established that sesame seeds have a high nutritional and

biological value. Therefore, its introduction in the formulation, in the manufacture of various products will allow the finished products an attractive color, harmonious taste and will enable the products to be enriched with the necessary macro and micronutrients.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кунжут для переработки. Технические условия [Текст]: ГОСТ 12095-76. – Введ. 1977-07-01. – : Изд-во стандартов, 1977. – 5 с.
2. Овсянникова, Л.К. Використання кунжутного шроту в харчуванні [Текст] / Л.К. Овсянникова, Л.О. Валевська, Д.В. Андрасович, Ю.В. Шарапаниук // Міжнар. наук.-практ. конф. «Розвиток харч. виробництв, ресторан. та готельн. господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність», 14 травня 2015 р. – Харків: ХДУХТ, 2015. – С. 82-83.
3. Химический состав пищевых продуктов: книга 1 [Текст]: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под ред. И.М. Скурихина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 224 с.
4. Химический состав пищевых продуктов: Книга 2 [Текст]: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / Под ред. И.М. Скурихина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987. – 359 с.
5. Каперикова, Н.В. Кунжут как источник кальция в рационе лиц пожилого возраста [Текст] / Н.В. Каперикова, Ю.С. Липатова // Пищевая промышленность. – 2009. – № 2. – С. 48-49.

#### REFERENCES

1. Kunzhut dlya pererabotki. Tehnicheskie usloviya: GOST 12095-76. – Vved. 1977-07-01. – M.: Izd-vo standartov, 1977. – 5 s.
2. Ovsyannikova, L.K. Viktoristannya kunzhutnogo shrotu v harchuvanni / L.K. Ovsyannikova, L.O. Valevska, D.V. Andrasovich, Yu.V. Sharapanyuk // Mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Rozvitok harch. virobnitstv, restoran. ta goteln. gospodarstv i torgivli: problemi, perspektivi, efektivnist», 14 travnya 2015 r. – Harkiv: HDUHT, 2015. – S. 82-83.
3. Himicheskij sostav pischevyih produktov: kniga 1: Spravochnye tablitsi sodержaniya osnovnyih pischevyih veschestv i energeticheskoy tsennosti pischevyih produktov / Pod red. I.M. Skurihina. – 2-e izd., pererab. i dop.– M.: VO «Agropromizdat», 1987.–224 s.
4. Himicheskij sostav pischevyih produktov: Kniga 2: Spravochnye tablitsi sodержaniya osnovnyih pischevyih veschestv i energeticheskoy tsennosti pischevyih produktov / Pod red. I.M. Skurihina. – 2-e izd., pererab. i dop. –M.: VO «Agropromizdat», 1987.–359 s.
5. Kaperikova, N.V. Kunzhut kak istochnik kaltsiya v ratsione lits pozhilogo vozrasta / N.V. Kaperikova, Yu.S. Lipatova // Pischevaya promyshlennost. – 2009. – № 2. – S. 48-49.

#### Возможности использования семян кунжута при производстве пищевых продуктов

Л. А. Валевская, Л. К. Овсянникова, С. С. Орлова, В. В. Юрковская

**Аннотация.** В статье представлен химический и аминокислотный состав семян кунжута, а также анализ его потребительских свойств. Приведены статистические данные стран экспортеров и импортеров семян кунжута. По результатам проведенных исследований установлено, что семена кунжута имеют высокую пищевую и биологическую ценность. Поэтому введение его в состав рецептур при производстве разных пищевых продуктов позволит обогатить готовые изделия необходимыми макро- и микронутриентами.

**Ключевые слова:** семена кунжута, потребительские свойства, химический состав.

## VETERINARY

### Особенности остаточного действия рабочих концентраций нового препарата «Мухо-мор» на разных тест-объектах в экспериментах на лабораторной культуре мух семейства Calliphoridae

А. Н. Шевченко\*<sup>1</sup>, Р. А. Слободян<sup>2</sup>

<sup>1</sup> «Торес-Н», г. Бровары, Киевская область, Украина;

<sup>2</sup> кафедра паразитологии и тропической ветеринарии Национального университета биоресурсов и природоиспользования Украины, г. Киев, Украина

\*Corresponding author. E-mail: anshevch74@gmail.com

Paper received 26.08.17; Revised 29.08.17; Accepted for publication 02.09.17.

