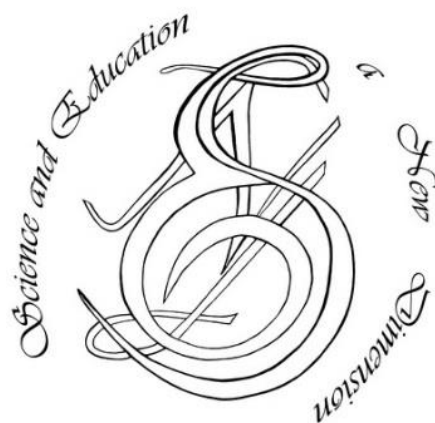


SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION

**NATURAL
AND
TECHNICAL SCIENCES**



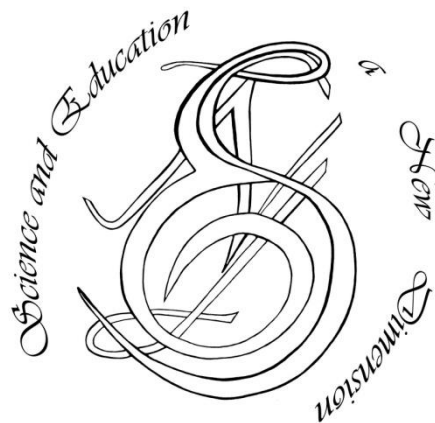
p-ISSN 2308-5258

e-ISSN 2308-1996

V(14), Issue 132, 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, Odesa, 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

GOOGLE SCHOLAR

CROSSREF (DOI prefix:10.31174)

ULRICHS WEB GLOBAL SERIALS DIRECTORY

UNION OF INTERNATIONAL ASSOCIATIONS YEARBOOK

SCRIBD

ACADEMIA.EDU

CONTENT

ARCHITECTURE	7
Оптимізація розвитку гірсько-рекреаційних територій Українських Карпат методом створення просторового кластеру <i>Г. М. Шульга, Т. Ф. Панченко</i>	7
ECOLOGY	10
Сезонные особенности CNP-стехиометрии трансграничных рек Северной Буковины <i>О. М. Дзензерская, С. С. Руденко</i>	10
PHITOTHERAPY	14
Стан та перспективи використання лікарських рослин в офіційній медицині України <i>Л. М. Махія, В. М. Мінарченко, О. М. Струменська</i>	14
GEOGRAPHY	17
Radionuclides and heavy metals in soils and waters on the territory of radioactive contamination in Volyn region <i>О. Нромук, О. Ілюна</i>	17
Сучасна структура землекористування Луцького району: агроландшафтний аспект <i>Т. С. Павловська, О. В. Рудик, В. У. Волошин</i>	20
Основные результаты исследований многолетних колебаний уровня мирового океана <i>Ю. Д. Шуйский, О. Р. Андрианова</i>	24
GYNECOLOGY	29
Вплив дефіциту вітаміну D на розвиток порушень стану плода у вагітних з багатоводдям <i>Н. А. Гайструк, Л. Г. Дубас, С. В. Топольницька</i>	29
IMMUNOLOGY	32
Functional disturbances of immune response in different periods of experimental pneumonia development <i>О. О. Chugay</i>	32
INFORMATION TECHNOLOGY	35
The intelligent service control efficiency evaluation method <i>В. Pustovyi</i>	35
PHYSIOLOGY	41
Фізична працездатність та кровотік нижніх кінцівок <i>К. М. Гречко, А. О. Кузнєцов, Г. М. Страколист</i>	41
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>	44

TECHNICAL SCIENCES.....	47
Оценка эффективности обсервованных координат судна при избыточных линиях положения, полученная имитационным моделированием <i>Б. М. Алексейчук, В. Е. Сикирин, Д. В. Астайкин.....</i>	47
Cu(II) and Ni(II) β -dycarbonyl complexes as precursors of functional materials <i>O. S. Berezhnytska, N. B. Ivakha, I. O. Savchenko, L. I. Zheleznova, E. K. Trunova.....</i>	51
Предупреждение столкновений судов методами внешнего управления процессом расхождения <i>И. А. Бурмака, Г. Е. Калиниченко, М. А. Кулаков.....</i>	56
Метод підвищення продуктивності для неоднорідних кластерних систем <i>Т. В. Дрегалю, В. П. Симоненко, Л. В. Дрегалю, О. Р. Педоренко, М. С. Соловійова.....</i>	60
Rationale use of unmanned aircraft technology as a means of detecting accidents and emergencies situations <i>A. P. Havryts, A. B. Tarnavsky, M. Z. Lavrivskiy, R. B. Veselivsky.....</i>	63
Методологічні принципи фрактально-текстурного аналізу зображень і поверхонь за даними НЛС <i>В. М. Мельник, Н. В. Муляр.....</i>	66
Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of large power and peak fuel-fired boilers for heat supply systems <i>O. P. Ostapenko.....</i>	70
Development of the installation for the binary feed of gelling formulations to extinguishing facilities <i>K. M. Ostapov, Yu. N. Senchihin, V. V. Syrovoy.....</i>	75
Выбор стратегии расхождения при локально-независимом управлении судов в ситуации опасного сближения <i>Э. Н. Пятаков, С. С. Пасечнюк, Т. Ю. Омельченко.....</i>	78
Вплив умов отримання посівного матеріалу на біосинтетичну здатність продуценту рибофлавіну <i>Eremothecium ashbyi</i> <i>В. Ю. Поліщук, О. М. Дуган.....</i>	82
Реалізація вершинної мінімізації булевих функцій для моделювання процесів, що не формалізуються <i>В. М. Рудницький, І. В. Миронець, В. Г. Бабенко, Т. В. Миронюк, С. В. Сисоєнко.....</i>	85
До розрахунку на стійкість пружних анізотропних оболонок обертання в тривимірній постановці при осьовому стисканні <i>М. П. Семенюк, В. М. Трач, А. В. Подворний.....</i>	89
Использование виртуальных областей при плавании судна в стесненных водах <i>А. Н. Волков, А. А. Голиков, А. Ю. Булгаков.....</i>	93
Выбор маневра расхождения судна изменением курса с помощью области недопустимых параметров движения <i>Е. Л. Волков.....</i>	97
Траекторная погрешность поворота судна и способы снижения ее величины <i>И. И. Вороховин, Ю. В. Казак, В. В. Северин.....</i>	101
Increasing the Accuracy of the Center of Mass Stabilization of Space Probe with Partially Invariant System <i>N. Zosimovych.....</i>	105

ARCHITECTURE

Оптимізація розвитку гірсько-рекреаційних територій Українських Карпат методом створення просторового кластеру

Г. М. Шульга¹, Т. Ф. Панченко²

¹ Кафедра містобудування Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

² Кафедра «Ландшафтної архітектури» Київського національного університету будівництва та архітектури м. Київ, Україна
Corresponding author. E-mail: geshulha@gmail.com, panchenko.knuba@gmail.com

Анотація. Розглядаються проблеми створення конкурентної та стійкої рекреаційної системи Карпатського регіону України, збереження якості природно-рекреаційного потенціалу території та забезпечення комфортних умов відпочинку на рекреаційних об'єктах Українських Карпат. Пропонується з метою активізації можливостей функціональних елементів територій запровадити кластеризацію. Розроблені методи та алгоритми створення просторових кластерів для оптимізації збалансованого розвитку існуючих та проєктованих рекреаційних утворень регіону.

Ключові слова: природно-рекреаційний потенціал території, комфортні умови відпочинку, оптимізація збалансованого розвитку рекреаційних територій, просторовий рекреаційний кластер, алгоритми створення просторових кластерів, оптимізаційна модель рекреаційного кластеру.

Вступ. Рекреаційні ресурси Українських Карпат мають значний потенціал розвитку і цілий ряд переваг перед гірсько-рекреаційними районами Західної Європи. На сьогоднішній день головне завдання в рекреаційній області – це створення сучасної конкурентної стійкої рекреаційної системи.

Гірсько-рекреаційні комплекси формують рекреаційну інфраструктуру, яка націлена на цілорічну експлуатацію. Сезонне функціонування все ще залишається нерентабельним. Рекреаційна діяльність людини у природному середовищі набирає критичної величини на одних територіях і «не добирає» на інших. Такий режим роботи не тільки не забезпечує рентабельність комплексів, але і значно знижує рівень послуг, зменшує можливість вибору виду рекреаційної діяльності та реалізації своїх потреб у відпочинку. Територіально-просторовий розподіл відпочиваючих по рекреаційним утворенням регіону Українських Карпат створює для природно-ландшафтних комплексів нерівномірність завантаження не тільки сфери відпочинку, але й цілої рекреаційної системи: «території-ресурси-сервісна інфраструктура».