**Аннотация.** В статье приведены результаты определения остаточного действия рабочей концентрации нового препарата «Мухо-мор» на стеклянных и деревянных поверхностях. Остаточное действие суспензии экспериментального препарата на мух *Lucilia sericata* Meigen, 1826, семейства Calliphoridae, нанесенного на деревянную пластину при экспозиции 60 минут, было на 6,6 % выше, в сравнении с действием на стеклянной поверхности. При этой же экспозиции в эксперименте на стеклянных тест-объектах летальное действие инсектицида имело продолжительный эффект до 40 суток. Состояние «нокдаун-эффекта» наблюдалось у 76,67–86,67 % лабораторных насекомых. Препарат на 60-е сутки исследования показал 100 % эффективность относительно лабораторной культуры мух при экспозиции 180 минут на каждом тест-объекте. Интенс- и экстенсивность действия препарата составили 100 %.

**Ключевые слова:** инсектициды, «Мухо-мор», аттрактанты, мускалур, альфациперметрин, лабораторная культура мух, семейство Calliphoridae, тест-объект.

**Введение.** В настоящее время не вызывает сомнения тот факт, что мухи могут причинять большой экономический ущерб по всему миру, который состоит из снижения количества и качества животноводческой продукции, заболевания животных инфекционными и инвазионными болезнями, порчи и потери кормов, дополнительных расходов на проведение ветеринарно-санитарных мероприятий [1, 12].

Достаточно широкое применение в животноводстве получили инсектицидные лекарственные средства с аттрактантами [2] для защиты и профилактики здоровья животных от нападения и укусов различных видов насекомых. Аттрактанты – природные или синтетические вещества, действующие на рецепторы и привлекающие членистоногих к противоположному полу, источники питания или субстрат для откладки яиц [3].

**Краткий обзор публикаций по теме.** Наиболее сильные и специфические есть половые аттрактанты – феромоны (*Z*-9-трикозен или 9-цис-трикозен и др.). Вместе с тем, в практике дезинсекции широко применяются пищевые аттрактанты, которые более доступны, чем феромоны. Однако, при сравнении сахарной приманки, содержащей 10 % ДВ диметилана, 0,1 % карбамата и приманки (мускалур 0,25 %) и 1 % метомила против мух, оказалось, что последняя эффективнее по силе и продолжительности инсектицидного действия на 5–10 суток [4].

В настоящее время для изготовления отравленных приманок для мух используют препараты из разных классов химических соединений (перметрин, циперметрин, имидаклоприд, тиаметоксам и т.д.), содержащие феромоны [5, 6].

При этом, приманки против имаго мух, содержащие в своем составе моно- или бинарные смеси действующих веществ (карбофос, декаметрин, фосфамид, сафротин, циодрин, циперметрин, тиаметоксам, ими-

даклоприд и т.д.), различных пищевых смесей (сахарный сироп, кровь, печень, дрожжи, углекислый аммоний, мясные и рыбные отходы и т.д.) и половых аттрактантов (*Z*-9-трикозен и т.д.) проявляют высокое остаточное инсектицидное действие от 6 суток до 1,5 месяца, подтверждающееся многими исследователями [7–9].

На сегодняшний день широкое использование в комплексе мер борьбы с насекомыми в Украине получили инсектицидные препараты такие как «Квик-Байт» («Байер Энвайроментал», Франция) на основе имидаклоприда (инсектицида, который относится к группе хлорникотиниловых соединений), «Агита 10 WG» («Новартис Энимал Хелс», KWIZDA GmbH, Австрия) на основе тиаметоксама, группы неоникотиноидов и «Флайбайт» (ООО «Байер», Германия) на основе метомила. В состав этих инсектицидов также входит половой феромон мух [10].

Однако, существенным недостатком эффективной борьбы с насекомыми является относительно быстрая выработка у них резистентности к существующим инсектицидным средствам на рынке.

Поэтому, для достижения максимального эффекта применения инсектоакарицидов одним из основных способов является чередование соединений из разных химических групп, или проведение ротации лекарственных средств, исходя из механизма их действия, а также использование нехимических методов и др. [11, 12].

Учитывая вышеизложенное, научно-производственной фирмой ООО «Бровафарма» (Украина) был разработан новый препарат «Мухо-мор» с широким спектром инсектицидного действия и стабильным продолжительным аттрактивным эффектом. В качестве активно действующего вещества препарата был использован альфациперметрин, синтетический пиретроид второго поколения с выраженным контактно-ки-

шечным инсектицидным действием. В составе препарата включены также комплекс веществ, таких как мускалур (феромон самок мух *Musca domestica*), высокооктановый спирт, ароматизатор сыра, заменители сахара (для улучшенного поедания приманки) и введена горечь битрекс (для предотвращения поедания препарата животными, домашней и синантропной птицей). Комбинация всех этих веществ позволила создать устойчивый препарат с высокой эффективностью и воздействием на насекомых.

**Целью работы** было определение остаточного действия инсектицидной активности нового препарата «Мухо-мор» на лабораторную культуру мух *Lucilia sericata* семейства Calliphoridae на разных поверхностях тест-объектов.

**Материалы и методы исследования.** Исследования проводились в условиях лаборатории ООО «Агро Вет Лаб», Киевская область, Украина. Это лаборатория совместной украинско-голландской фирмы, занимающейся научно-исследовательской деятельностью, проводящей клинические испытания и лабораторный анализ новых ветеринарных препаратов для их дальнейшей регистрации. Для тест-объектов (опытные

группы) использовались стеклянные и деревянные пластины, свежесобраные рабочей концентрацией суспензии препарата «Мухо-мор» и помещенные в специальные садки. Для контрольной группы – пустые садки. В садки с опытными тест-объектами и контролем были помещены мухи *Lucilia sericata* семейства Calliphoridae (лабораторная культура насекомых). Их подсчет проводили через 60 минут после начала эксперимента. Наблюдения за воздействием препарата на культуры мух осуществляли на 1, 3, 7, 14, 21, 30, 40, 50 и 60-е сутки. Определяли количество живых, погибших (неживых) и в состоянии «нокдаун-эффекта» (обездвиженных) насекомых. На 60-е сутки время экспозиции было продлено до 180 минут (3-х часов). В каждой группе использовали три повтора. Определяли экстенсивность и интенсивность (ЭЕ, ИЭ, %) Всего в эксперименте было использовано 2700 особей мух *L. sericata*.

#### Результаты и их обсуждение.

Как показали результаты исследований (табл. 1), инсектицид мухо-мор проявлял свое летальное действие на тест-объектах в течение 60 суток.

**Таблица 1.** Инсектицидная активность препарата «Мухо-мор» на различных тест-объектах, (M±m)

Период исследований, сутки	Статус лабораторн. культур	Группы		
		Контроль, (лабор. культура мух), экз.	Первая опытная (стекл. тест-объекты), кол-во, экз.	Вторая опытная (дерев. тест-объекты), кол-во, экз.
Начало опыта, 0-е	Живые	30±0	1,67±0,10	3,33±0,10
	Нокдаун	0	24,00±0,46	24,67±0,20
	Погибшие	0	4,33±0,40	2,00±0,15
1-е	Живые	30±0	1,67±0,10	0,67±0,10
	Нокдаун	0	22,33±0,96	23,67±0,20
	Погибшие	0	6,00±0,91	4,33±0,40
3-и	Живые	30±0	1,33±0,10	3,67±0,36
	Нокдаун	0	24,67±0,40	22,00±0,30
	Погибшие	0	4,00±0,46	4,33±0,56
7-е	Живые	30±0	1,00±0,15	1,33±0,10
	Нокдаун	0	23,33±0,41	24,00±0,61
	Погибшие	0	5,67±0,36	4,67±0,51
14-е	Живые	30±0	1,33±0,10	0,67±0,10
	Нокдаун	0	24,33±0,25	26,00±0,15
	Погибшие	0	4,33±0,25	3,33±0,10
21-е	Живые	30±0	1,33±0,25	1,00±0,15
	Нокдаун	0	24,33±0,41	25,67±0,10
	Погибшие	0	4,33±0,56	3,33±0,25
30-е	Живые	30±0	1,33±0,10	1,00±0
	Нокдаун	0	24,67±0,25	26,00±0,30
	Погибшие	0	4,00±0,15	3,00±0,30
40-е	Живые	30±0	2,33±0,10	0,67±0,10
	Нокдаун	0	23,33±0,20	25,33±0,10
	Погибшие	0	4,33±0,25	4,00±0,15
50-е	Живые	30±0	1,00±0,15	1,33±0,10
	Нокдаун	0	25,33±0,10	24,00±0,30
	Погибшие	0	3,67±0,10	4,67±0,20
60-е	Живые	30±0	1,00±0,15	1,00±0,15
	Нокдаун	0	24,00±0,15	23,67±0,20
	Погибшие	0	5,00±0,30	5,33±0,25

Количество погибших на тест-объектах мух *Lucilia sericata* в первой опытной группе, было в пределах 12,23–20 %, при этом, наибольшее количество погибло в эксперименте в течение 60 минут (12 мух) через 24 часа после начала опыта. В группе, в которой мухи были в обездвиженном состоянии или «нокдаун-эффекта», колебания их гибели составили от 74,43 до 84,43 % с наибольшим количеством до 27 особей, в некоторых повторах через 1-е и 21-е сутки наблюдений.