Мета. Головна мета – розробити адекватні математичні співвідношення, які дозволяють виконати оптимізацію функціонально-просторової структури рекреаційної системи Українських Карпат та розробити рекомендації до залучення інвестицій у відповідні складові системи з метою активізації можливостей функціональних елементів територій для задоволення потреб відпочиваючих та оптимального використання, збереження природних ресурсів. Розробити програму та алгоритм вирішення задачі оптимізації збалансованого розвитку існуючих та проєктованих рекреаційних утворень регіону Українських Карпат.

Матеріали та методи.

Узагальнена постановка задачі. На основі вивчення та аналізу науково-теоретичних робіт з питань формування рекреаційної системи, проблем управлінсько-господарського характеру, тенденції економічного розвитку індустрії відпочинку авторами запропонована кластеризація рекреаційної галузі як метод територіально-просторового планування гірських рекреаційних територій регіону.

Спираючись на інформаційну базу дослідження, скерованого на розвиток рекреаційних гірських територій Карпатського регіону, визначено ті фактори, які впливають на створення просторових кластерів, а саме:

а) параметри території та наявність рекреаційних та соціально-економічних ресурсів, що обумовлюють місце кластера у містобудівній ієрархії: міжрегіональний рівень, регіональний, міжрайонний;

б) функціональна специфіка – розташування різних функціональних установ (мотелі, агентства з продажу продукту та малі підприємства у сфері організації рекламно-презентаційних акцій тощо), що забезпечують реалізацію технологічного процесу конкретного профілю рекреаційної території;

в) економічні чинники – можливість адресного фінансування комплексної рекреаційної програми (незалежно від джерела фінансування), розподіл фінансових потоків, забезпечення високого рівня матеріальної складової рекреаційних територій;

г) управлінські завдання – створення об'єднаного органу адміністрування рекреаційним кластером;

д) кадрове забезпечення – наявність кваліфікованого персоналу для функціонування рекреаційного кластеру, самопідготовка спеціалістів та стажування фахівців за межами кластеру, управлінський контроль за кадрами, забезпечення необхідного рівня працевлаштування у межах кластеру тощо.

З урахуванням цих чинників авторами розроблено оптимізаційну модель рекреаційного кластеру.

Оптимізаційна модель рекреаційного кластеру.

Використання методу кластерного аналізу (метод «алгоритм k -середніх») дало можливість змоделювати рекреаційні кластери трьох типів, що формуються на міжрегіональному, регіональному та локальному рівнях. Метод k -середніх належить до ітеративних методів, застосовується у випадках, коли кластери формуються, виходячи з поставлених умов, але можуть бути змінені користувачем для досягнення бажаної якості; та для обробки великих масивів вихідної інформації [1].

За допомогою методу k -середніх було опрацьовано показники функціонально-планувальної структури

обраних рекреаційних утворень з наступним етапом їх об'єднання у відповідні кластери – курортного, рекреаційного та туристичного профілю.

Умова 1. Використання рекреаційних можливостей R (показники R_{jk} , R_{pl} , R_{kl}) території кластера, які можуть бути використані, «наближені до свого максимуму»; це можна представити у вигляді формули:

$$R = \frac{N^k}{N_{кр}^k} \quad (0 \leq R \leq 1) \rightarrow \max,$$

де: R – рекреаційні можливості території; N^k – кількість відпочиваючих у межах k -го рекреаційного утворення; $N_{кр}^k$ – критично можлива кількість відпочиваючих на території k -го утворення; k - «номер» рекреаційного утворення в множині кластера.

Умова 2. Забезпечення збереження природи при використанні максимальних рекреаційних можливостей території Карпатського кластера, який визначає і урівноважує максимум антропогенних навантажень при «мінімумі» природних порушень.

У математичному вигляді «коефіцієнт збереження природи» P визначається за формулою:

$$P = 1 - \frac{N^k}{N_{кр}^k} \quad (0 \leq P \leq 1) \rightarrow \max.$$

Якщо $P = 1 - \frac{N^k}{N_{кр}^k} = 0$, то природа, тобто «екосистема», порушена, а при значеннях

$P = 1 - \frac{N^k}{N_{кр}^k} = 1$ – природа («екосистема») збережена.

Умова 3. Врахування економічної складової рекреаційної діяльності E (прибутку від надання пропонованого переліку послуг), яка «спрямована до максимуму».

Процес оптимізаційного моделювання у загальному вигляді на основі аналізу існування та прогнозування розвитку «узагальненого потенціалу» рекреаційних територій K , можна представити таким чином:

$$K = \sum \omega n_{жур} + \sum \omega n_{рекр} + \sum \omega n_{тур} \rightarrow \max,$$

де $\omega^k = (\alpha_{ij}^k, \beta_{ij}^k, \gamma_{ij}^k)$ – складові показники-критерії експертної (бальної) оцінки (території, ресурсів та інфраструктури), важливі для формування рекреаційного кластера, де α_{ij}^k – враховує вплив характеристик території; β_{ij}^k – враховує характеристики ресурсів; γ_{ij}^k – враховує частку характеристик інфраструктури, n – кількість рекреантів, перебуваючи на певній рекреаційній території.

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).

У результаті моделювання за [2] отримуємо оцінку у вигляді «коефіцієнта якості рекреаційної території»,

термін, який вперше запропонований, є мірою оцінки отриманого рекреантом (відпочиваючим, туристом) задоволення від відпочинку. Здійснення комплексної оцінки рекреаційних територій на основі кластерного підходу дозволяє визначити не тільки «коефіцієнт якості рекреаційної території», але й встановити рейтинг конкретного територіально-рекреаційного утворення у конкурентному середовищі кластера.

Методика оптимізації рекреаційних територій методом імітаційного моделювання спрямована на вирішення таких основних задач:

1) регулювання рекреаційного потоку між об'єктами рекреації;

2) надання пропозицій збалансованого розвитку існуючих рекреаційних територій;

3) розробка концепції освоєння нових рекреаційних територій.

Вирішення кожної із поставлених задач досягається певним алгоритмом дій: для рекреаційних об'єктів алгоритм №1, а для рекреаційних кластерів алгоритми №№ 2, 3.

1. Алгоритм «регулювання рекреаційного потоку» складається з таких етапів:

1) аналіз вимог законодавчих та нормативно-технічних документів, які регламентують життєдіяльність певного рекреаційного об'єкту;

2) аналіз сучасного стану діяльності об'єкту на відповідність нормам: порівняння показників з нормативними;

3) вибір кількісних та якісних показників діяльності об'єкта рекреації;

4) визначення обмежень (мінімальні та максимальні значення) по кожному з показників;

5) проведення оцінювання показників діяльності об'єкту за результатами опитування (анкетування);

6) визначення «коефіцієнту якості об'єкту» $k_{яко}$ – як споживчої оцінки якості наданих послуг під час відпочинку на рекреаційному об'єкті;

7) порівняння «коефіцієнтів якості об'єктів» однакової функціональної спеціалізації;

8) розробка прогнозу та пропозицій щодо регулювання рекреаційного потоку відпочиваючих між об'єктами рекреації в межах рекреаційної території.

2. Алгоритм вирішення задачі щодо надання пропозицій щодо «збалансованого розвитку існуючих рекреаційних територій» складається з наступних дій:

1) вибір подібних рекреаційних (курортних, рекреаційних, туристичних) територій на основі когнітивного аналізу та кластерного підходу;

2) визначення кількісних та якісних показників елементів тріади «територія – ресурси – інфраструктура» рекреаційної території;

3) визначення обмежень (мінімальні та максимальні значення) по кожному з показників;

4) проведення комплексної експертної оцінки території за параметрами показників території, ресурсів, інфраструктури за результатами опитування (анкетування) експертів (фахівців);

5) визначення «коефіцієнту якості рекреаційної території» $k_{ярт}$ – як показника розвитку рекреаційної території;

6) порівняння та аналіз «коефіцієнтів якості

- рекреаційної території» територій однакової функціональної спеціалізації;
- 7) розробка пропозицій щодо регулювання рекреаційного потоку відпочиваючих між рекреаційними територіями;
 - 8) розробка моделей «фільтр», «відволікаюча» та «акумуляуюча» зона в межах рекреаційного кластеру;
 - 9) аналіз впливу величини показників елементів тріади «територія – ресурси – інфраструктура» рекреаційної території на «коефіцієнт якості рекреаційної території»;
 - 10) вироблення пропозицій щодо оптимізації подальшого розвитку рекреаційної території (математичний та графічний спосіб);
 - 11) вироблення рекомендацій (багатоваріантних пропозицій) щодо збалансованого розвитку рекреаційної території (моделі графічні);
 - 12) розробка моделей рекреаційних кластерів та рекомендацій щодо оптимізації їх просторової структури;
 - 13) розробка та аналіз проектно-кошторисної документації по пропозиціях збалансованого розвитку рекреаційної території в межах кластеру;
 - 14) порівняння змін показників «рекреаційні ресурси» – «природа» – «економічна складова» рекомендацій (багатоваріантних пропозицій) розвитку рекреаційної території;
 - 15) прийняття оптимального рішення щодо варіанту збалансованого розвитку рекреаційної території в межах кластеру.

3. Алгоритм по розробці «концепції освоєння нових рекреаційних територій» складається з наступного:

- 1) аналіз вимог законодавчих та нормативно-технічних документів, які регламентують життєдіяльність рекреаційної території певної функціональної спеціалізації;
 - 2) порівняння показників обраної території з нормативними;
 - 3) вибір кількісних та якісних показників рекреаційної території;
 - 4) визначення обмежень (мінімальні та максимальні значення) по кожному з показників;
 - 5) вибір значення кожного з показників території, ресурсів, інфраструктури;
 - 6) проведення комплексної експертної оцінки територій за заданими значеннями показників території, ресурсів, інфраструктури;
 - 7) визначення «коефіцієнту якості рекреаційної території»;
 - 8) проведення комплексного аналізу впливу показників тріади «територія – ресурси – інфраструктура» на «коефіцієнт якості рекреаційної території»;
 - 9) розробка та аналіз проектно-кошторисної документації щодо освоєння нової рекреаційної території;
 - 10) оптимізація – пошук найкращого рішення для освоєння нової рекреаційної території, у т. ч. у межах рекреаційного кластеру.
- Вирішення перших двох задач запропонованої методики апробовано у реальному проектуванні. Методика використана при розробці концепції освоєння нових рекреаційних територій.

ЛІТЕРАТУРА.

1. Hartigan, J.A., Wong M.A. Algorithm AS 136: A k-Means Clustering Algorithm. // Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics), Vol. 28, No. 1 (1979), pp. 100-108.
2. Шульга Г.М. Методика моделювання планировочної організації територіальних систем рекреації в Украинских Карпатах / Г.М. Шульга // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, III (5), Issue: 41, 2015. – С. 87-90.

Optimization of mining and recreational areas in the Ukrainian Carpathians by creating a spatial cluster

H. M. Shulha, T. F. Panchenko

Abstract. The problems of creating a competitive and sustainable recreational system of the Carpathian region of Ukraine, maintaining a natural and recreational potential of the territory and ensure comfortable conditions for leisure recreational facilities Ukrainian Carpathians. It is proposed to enhance capabilities of functional elements territories to implement clustering. The methods and algorithms for creating spatial clusters to optimize the sustainable development of existing and planned recreational structures in the region

Keywords: natural and recreational potential of the area, comfortable rest, optimizing the balanced development of recreational areas, recreational spatial cluster algorithm for creating spatial clusters, cluster optimization model recreation.

Оптимизация развития горно-рекреационных территорий Украинских Карпат методом создания пространственного кластера

Г. М.Шульга, Т. Ф. Панченко

Аннотация. Рассматриваются проблемы создания конкурентной и устойчивой рекреационной системы Карпатского региона Украины, сохранения качества природно-рекреационного потенциала территории и обеспечение комфортных условий отдыха на рекреационных объектах Украинских Карпат. Предлагается с целью активизации возможностей функциональных элементов территорий ввести кластеризацию. Разработанные методы и алгоритмы создания пространственных кластеров для оптимизации сбалансированного развития существующих и проектируемых рекреационных образований региона.

Ключевые слова: природно-рекреационный потенциал территории, комфортные условия отдыха, оптимизация сбалансированного развития рекреационных территорий, пространственный рекреационный кластер, алгоритмы создания пространственных кластеров, оптимизационная модель рекреационного кластера.

ECOLOGY

Сезонные особенности CNP-стехиометрии трансграничных рек
Северной Буковины

О. М. Дзензерская, С. С. Руденко

Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича, г. Черновцы, Украина

Paper received 20.04.17; Accepted for publication 30.04.17.

Аннотация. В период весеннего половодья во всех трансграничных реках Северной Буковины установлено ограничение стехиометрической доступности фосфора – молярное соотношение DIN:DIP колеблется в пределах 66-380, что значительно >38 (нижнего порога стехиометрической лимитации фосфора). В период летней межени молярные соотношения DIN:DIP в реках Прут и Сирет оказались существенно <22, что указывает на ограничение стехиометрической доступности азота. В реке Днестр в этот период соответствующее соотношение находится в диапазоне 22-38, где выраженная стехиометрическая лимитация между указанными элементами отсутствует. Выявлено уменьшение стехиометрических соотношений DIN:DIP и DIC:DIP в период летней межени по сравнению с периодом весеннего половодья. Это обусловлено увеличением молярной концентрации фосфора в летний период на фоне б.-м. стабильного на протяжении года уровня азота и углерода.

Ключевые слова: CNP-стехиометрия, азот, фосфор, углерод, реки Северной Буковины.

Введение. Экологическая стехиометрия – развивающаяся область экологии, изучающая баланс химических элементов в экологических взаимодействиях. Более 2600 цитирований в Web of science набрала книга R.W. Sterner и J.J.Elser, в которой авторы изложили концепцию экологической стехиометрии [14]. Это свидетельствует о большом интересе исследователей к данной теме.

Водные экосистемы подвержены стрессу не только из-за увеличения нагрузок питательных элементов (эвтрофикации), но из-за изменения их стехиометрических пропорций. В то время, как общая нагрузка питательных элементов может ограничивать продуктивность фитопланктона и контролировать его общую биомассу, их стехиометрическая пропорция влияет на видовой состав первичных производителей [6]. Стехиометрические пропорции имеют значение для конкуренции и успеха видов, приводя, в конечном счете, к изменениям в видовых доминантах и биоразнообразии. Кроме того, такие свойства, как состав липидов, продуцирование токсинов, толщина клеточной мембраны и другие химические компоненты, которые также, по меньшей мере частично, зависят от доступности клеточных элементов, могут изменить качество пищи для потребителей, в некоторых случаях превращая «хорошую» еду в «плохую» [8, 9]. Производство токсинов в водорослях, например, часто происходит, когда стехиометрия питательных элементов не находится в классическом («Редфилдском») стехиометрическом соотношении [7, 9].

Краткий обзор публикаций по теме. Особое место в экологической стехиометрии занимает стехиометрия углерода, азота и фосфора или как ее еще называют CNP-стехиометрия. С, N и P являются тремя наиболее важными элементами, используемыми для создания живых существ, и следовательно, их поглощение из окружающей среды важно для всех организмов. Sardans J. и др. [12] провели обзор имеющихся исследований с целью выявления общих связей между CNP-стехиометрией и структурой и функцией организмов и экосистем как в водном, так и в наземном контексте. Они пришли к выводу о постоянной корректировке CNP-соотношения до значений, близких к отношению Редфилда [11] как в прибрежных водах, так и в открытых океанах. Эта корректировка может быть основана на нескольких биогеохимических процессах: компромисс

между конкурентным равновесием и скоростью роста, буферный эффект фиксаторов N₂ и океанических геохимических циклов N и P. Авторы показали, что в морских экосистемах соотношение Редфилда характеризуется строго детерминированным контролем. В то время как C: N: P соотношение воды, планктона и сестона в реках и озерах из-за меньших объемов воды по сравнению с океанами, в большей мере определяется такими особенностями окружающей среды как тип породы или антропогенное воздействие. Поэтому эти C: N: P отношения значительно различаются во всем мире. Они также доказали, что CNP-стехиометрия организмов более ограничена, чем стехиометрия окружающей среды в результате гомеостатической способности организмов ее корректировать.

Группа американских исследователей во главе с В. J. Cosby [4] изучили изменения во взаимосвязях между циклами C, N и P в речной воде от истока к морю. Они провели полевые и лабораторные эксперименты для отслеживания включения наземных C, N и P в речные экосистемы водосборных бассейнов и измерили изменения CNP- стехиометрии и соответствующих циклов по всей длине реки вплоть до ее устья. Для этого они использовали лоточные мезокосмы на 14 сайтах с притоками воды от суходольных участков с различными видами землепользования. Авторы проанализировали ответные реакция водорослей на повышенные концентрации C, N и P (по отдельности и вместе).

R. Sterner [13] исследовал как CNP-соотношение в водорослях связано с ограничением соответствующих питательных элементов в ручьях и реках. Это исследование впервые обнаружило, что существуют видовые различия в стехиометрии перифитона. Автор выделил виды перифитонных организмов, которые демонстрируют хорошее соответствие между их внутренней и внешней CNP-стехиометрией и могут использоваться как индикаторы дефицита питательных элементов в ручьях и реках.

Экологическая стехиометрия рек мало изучена в сравнении с морскими и озерными экосистемами. **Цель наших исследований** – выявить сезонные особенности CNP-стехиометрии трансграничных рек Северной Буковины.