Во второй опытной группе (деревянные тест-объекты) летальность мух составляла от 6,67 до 17,77 %, с наибольшим количеством погибших до 8 экз., в повторе на 3-и и 7-е сутки подсадки. «Нокдаун-эффект» проявлялся в 73,33–86,67 % подсадных лабораторных насекомых, где (как и в первой группе), наибольшее количество особей в этом состоянии достигало до 27 экземпляров.

На начало опыта было выявлено наибольшую разницу по количественным показателям неживых насекомых после действия инсектицида. Подсадных мух в садках со стеклянными тест-объектами было в 2,16 раз больше, чем тех, которые контактировали с инсектицидом на деревянной поверхности (14,43 и 6,67 %, соответственно). Вместе с тем, в состоянии «нокдаун-эффекта» находилось почти одинаковое количество лабораторных мух в обеих группах (80,0 и 82,23 % соответственно).

Через 24 часа в первой опытной группе, количество погибших насекомых составило  $6,0 \pm 0,91$  экз., или на 38,56 % больше, в сравнении с группой, где инсектицид был использован на деревянной поверхности. В состоянии «нокдаун-эффекта» было  $22,33 \pm 0,96$  экз. или на 5,66 % насекомых меньше в садках со стеклянными тест-объектами, обработанными суспензией мухо-мора. Интенсэффективность составила 74,43 и 78,90 % соответственно.

Через 72 часа (3-и сутки) картина показателей несколько изменилась. «Нокдаун-эффект» наблюдался в 73,33 % насекомых во второй группе. В этом состоянии в первой опытной группе было зарегистрировано на 12,14 % больше мух, сравнительно со второй ( $24,67 \pm 0,40$  и  $22,00 \pm 0,30$  экз. в повторах, соответственно). Погибших насекомых, наоборот, было на 8,25 % больше в садках с инсектицидом на деревянных тест-объектах.

Начиная с 7-х и до 40-х суток эксперимента, при повторе, летальное действие инсектицида на стеклянных поверхностях на лабораторных мух в садках было заметно лучше. Среди них, неживых насекомых было больше на 21,41, 30,03, 30,03, 33,33 и 8,25 % на 7, 14, 21, 30 и 40-е сутки наблюдений, соответственно. При этом, среднее количество погибших мух в первой опытной группе было в пределах  $4,00 \pm 0,15$ – $5,67 \pm 0,36$  экземпляров. Во второй опытной группе неживых особей насчитывалось от 10,0 до 15,57 % мух. В каждой опытной группе, начиная с 7-х суток, была зарегистрирована эффективность инсектицида, что составило 18,9 и 15,57 % гибели насекомых от общего количества мух при экспозиции 60 минут. Худшие результаты инсектицидного действия экспериментального образца препарата «Мухо-мор» оказались на 30-е сутки. Количество погибших особей в садках первой группы оказалось 13,33 %, в садках второй группы –

10,00 % от общего количества насекомых.

В этот же период, иная картина наблюдалась в опытных группах среди мух, которые находились в состоянии «нокдаун-эффекта» (табл. 1). В садках с инсектицидом на деревянной поверхности было на 2,87, 6,86, 5,50, 5,39 и 8,57 % обездвиженных насекомых больше на 7, 14, 21, 30 и 40-е сутки наблюдений, соответственно, в сравнении с садками с препаратом на стеклянной поверхности. При этом, среднее количество насекомых в состоянии «нокдаун-эффекта» в первой опытной группе было в пределах 77,77–82,23 %. Во второй опытной группе их оказалось от 80,0 до 86,67 %. Высокая эффективность инсектицида наблюдалась в этот период в первой опытной группе на 30-е сутки, когда «нокдаун-эффект» среди насекомых при экспозиции 60 минут составлял 82,23 % от общего количества подсадных мух. Этот показатель среди насекомых второй группы был выше на 14-е и 30-е сутки и составлял 86,67 %. Худшие результаты инсектицидного действия экспериментального образца препарата оказались на 7-е и 40-е сутки среди лабораторных мух обеих опытных групп.