Северная Буковина – историческая область, охваты-

вающая часть территории Черновицкой области Украины, через которую протекают три важнейших речных артерии Европы – Днестр, Прут, и Сирет. Покидая Северную Буковину, указанные реки выходят с Украины на территорию Южной Буковины (Румыния) и Молдавии. Поэтому данное исследование имеет международное значение.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2013 году в 15 населенных пунктах области (рис. 1) в период альтернативных фаз водного режима рек – летней межени и весеннего половодья. Летняя межень – фаза водного режима, которая характеризуется низкой водностью реки, а весеннее половодье – фаза водного режима, которая характеризуется высокой водностью. В каждом из населенных пунктов выделяли по две станции мониторинга – одну возле лесной, а другую – возле

луговой поймы. На каждой из станций воду отбирали с 8 сайтов (4-ох возле берега и 4-ох – в 1, 5 м от берега), используя для этого малогабаритный батометр «БРМ».

В лабораторных условиях определяли содержание нитратов с помощью нитратомера Н-401, карбонатов и гидрокарбонатов – титрометрически, а фосфатов, аммиака и нитритов – фотоколориметрически с помощью ФЕК КФК-3 [3].

Растворимый неорганический фосфор (DIP) представлен в работе фосфором PO_4^{3-} , совокупный растворимый неорганический азот (DIN) – азотом NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , а растворимый неорганический углерод (DIC) – углеродом CO_2 и HCO_3^- .

Статистический анализ осуществляли, используя компьютерную программу Statistica 6.0 [2].

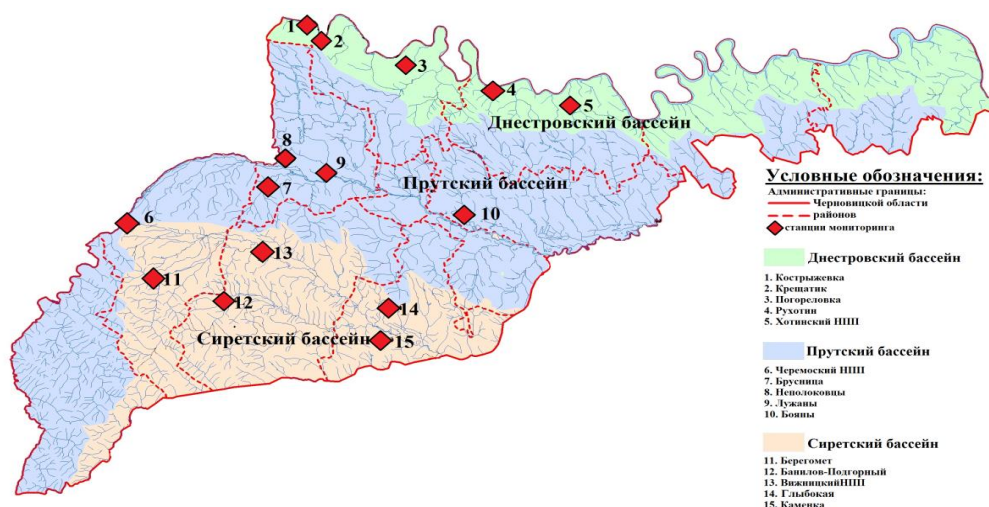


Рис. 1. Населенные пункты Северной Буковины, в которых проводился CNP-мониторинг трансграничных рек

Таблица 1. Описательная статистика сезонных молярных концентраций DIC, DIN и DIP в воде трансграничных рек Северной Буковины (N=5, n=16)

Река	Растворимые неорганические элементы	Mean	Median	Mode	Min.	Max.	Std. Err.	Skewness	Kurtosis
<i>Весеннее половодье</i>									
Днестр	DIC	3211,62	3383,13	Mult.	2325,17	3647,62	228,96	-1,87	3,93
	DIN	164,32	111,37	Mult.	97,63	388,55	56,28	2,19	4,84
	DIP	0,48	0,36	0,36	0,28	0,91	0,11	1,82	3,42
Прут	DIC	8433,43	4469,40	Mult.	2146,56	21416,36	3695,65	1,24	0,52
	DIN	119,32	121,73	Mult.	72,77	163,61	14,83	-0,16	0,87
	DIP	1,10	0,36	Mult.	0,19	4,15	0,77	2,19	4,83
Сирет	DIC	5126,17	3939,62	Mult.	2706,20	9681,69	1289,69	1,24	0,77
	DIN	85,60	93,30	Mult.	30,28	131,09	20,40	-0,28	-2,64
	DIP	2,01	1,17	Mult.	0,35	5,89	1,00	1,90	3,77
<i>Летняя межень</i>									
Днестр	DIC	4421,62	3952,51	Mult.	2614,61	6874,63	773,06	0,65	-1,00
	DIN	237,50	136,53	Mult.	40,46	586,93	97,36	1,32	1,31
	DIP	7,42	7,30	Mult.	5,81	9,30	0,69	0,19	-2,53
Прут	DIC	4949,87	5653,34	Mult.	711,14	8197,56	1316,78	-0,64	-0,50
	DIN	90,08	83,90	Mult.	82,77	100,96	4,25	0,60	-3,29
	DIP	13,21	16,97	Mult.	2,80	20,02	3,26	-0,83	-1,31
Сирет	DIC	3300,35	3143,22	Mult.	716,23	5246,14	762,98	-0,74	0,87
	DIN	92,25	81,88	Mult.	51,14	183,42	23,55	1,88	3,83
	DIP	14,94	10,23	Mult.	4,46	33,07	5,07	1,29	1,29

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 представлена описательная статистика молярных концентраций растворенного неорганического углерода, азота и фосфора в воде трансграничных рек Северной Буковины в период весеннего половодья и летней межени. Поскольку в большинстве вариантов асимметрия и снос откло-

няются от нуля, а среднее значение, медиана и мода не совпадают, приходим к выводу о том, что распределение исследованных параметров не подчиняется нормальному, поэтому для оценки достоверности различий между сезонами была использована непараметрическая статистика. А так как выборка наших исследований не пре-

вышла 50, для реализации поставленной задачи был избран критерий Манна-Уитни (таблица 2). Из трех исследованных элементов статистический анализ засвидетельствовал наличие достоверной разницы между сопоставляемыми сезонами лишь по молярному содер-

жанию растворенного неорганического фосфора. И в самом деле, как видно из таблицы 1, во всех реках в период летней межени концентрация DIP возрастает на целый порядок по сравнению с периодом весеннего половодья.

Таблица 2. Оценка достоверности сезонных различий в распределении концентраций CNP-соединений в воде трансграничных рек Северной Буковины с помощью критерия Манна-Уитни ($p < 0,05$)

Растворимые неорганические элементы	Река	Rank Sum	Rank Sum	U	Z	p-level	Z	p-level	2*1sided
DIC	Днестр	23,00	32,00	8,00	-0,94	0,35	-0,94	0,35	0,42
	Прут	29,00	26,00	11,00	0,31	0,75	0,31	0,75	0,84
	Сирет	31,00	24,00	9,00	0,73	0,46	0,73	0,46	0,55
DIN	Днестр	24,00	31,00	9,00	-0,73	0,46	-0,73	0,46	0,55
	Прут	35,00	20,00	5,00	1,57	0,12	1,57	0,12	0,15
	Сирет	27,00	28,00	12,00	-0,10	0,92	-0,10	0,92	1,00
DIP	Днестр	15,00	40,00	0,00	-2,61	0,01	-2,62	0,01	0,01
	Прут	16,00	39,00	1,00	-2,40	0,02	-2,40	0,02	0,02
	Сирет	16,00	39,00	1,00	-2,40	0,02	-2,40	0,02	0,02

Примечание. Жирным шрифтом выделены достоверные межсезонные различия в распределении концентраций CNP-соединений в воде трансграничных рек Северной Буковины

Описательная статистика стехиометрических соотношений молярных концентраций растворенного неорганического углерода, азота и фосфора в воде исследованных рек представлена в таблице 3. Как и в предыду-

щем случае, она засвидетельствовала необходимость обращения к критерию Манна-Уитни для оценки достоверности различий между сезонами.