На 50-е сутки, при повторе в первой опытной группе, было зарегистрировано 12,23 % погибших насекомых от их общего количества в садках. Такие показатели были на 27,24 % меньше, чем среди насекомых второй опытной группы. «Нокдаун-эффект» наблюдался среди мух первой опытной группы у 84,43 % случаев, что было на 5,54 % больше, чем в садках с инсектицидом на деревянной поверхности.

На 60-е сутки остаточное действие экспериментального препарата «Мухо-мор» при экспозиции 60 минут, оказалось на 6,6 % эффективнее во второй опытной группе, в которой насекомые находились в садках с инсектицидом на деревянной поверхности. Эффект его воздействия составил 17,77 % или  $5,33 \pm 0,25$  экз. погибших мух. Кроме того, это действие было в 2,67 раза сильнее, чем на начало опыта. В первой опытной группе летальность достигала до 16,67 %, что было на 15,47 % выше исходных показателей инсектицидного действия препарата.

В состоянии «нокдаун-эффекта» находилось по 80,0 и 78,9 % лабораторных мух первой и второй групп, соответственно, где на 1,39 % высший эффект был у препарата, нанесенного на стеклянную поверхность.

Следует отметить, что в каждой опытной группе (на стеклянных и деревянных пластинах), на 60-е сутки эксперимента при экспозиции 180 минут, во всех садках с тест-объектами наблюдалась 100 % гибель лабораторной культуры мух. Экстенс- и интенсэффективность составила 100 %.

При подсаживании мух *Lucilia sericata* в пустые садки (контроль), изменений в их поведении и случаев гибели не было обнаружено.

#### Выводы.

1. Ветеринарный препарат «Мухо-мор» проявляет устойчивое инсектицидное действие на лабораторные культуры мух *Lucilia sericata* семейства Calliphoridae в течение 60-ти суток.

2. При экспозиции препарата в течении 60 минут, его летальное действие достигало до 20 %. При последующих 120 минутах экспозиции инсектицида было установлено гибель всех насекомых, контактировавших с



мухо-мором, нанесенным на стеклянные и деревянные

тест-объекты. Интенс- и экстенсэффективность препарата при экспозиции 180 минут составила 100 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зимин Л. С. Семейство Muscidae. Настоящие мухи. Фауна СССР. Насекомые двукрылые. – М.-Л.: Наука. – 1951. – Т.18. – Вып. 4. – С. 1–285.
2. Plimmer J. R., Inscoc M. N., McGovern T. P. Insects Attractants. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*. 1982; Vol. 22:297-320 <https://doi.org/10.1146/annurev.pa.22.040182.001501>
3. Дремова В. П., Путинцева Л. С., Ходаков П. Е. Медицинская дезинсекция. Основы, принципы, средства и методы. – Екатеринбург: Путиведь, 1999. – 319 с.
4. Смирнова С. Н. Сравнительная эффективность двух видов приманок для синантропных мух в разных регионах. / С. Н. Смирнова, В. П. Дремова, А. И. Фролова, Н. М. Беланова // Мед. паразитол. и паразитар. бол. – 1983. – № 1. – С. 60–62.
5. Баканова Е. И. Современные препаративные формы инсекто-акарицидов и некоторые аспекты их использования // Дез. дело. 2004. – № 4. – С. 57–63.
6. Эффективные и безопасные препаративные формы инсектицидов и методики определения дв в них / М. Н. Костина, Э. А. Новикова // Мат. I Всеросс. совещ. по кровосос. насек. – СПб., 2006. – С. 90–93.
7. Веселкин Г. А. Зоофильные мухи и методы борьбы с ними // Ветеринария. – 1981. – № 7. – С. 24–27.
8. Гвоздева И. В., Каюмов Ш. Г., Талипов М. З. Опыт применения ДДВФ в борьбе с мухами. // Труды ВНИИДиС. – 1977. – Ч. 3. – С. 22–23.
9. Ибрагимхалилова И. В., Еремينا О. Ю. Разработка метода оценки отравленных приманок и сравнение контактного и кишечного действия инсектицидов на примере комнатной мухи *Musca Domestica L.* // Агрохимия. – 2007. – № 12. – С. 56–62.
10. <http://old.vet.gov.ua/db/drugs>.
11. Рославцева С. А., Диденко Т. Н. Новое в проблеме резистентности членистоногих к инсектоакарицидам // Агрохимия. – 2007. – № 7. – С. 88–91.
12. Рославцева С. А. Опасность формирования резистентности к инсектоакарицидам у переносчиков возбудителей инфекционных заболеваний // Дездело. – 2008. – № 2. – С. 52–56.
13. Sargison, Neil. The Management of Ectoparasitic Diseases of UK Sheep. World Veterinary Congress. Royal (Dick) School of Veterinary Studies, Easter Bush Veterinary Center, Roslin, Midlothian, Scotland. 27–31 July 2008.