Таблица 3. Описательная статистика сезонных молярных соотношений DIC : DIP и DIN: DIP в воде трансграничных рек Северной Буковины (N=5)

Молярные соотношения	Mean	Median	Mode	Min	Max	Std. Err.	Skewness	Kurtosis
<i>Весеннее половодье</i>								
Днестр								
DIC : DIP	8049,36	6461,65	Mult.	4052,11	13459,73	1644,45	0,77	-0,21
DIN: DIP	333,05	346,38	Mult.	204,38	408,09	35,20	-1,36	2,14
Прут								
DIC : DIP	15531,16	12564,05	Mult.	4100,51	34923,83	5728,90	0,95	-0,03
DIN: DIP	303,53	380,37	Mult.	29,70	495,44	81,27	-0,90	0,16
Сирет								
DIC : DIP	5518,21	5671,30	Mult.	527,95	9980,75	1498,96	-0,39	2,07
DIN: DIP	67,86	65,72	Mult.	21,31	117,71	15,85	0,21	0,67
<i>Летняя межень</i>								
Днестр								
DIC : DIP	584,70	627,42	Mult.	434,17	739,08	62,28	-0,25	-2,77
DIN: DIP	32,62	22,67	Mult.	4,3500	80,45	12,92	1,45	2,59
Прут								
DIC : DIP	401,80	282,38	Mult.	192,11	796,95	110,16	1,34	1,18
DIN: DIP	11,24	5,62	Mult.	4,14	29,61	4,79	1,83	3,27
Сирет								
DIC : DIP	259,39	170,99	Mult.	158,64	508,60	67,59	1,55	1,87
DIN: DIP	8,41802	7,32	Mult.	2,78	18,43	2,66	1,58	3,10

В период весеннего половодья молярные соотношения DIN:DIP во всех исследованных реках были выше 38, что согласно [10] указывает на ограничение стехиометрической доступности фосфора. Подобно нашим результатам, В.С. Perez с соавт. [9] установили потенциальное ограничение фосфора в заливе Fourleague во время весеннего пикового сброса реки Атчафалая. При этом в самом заливе соотношение DIN:DIP зафиксировано на уровне 32:1, а в реке – 54: 1. Однако в отличие от наших исследований, авторы объяснили стехиометрическую лимитацию фосфора в заливе поступлением высоких концентраций азота от реки Атчафалая на фоне довольно стабильных концентраций фосфора. В наших же исследованиях молярная концентрация азота в весенний и летний периоды во всех реках поддерживалась на достаточно стабильном уровне, а сезонная вариация

касалась лишь фосфора. При этом в весенний период именно низкая молярная концентрация фосфора на фоне стабильной концентрации азота обусловила высокое значение соотношения DIN:DIP.

В период летней межени молярные соотношения DIN:DIP в реках Прут и Сирет оказались существенно <22, что согласно [10] указывает на ограничение стехиометрической доступности азота. В реке Днестр в этот период соответствующее соотношение находилось в пределах 22-38, что соответствует диапазону, где выраженная стехиометрическая лимитация между указанными элементами отсутствует.

Критерий Манна-Уитни подтвердил наличие достоверных сезонных различий между соотношениями как DIN:DIP, так и DIC:DIP в реках Северной Буковины. При этом сумма рангов оказалась для всех сопоставляе-

мых вариантов абсолютно одинаковой. Это можно объяснить тем, что для периода летней межени по сравнению с периодом весеннего половодья число в числителе делили на порядок большее число в знаменателе. Поэтому достоверная разница была зафиксирована как по критерию значимости Z , который позволяет проверять двустороннюю гипотезу, так и по более точному одностороннему критерию $2*1sided$ [1]. Установление достоверной разницы по последнему критерию является след-

ствием одновекторной (или однознаковой) направленности различий между весенними и летними выборками: значения стехиометрических соотношений, зафиксированные во время весеннего половодья, на всех станциях мониторинга превышают значения, зафиксированные во время летней межени. Для всех рек сумма рангов (Rank Sum) анализируемых стехиометрических соотношений в период весеннего половодья в 2,7 раза превышала сумму их рангов в период летней межени.

Таблица 4. Оценка достоверности различий межсезонных молярных соотношений DIC:DIP и DIN: DIP в воде трансграничных рек Северной Буковины с помощью критерия Манна-Уитни ($p < 0,05$)

Молярные соотношения	Река	Rank Sum	Rank Sum	U	Z	p-level	Z	p-level	2*1sided
DIC:DIP	Днестр	40,00	15,00	0,00	2,61	0,01	2,61	0,01	0,01
	Прут	40,00	15,00	0,00	2,61	0,01	2,61	0,01	0,01
	Сирет	40,00	15,00	0,00	2,61	0,01	2,61	0,01	0,01
DIN:DIP	Днестр	40,00	15,00	0,00	2,61	0,01	2,61	0,01	0,01
	Прут	40,00	15,00	0,00	2,61	0,01	2,61	0,01	0,01
	Сирет	40,00	15,00	0,00	2,61	0,01	2,61	0,01	0,01

Выводы. Результаты наших исследований засвидетельствовали наличие достоверных сезонных различий в стехиометрических соотношениях DIN:DIP и DIC:DIP в реках Северной Буковины в сторону их уменьшения в период летней межени по сравнению с периодом весеннего половодья. Установлено, что это обусловлено увеличением молярной концентрации фосфора в летний

период на фоне б.-м. стабильного на протяжении года уровня азота и углерода. В период весеннего половодья во всех реках Северной Буковины наблюдается ограничение стехиометрической доступности фосфора, а в период летней межени зафиксировано ограничение стехиометрической доступности азота в реках Прут и Сирет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барвенков С.А. Лекции по высшей математике, Мн.: «Аверсэв», 2007, 172 с.
2. Мاستицкий С.Э. Методическое пособие по использованию программы STATISTICA при обработке данных биологических исследований, Мн.: «Институт рыбного хозяйства», 2009, 76с.
3. Руденко С.С., Костишин С.С., Головченко Л.Ю., Дзензерська О.М., Буждиган О.Я. CNP-мониторинг річкових екосистем (на прикладі Чернівецької області), Чернівці: «Місто», 2015, 152 с.
4. Cosby B. J.Jr., Withers P., Thompson J., Evans C., Fovet O., Bowes M., Gozzard E., Demars B., Stutter M. Changes in the Coupling of C, N and P Cycles During River Transport from Source to Sea // American Geophysical Union, 2015, Vol. 12.
5. Glibert P.M. Ecological stoichiometry and its implications for aquatic ecosystem sustainability // Current Opinion in Environmental Sustainability, 2012, Vol. 4., Is. 3, P. 272-277.
6. Glibert P.M., Burkholder J.M. Harmful algal blooms and eutrophication: strategies for nutrient uptake and growth outside the Redfield comfort zone//Chin J.Limnol. Oceanogr., 2011, Vol.29, P. 724-738.
7. Graneli E., Edvardsen B., Roelke D.L., Hagström J.A. The ecophysiology and bloom dynamics of *Prymnesium* spp. // Harmful Algae, 2012, Vol. 14, P. 260-270.
8. Mitra A., Flynn K.J. Predator-prey interactions: is "ecological stoichiometry" sufficient when good food goes bad? // J. Plankt Res., 2005, Vol. 27, P. 393-399.
9. Perez B.C., Day Jr. J.W., Justic D., Lane R.R., Twilley R.R. Nutrient stoichiometry, freshwater residence time, and nutrient retention in a river-dominated estuary in the Mississippi Delta // Hydrobiologia, 2011, Vol. 658, Is. 1, P. 41-54.
10. Petri E. N:P ratios in estimating nutrient limitation in aquatic systems, 2008. [electronic resours] // Treatment access: http://www.cost869.alterra.nl/fs/fs_npratio.pdf
11. Redfield A.C. On The Proportions Of Organic Derivatives In Sea Water And Their Relation To The Composition Of Plankton // Liverpool University Press., 1934, P. 176-192.
12. Sardans J., Rivas-Ubach A., Penuelas J. The elemental stoichiometry of aquatic and terrestrial ecosystems and its relationships with organismic lifestyle and ecosystem structure and function: a review and perspectives // Biogeochemistry, 2012, Vol. 111, P. 1-39.
13. Sterner R. Controls on Biomass: Nutrient Ratios in Streams and Rivers // WRC Research, 2001, P. 38-41.
14. Sterner R.W., Elser J.J. Ecological Stoichiometry: The Biology of Elements from Molecules to the Biosphere, 2002, 464 p.

REFERENCES

1. Barvenov S.A. Lectures on higher mathematics, Minsk: "Averssev", 2007, 172 p.
2. Mastyskiy S.E. Methodical manual on the use of the program STATISTICA in the processing of biological research datas, Minsk: Publishing house "Institute of Fisheries", 2009, 76 p.
3. Rudenko S.S., Kostyshyn S.S., Golovchenko L.Yu., Dzenzerska O.N., Buzhdyhan O.J. CNP -monitoring of river ecosystems (on the example of the Chernivtsi region), Chernivtsi: Publishing house "City", 2015, 152 p.

Seasonal features of CNP-stoichiometry of transboundary rivers of Northern Bukovina

O. Dzenzerska, S. Rudenko

Abstract. During the spring flood in all transboundary rivers of Northern Bukovina, the limitation of stoichiometric availability of Phosphorus has been established: the molar ratio of DIN:DIP varies between 66-380, which is significantly >38 (the lower threshold of stoichiometric Phosphorus limitation). During the summer period, the molar ratios DIN:DIP in the Prut and Siret rivers were significantly <22 , which indicates the limitation of the stoichiometric availability of nitrogen. In the Dniester River in this period, the corresponding ratio is in the range 22-38, where there is no pronounced stoichiometric limitation between these elements. The stoichiometric ratios of DIN:DIP and DIC:DIP during the summer period were decrease in compared with the period of spring flood. This is due to an increase in the molar Phosphorus concentration in the summer period against the background of a more or less stable level of Nitrogen and Carbon throughout the year.

Keywords: CNP-stoichiometry, Nitrogen, Phosphorus, Carbon, the rivers of Northern Bukovina.

PHITOTHERAPY

Стан та перспективи використання лікарських рослин в офіційній медицині України

Л. М. Махиня, В. М. Мінарченко, О. М. Струменська

Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, м. Київ, Україна

Corresponding author. E-mail: Larisa_2015@ukr.net

Paper received 22.04.17; Accepted for publication 02.05.17.

Анотація. У статті проведений аналіз вітчизняного ринку фітопрепаратів за 2012-2016 роки. Виявлене значне зростання чисельності препаратів рослинного походження та видів рослин, що є джерелом лікарської сировини (ЛРС) для цих лікарських засобів, а також видів лікарських рослин, що входять до «Державної Фармакопеї України» (ДФУ). Розглянуто перспективи розвитку вітчизняного ринку лікарських рослин, визначені напрямки його розширення та вдосконалення, намічені шляхи пошуку нових джерел сировини лікарських рослин.

Ключові слова: лікарські рослини, Україна, фармацевтичний ринок, фітопрепарати, ДФУ

Вступ. Сучасний етап економічного розвитку України, що характеризується утворенням нових форм суспільного попиту, зміною поколінь продукції, переходом до нових видів і зразків техніки, принципово нових технологічних процесів, зумовлює формування нових міжгалузевих пропорцій шляхом реконструкції та модернізації традиційних галузей економіки, а також формування нових ринків.

Упродовж всієї історії людства рослини були джерелом не тільки харчових продуктів, а й цінних лікарських засобів. На сьогоднішній день третину лікарських засобів отримують саме з рослинної сировини [6]. Зростання попиту на фітопрепарати в останні роки зумовлює необхідність збільшення заготівлі рослинної сировини і підвищення вимог до її якості, розширення виробництва та удосконалення технології отримання лікарських засобів. Розширення сировинної бази багатьох лікарських рослин є можливим завдяки впровадженню їх в культуру, оскільки природні запаси деяких дикорослих видів повністю або частково виснажені, а заготівля їх у природних місцях зростання не вигідна.

Динаміка розвитку світового ринку лікарських препаратів на основі сировини рослинного походження демонструє підвищений попит на лікарську сировину, що є складовим компонентом продукції фармацевтичного, парфюмерно-косметичного, харчового, лакофарбового, шкіряного, текстильного та ряду інших виробництв.

З усього цього можна зробити висновок про важливість розвитку ринку лікарської рослинної сировини як складний комплекс учасників, що складають взаємопов'язані сектори сільськогосподарського та промислового виробництва, реалізації і збуту.

Короткий огляд публікацій по темі

Рівень зовнішньої торгівлі лікарською рослинною сировиною України характеризується тенденцією до зниження обсягів експортної торгівлі, яка супроводжується нестабільними імпортерними поставками. Наразі ринок лікарської сировини в Україні заповнюється в значній мірі продукцією з країн Азії та Африки, що не дозволяє говорити про екологічну безпеку даної продукції, якість сировини, відповідність її європейським вимогам. За останні роки в структурі та місткості вітчизняного ринку лікарської рослинної сировини відбулися істотні зміни, зумовлені політичною, економічною кризою, вступом України до СОТ тощо. Усе це пояснює необхідність поглибленого аналізу стану та перспектив використання

лікарських рослин та їх сировини у фармацевтичній і медичній галузях України.

Теоретико-методичні та прикладні аспекти розвитку ринку лікарських рослин висвітлені у працях таких вітчизняних учених як Б. Семак, Л. Демкевич, С. Гриценко, Ю. Никитюк [2, 3, 4, 7], де відображені дослідження, що сприяють розвитку наукового розуміння вирішення завдань організації виробництва лікарських засобів на основі лікарських рослин в цілому.

Аптечна мережа, фармацевтична промисловість нині відчують значну потребу у багатьох видах лікарської рослинної сировини. Однією з причин дефіциту сировини окремих лікарських рослин є значне скорочення площ природних фітоценозів, забруднення навколишнього середовища, неконтрольована експлуатація природних заростей лікарських рослин, відсутність бази даних про місця зростання окремих лікарських рослин і відсутність централізованої заготівлі сировини. У сучасних умовах гостро стоїть питання про оптимізацію раціонального використання і відновлення наявної сировинної бази дикорослих лікарських рослин. Розвиток даного напрямку має державне значення. Перш за все, для вирішення даної проблеми необхідна глибока оцінка стану і динаміки змін природних фітореурсів України.

З огляду на вищезазначене, нами було поставлено завдання проаналізувати різноманіття лікарських рослин, що входять до складу фітопрепаратів України; родин до яких вони належать; видів рослин включених у видання «Державна Фармакопея України» (ДФУ), а також простежити динаміку використання сировини цих рослин у вітчизняній фармацевтичній галузі України.

Мета: дослідити динаміку використання лікарських рослин в офіційній медицині України за 2012 по 2016 роки та і намітити перспективи розширення та вдосконалення фармацевтичного ринку.

Матеріали і методи. При дослідженні застосовано системний метод узагальнення та аналізу матеріалів Державного реєстру лікарських засобів України. Теоретико-методологічну основу роботи становили праці вітчизняних вчених, які присвячені дослідженням фармацевтичного ринку України.

Результати та їх обговорення. Щорічно потреба фармацевтичних підприємств у лікарських травах збільшується на 20 – 25 % за рахунок нарощування збуту старих і введення нових лікарських засобів з рослинної сировини. За інформацією аналітиків, попит на якісну лікарську сировину значно перевищує її пропозицію, і хоча

деякі сільгоспідприємства починають вирощувати лікарські трави, об'єми їх занадто малі, щоб кардинально покращити ситуацію. Учасники ринку відзначають необхідність збільшення обсягу сировини не менше ніж у 2 рази. [5].

Вирішення організаційно-економічних проблем ринку лікарської сировини дасть змогу суттєво збільшити обсяги заготівлі лікарської продукції. Проте на виробництво лікарської сировини можуть впливати агроекономічні ризики: скорочення обсягів її перероблення, зниження якості сировини, що надходить на перероблення з причин несприятливих погодно-кліматичних умов, а також природних і техногенних надзвичайних ситуацій. Це спричинить зниження обсягів постачання сировини для фармацевтичної галузі, створить дефіцит сировини на внутрішньому ринку, скорочення експорту і по рушення зобов'язань за експортними контрактами, збільшення імпорту сировини. Зниження цих ризиків потребує підвищення інтенсивності обробітку лікарських культур, що полягає в ефективній інвестиційній політиці. Результати проведеної роботи свідчать про необхідність детального аналізу питання доцільності імпорту деяких видів лікарської рослинної сировини за наявності внутрішніх і практично необмежених можливостей її вирощування чи заготівлі. Аналіз факторів впливу на якість сировини лікарських рослин вказує, що одним з найвпливовіших є втрата якісних показників під час післязбирального оброблення, дороблення та зберігання сировини.



Рис. 1.



Рис. 2.

Проаналізувавши Державний реєстр лікарських засобів України за 2012-2016 роки, було встановлено, що найбільша кількість препаратів рослинного походження вітчизняних виробників припадає на 2013 рік (рис.1). Протягом наступних двох років спостерігалось суттєве зниження цього показника, але у 2016 р. кількість фітопрепаратів не тільки відновилися, а й перевищила значення 2012 року майже на 30%.

Схожа закономірність спостерігається і при аналізі кількості видів лікарських рослин, що входять до складу

фітопрепаратів та родин, до яких вони належать (рис.2,3).



Рис. 3.

Найбільша кількість видів лікарських рослин, які є складовими проаналізованих фітопрепаратів і входять до ДФУ припадає на 2016 рік (рис.4). Це певною мірою пов'язано з упорядкуванням нових видань ДФУ, включенням до них нових видів лікарських рослин, а також покращенням економічної ситуації в країні на інвестиційного клімату.

Таким чином, внаслідок аналізу ринку лікарських рослин встановлено очевидний зростаючий попит на фармацевтичну фітопродукцію протягом 2013 та 2016 років, що може забезпечитися за рахунок використання дикорослої і культивованої сировини України (рис.5).

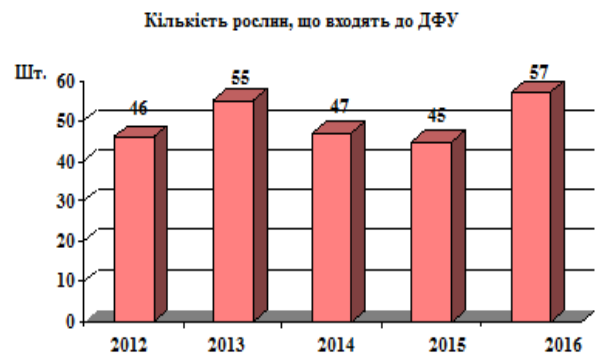


Рис. 4.