#### REFERENCES

1. Zimin L. S. (1951). Family Muscidae. Flies. Fauna USSR. Diptera insects. Moscow – Santk-Peterburg, “Nauka”, Vol. 18 (4), 1–285 [in Russian].
3. Dremova V. P., Putintseva L. S., Khodakov P. E. (1999). Medical pest control. Fundamentals, principles, tools and methods. Ekaterinburg: “The Putived”, 1–319 [in Russian].
4. Smirnova S. N., Dremova V. P., Frolova A. I., Belanova N. M. (1983). Comparative effectiveness of two species of bait for synanthropic flies in different regions. Medical Parasitology and parasites disease, 1:60-62 [in Russian].
5. Bakanova E. I. (2004). Modern preparations of insecto-acaricides and some aspects of their usage. Disinfection. 4:57-63 [in Russian].
6. Kostina M. N., Novikova E. A. (2006). Effective and safe formulations of insecticides and methods of determining the active substances. 1<sup>st</sup> Russian summits Works of blood sucker insects. St. Petersburg, 90-93 [in Russian].
7. Vesiolkin G. A. (1981). Zoophilic flies and methods of control and prevention. Veterinaria Journal, 7:24-35 [in Russian].
8. Gvozdeva I.V., Kayumov Sh. G., Talipov M. Z. (1977). Experience with the usage of DDVV against flies. Institute Scientific Works. 3:22-23 [in Russian].
9. Ibrahimkhalilova I.V., Eriomin O. Yu. (2007). Creation of a method for assessing poisoned baits and comparing the contact and intestinal effects of insecticides on the example of a house fly *Musca domestica L.* Agrochemistry Journal, 12:56-62 [in Russian].
11. Roslavltsseva S. A., Didenko T. H. (2007). New in the problem of arthropod resistance to insectoacaricide drugs. Agrochemistry Journal, 7:88-91[in Russian].
12. Roslavltsseva S. A. (2008). The danger of resistance development to insecto acaricide drugs in carriers of pathogens of infectious diseases. Disinfection. 2:52-56 [in Russian].

#### Peculiarity of the residual effect of suspension concentration of the new insecticide “Mukho-mor” on different test-samples in experiments on a laboratory culture flies of the family Calliphoridae

A. M. Shevchenko, R. O. Slobodian

**Abstract.** The article presents the results of determining the residual effect of the suspension of a new insecticide “Mukho-mor” on glass and wooden surfaces of test-samples against laboratory flies culture of *Lucilia sericata* Meigen, 1826, of the family Calliphoridae. The residual effect of the suspension of the experimental preparation on flies deposited on the wooden plate at 60 minutes exposure was 6.6 % higher, compared with the action on the glass surface. At the same exposure on glass test-samples, the lethal effect of the insecticide had a lasting effect of up to 40 days. The “knockdown effect” was observed in 76.67–86.67 % of laboratory insects. The insecticide showed 100 % efficacy to the laboratory flies culture on the 60-th day of the study at an exposure of 180 minutes of each test-samples. Intense- and extenceefficacy of insecticide “Mukho-mor” was 100 %.

**Keywords:** insecticides, “Mukho-Mor”, attractants, muscalur, alpha-cypermethrin, laboratory culture of flies, the family Calliphoridae flies, test-samples.

Editor-in-chief: Dr. Xénia Vámos

The journal is published by the support of  
Society for Cultural and Scientific Progress in Central and Eastern Europe

Készült a Rózsadomb Contact Kft nyomdájában.  
1022 Budapest, Balogvár u. 1.  
[www.rcontact.hu](http://www.rcontact.hu)