Дослідження вітчизняного ринку показало, що для узгодження інтересів суб'єктів ринку і найбільш вигідної їхньої співпраці потрібно активно розвивати кластерні об'єднання агрофармацевтичного комплексу. Перспективи розвитку вітчизняного ринку лікарських рослин повинні бути пов'язані насамперед з метою забезпечення національної безпеки держави у сфері постачання населенню лікарських препаратів рослинного походження. Держава повинна бути зацікавлена в створенні умов для залучення, перш за все, вітчизняних інвесторів у цей бізнес. Для цього в Україні необхідно створити сприятливий інвестиційний клімат на досліджуваному ринку, спростити законодавчу базу, ширше використовувати світовий досвід і поступову глобалізацію вітчизняної економіки.

Основними векторами розширення фітофармацевтичного ринку в Україні має бути пошук біологічно активних речовин з рослин, грибів та лишайників для боротьби з хворобами людей та розширення сировинної бази цінних видів лікарських рослин за рахунок залучення близькоспоріднених видів як перспективних замінників

продуцентів цінних біологічних речовин з обмеженими природними запасами лікарської сировини [1].

Загальна оцінка стану фітопрепаратів України

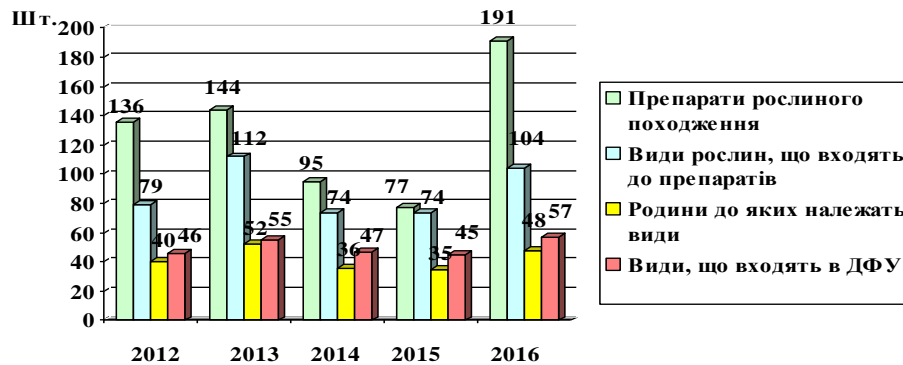


Рис. 5.

Висновки. Протягом досліджуваного періоду двічі спостерігалось зростання показників кількості лікарських рослин, що є сировиною, для лікарських засобів, а також числа фітопрепаратів та видів, що входять до ДФУ – у 2013 – 2016 роках. Це є позитивним свідченням розвитку фіто фармацевтичного ринку України, особливо беручи до уваги суттєвий спад виробництва фітозасобів у 2013 – 2014 роках, що можна пояснити складною політичною ситуацією та економічною кризою. Перспективи розширення ринку фітопрепаратів ми бачимо у

пошуку біологічно активних речовин з рослин, грибів та лишайників, для чого слід проводити скринінг флори та мікоти різних регіонів України та враховувати досвід етномедицини. В той же час необхідно розширювати сировинну базу цінних видів лікарських рослин за рахунок використання видів у межах певної таксономічної групи (переважно роду), які можуть виступати перспективними заміниками тих лікарських рослин, що мають обмежені природні ресурси.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мінарченко В. М. Ресурсознавство. Лікарські рослини. Навчальний посібник. – К.: Фітосоціоцентр, 2014. – 2015с.
2. Никитюк Ю.А. Еколого-економічний аналіз сучасного стану ринку лікарської рослинної сировини в Україні/Ю.А. Никитюк//Збалансоване природокористування.–2015.–№1.–С. 12-15.
3. Никитюк Ю. А. Розвиток зовнішньої торгівлі лікарською рослинною сировиною: еколого-економічні аспекти /Ю.А. Никитюк// Науковий вісник Ужгородського національного університету. – 2015. – № 4. – С. 62-66.
4. Семак Б.Б. Вітчизняний ринок лікарської рослинної сировини: проблеми і вирішення/Б.Б. Семак, М.Ю.Барна,

1. Демкевич//Наук. вісн. НЛТУ України.–2011–Вип.21.1.–С.264–268.
5. Семак Б.Б. Кооперативний ринок рослинної технічної сировини: проблеми та їх вирішення / Б.Б. Семак, Л.І. Демкевич // Торговля. Комерція, підприємництво: зб. наук. праць. – Львів: Вид-во Львівської КА, 2005. – № 7. – С. 89-99.
6. Чекман І.С. Клінічна фітотерапія.–К.: А.С.К., 2003.–550 с.
7. Швец А.С. Економічні засади становлення ринку лікарської рослинної сировини в Україні / А.С. Швец // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Фінанси і кредит». – 2012. –№2. – С. 52–58.

REFERENCES

1. Minarchenko V. M. Resursoznnavstvo. Likars'ki roslyny. Navchal'nyy posibnyk. – K.: Fitosotsiotsentr, 2014. – 2015s.
2. Nykytyuk Yu.A. Ekoloho-ekonomichnyy analiz suchasnoho stanu rynku likars'koyi roslynnoyi syrovyny v Ukraini / Yu.A. Nykytyuk // Zbalansovane pryrodokorystuvannya. – 2015. – № 1. – S. 12-15.
3. Nykytyuk Yu. A. Rozvytok zovnishn'oyi torhivli likars'koyu roslynnoyu syrovynoyu: ekoloho-ekonomichni aspekty /Yu.A. Nykytyuk// Naukovyy visnyk Uzhhorod's'koho natsional'noho universytetu. – 2015. – № 4. – S. 62-66.
4. Semak B.B. Vitchyznyanyy rynek likars'koyi roslynnoyi syrovyny: problemy i vyryshennya / B.B. Semak, M.Yu. Barna, L.I.

- Demkevych // Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny. — 2011. — Vyp. 21.1. — S. 264-268.
5. Semak B.B. Kooperatyvnyy rynek roslynnoyi tekhnichnoyi syrovyny: problemy ta yikh vyryshennya / B.B. Semak, L.I. Demkevych // Torhivlya. Komertsiya, pidpryyemnytsvo: zb. nauk. prats'. – L'viv: Vyd-vo L'viv's'koyi KA, 2005. – № 7. – S. 89-99.
6. Chekman I.S. Klinichna fitoterapiya. – K.: A.S.K., 2003. – 550 s.
7. Shvets' A.S. Ekonomichni zasady stanovlennya rynku likars'koyi roslynnoyi syrovyny v Ukraini / A.S. Shvets' // Visnyk Sums'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu. Seriya «Finansy i kredyt». — 2012. – № 2. — S. 52-58

State and perspective of medicinal plants in official medicine of Ukraine

L. M. Makhynia, V. M. Minarchenko, O. M. Strumenska

Abstract. The article analyzes the domestic phytopreparations market for 2012-2016. A significant increase in the number of herbal preparations and plant species, which are the source of medicinal plant material for these drugs, as well as the kinds of medicinal plants included in the State Pharmacopoeia of Ukraine (SPU), has been determined. Prospects of development of the domestic market of medicinal plants are considered, directions of its expansion and improvement are determined, ways of searching for new sources of raw medicinal plants are outlined.

Keywords: herbs, Ukraine pharmaceutical market, phytopreparations, SPU

Состояние и перспективы использования лекарственных растений в официальной медицине Украины

Л. Н. Махия, В. Н. Минарченко, Е. Н. Струменская

Аннотация. В статье проведен анализ отечественного рынка фитопрепаратов за 2012-2016 годы. Определен значительный рост численности препаратов растительного происхождения и видов растений, которые являются источником лекарственного растительного сырья (ЛРС) для этих лекарственных средств, а также видов лекарственных растений, входящих в «Государственную Фармакопоею Украины» (ДФУ). Рассмотрены перспективы развития отечественного рынка лекарственных растений, определены направления его расширения и совершенствования, намечены пути поиска новых источников сырья лекарственных растений.

Ключевые слова: лекарственные растения, Украина, фармацевтический рынок, фитопрепараты, ДФУ.

GEOGRAPHY

Radionuclides and heavy metals in soils and waters on the territory of radioactive contamination in Volyn region

O. Hromyk¹, O. Ilyina²

¹Department of Tourism and Hospitality Management Eastern European National University of Lesia Ukrainka

²Tourism and Hospitality Management Eastern European National University of Lesia Ukrainka, Lutsk, Ukraine

Paper received 22.03.17; Accepted for publication 01.04.17.

Abstract. An important environmental issue is the need to develop cost-effective measures to reduce contamination of soil and water with heavy metals and radioactive substances. Soil and water are intensively used in agricultural production and require analysis of their condition due to the risk of food contaminants. The estimation of radionuclides and heavy metals in the soil and surface waters on the territory of radioactive contamination in the Volyn region was conducted. It shows that the proportion of ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr exceeds the maximum permissible concentration of heavy metals. The study area requires a long process of social and economic rehabilitation, which involves restoration of natural resources and safe living conditions, the introduction of advanced technologies for the production of environmentally friendly agricultural products.

Keywords: radionuclides, heavy metals, water, soil, maximum permissible concentration, radiological analysis, radioactive contamination.

Raising of scientific problem and its value. Intensification and different forms of anthropogenic influence on a natural environment puts before geographical science various and difficult problems which need study and decision. It touches tasks from the guard of environment optimizations of measures about the use of natural resources. In this aspect considerable attention is deserved by soils and reservoirs as accumulations of contaminants in a landscape.

After the Chernobyl disaster the Volyn region suffered radioactive contamination (cesium, strontium, etc.) including Manevychi, Kamin-Kashirsk, and Liubeshiv Districts. The negative impact of the Chernobyl disaster reflected in all spheres of life in the region. The biggest loss sustained agriculture. Also, agricultural products received in the zone of radioactive contamination is a source of public exposure. Equally important are ponds and soil contamination by heavy metals. The problem of security of the population living in such areas not fully resolved. The large areas of pollution and high levels of pollution of agricultural land of radionuclides and heavy metals and high transfer of pollutants from soil and water to food stuffs. There is a requirement in finding out of features of their distribution and concentration in the soils and waters.

An analysis of researches of this problem. The problem of contamination by toxic substances devoted a significant amount of work. Particular attention is deserved by work V. Samoilenko, who proposed comprehensive zoning contaminated areas and possible radiological consequences [11–12], Y. Tavrov, which identified the most environmentally dangerous types of local systems and types of using the water, biological and landed recourses of geosystems of Polissia and north Lisostep [13] L. Ilyin, who studied natural water bodies as environments of piling up and accumulation of the ground deposits and established state of lake ecosystems examined technological processes of transformation and sources of income and types of toxic substances in them [4–10, 14] and others. However, the spatio-temporal aspects of distribution and accumulation of pollutants, especially near settlements require detailed research.

A purpose of the article is an estimation of content of radionuclides and heavy metals in water bodies, soils of radioactive zone in the Volyn region. Were put such tasks to achieve this: to analyze the spatial differentiation of ra-

dionuclide ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr; set the level of heavy metals (lead, zinc, copper, cadmium).

The accumulation of information necessary for decision-making regarding the control and regulation of radioactive contamination of the environment and the development of measures to reduce the absorption of doses applied population is an important challenge for the study area. The distribution of radionuclides in soils and waters, their ability to migration on ecological chain and concentrate in certain levels of food chains necessitate the analysis of radioactive contamination of agricultural land, soil, crop production, which leads to the need for targeted monitoring of agriculture.

During organization of radiation control it should pay attention to objects and parts of ecological relationships that are critical to the absorbed dose by population. Therefore, one of the most important objects of radiation analysis is a branch of agricultural production, especially production of plant-grower and stock-raising. In this case the main source of radionuclides in the food chain is soil. Radionuclides accumulated in the soil, are involved in the biogeochemical cycles of migration and become the new components of soil. Depending on the stability of the sorption of radionuclides in the soil and speed of migration is determined by their distribution in the food chain. When absorbed by plants, the radionuclides arrive in the crop production and in its consumption in the human body.

During the execution of the studies are processed stock materials of Volyn regional state production engineering center of Protection of Soil Fertility and product quality "Obldzhrodiuchist". Field and laboratory studies were carried out with different applicable standard measurement methods and selection of samples in accordance with applicable radiochemical techniques, radiospectrometry, hydrochemical, statistical analysis [1–3].

As a result of analysis of the soil contamination ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr in settlements established that the maximum concentration of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr are available in Liubeshiv Administrative Region (¹³⁷Cs v. Berezna Wolia (2,83 Ci/km²) and ⁹⁰Sr v. Lahvychi (0,04 Ci/km²). Manevychi, Kamin-Kashirsk and Liubeshiv Districts

As a result of studies are found excess of maximum permissible concentration (MPC) contents of heavy metals

(Hg, Cd, Pb, Cu, Zn) in soils and waters. Specifically excess found for cadmium in soil v. Mala Glusha (0,54 mg/kg) to 1.1 times, v. Mukoshyn (0,64 mg/kg) is 1,3 times in Liubeshiv district and v. Haluziia, or (1,25 mg/kg) is 2,5 times in Manevychi area. The lead content in the water exceeds the maximum permissible concentration by 1,7 times (v. Nuine Kamin-Kashyrsk District 0,05 mg/l). The greatest accumulation of zinc, according to our assessments, the soil in the v. Berezna Volia (110 mg/kg) Liubeshiv area (exceeding 2 times). These information certifies about contamination of soil and water heavy metals near-by settlements. According to the radio-ecological studies of soil in the settlements Kamin-Kashyrsk, Liubeshiv, Manevychi administrative districts it is set that contamination of soil of ^{137}Cs hesitates from 0,24 (v. Olshany) to 1,41 Ci/km^2 (v. Kachyn), maximal content of ^{90}Sr is fixed in v. Karasyn (0,048 Ci/km^2) of Kamin-Kashyrsk administrative district.

The contents of Cu, Zn, Ng in the waters and soils generally does not exceed the MPC. However, the Pb content in the water with. Karasyn (0,0468 mg/l) and v. Kachyn (0,0435 mg/l) of Kamin-Kashyrsk administrative region exceeds the standards 1,6 and 1,4 times, respectively. Cadmium was found in the maximum amount in the v. Vetly (0,0076 mg/l) of Liubeshiv administrative region (0,0013 mg/dm^3 in excess of 5,8 times).

Taking into account, that a most danger for life of man is made in soil of, ^{90}Sr and ^{137}Cs , a task consists in creation of pre-conditions for the maximal decline of migration of radionuclides in plant products and the optimization of soil. One of the important tasks of radiological protection is to minimize doses to the population. Solving this problem is possible by reducing the intake of radionuclides with food. Taking into account, that the share of private sector output increased and the local population diet consists mainly of food grown in private households, it is necessary to take measures that would prevent the production and consumption of contaminated food. In order to preserve the natural resources of the zone of radioactive contamination should

be performed complex agronomic and agrochemical measures to reduce radioactive contamination. The main activities are cultivation and liming acid soils. Fertilizing and liming sorbents with mandatory - one of the main ways that most effectively can affect locking radionuclide by soil absorbing complex. The organic fertilizers increases the absorption capacity of the soil, normalizes acidity reduces the availability of radionuclides by plants through the formation of complex organic-mineral compounds.

For agricultural products with permissible content of radionuclides and radiation safety of people in contaminated areas is necessary protective measures (organizational, agro technical, agrochemical, veterinary, technology, sanitary-hygienic, informative).

The control system of agricultural land in the radiation-contaminated areas should include the following elements: analysis and quantification of the effects of radioactive contamination of the environment; formation of information-analytical database of environmental and economic indicators for sustainable development of the territory, the development of national and regional programs to attract investment and others.

Conclusions and recommendations for further research. The analysis shows that in the zone of radioactive contamination of Volyn region in soils and waters are concentrated significant content of radioactive elements.

Finding out features of spatial differentiation of radionuclides, establishing levels of contamination with radioactive elements ^{137}Cs , ^{90}Sr , heavy metals, water, soils investigated area and determination of maximum permissible concentration in ecosystems requires further study their migration and accumulation.

The problem of contamination by the radionuclides and heavy metals has serious social and economic consequences. The area requires a long process of social and economic rehabilitation, which provides for renewal lost naturally resource potential and safe terms of life of people. The introduction of advanced technologies for the production of environmentally clean products.

REFERENCES

1. Громик О. М. Важкі метали у лімносистемах Західного Полісся (на прикладі зони радіоактивного забруднення Волинської області) / О. М. Громик / Географія та туризм: наук. зб. – 2011. – Вип. 15. – С. 268–277.
2. Громик О. М. Радиационное состояние загрязненных почв и растительности на территории Волынской области Украины / О. М. Громик, О. В. Ильина // Актуальные вопросы современной науки: сборник научных трудов / Под. общ. ред. С. С. Чернова. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2013. – Вып. 29. – С. 50–60.
3. Державні гігієнічні нормативи “Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді”. – К.: Наказ МОЗ України 03.05.2006 N 256, 2006. – 11 с.
4. Ильин Л. В. Тяжелые металлы и радионуклиды донных обложений разнотипных озер Полесья Украины / Л. В. Ильин, О. В. Ильина // Геоэкологические проблемы современности: Доклады 3-й Междунар. научной конференции (Владимир, 23–25 сентября 2010 г.). – Владимир: ВГГУ, 2010. – С. 10–13.
5. Ільїн Л. В. Вертикальний розподіл і концентрація важких металів у донних відкладах різнотипних озер Західного Полісся / Л. В. Ільїн, В. Є. Коваль // Природа Західного Полісся та прилеглих територій: Зб. наук. пр. – Луцьк: РВВ “Вежа” Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2006. – № 3. – С. 90–94.
6. Ільїн Л. В. Ландшафтно-геохімічні аспекти дослідження лімносистем / Л. В. Ільїн // Вісник Львівського університету. Серія географічна. – 2006. – Вип. 33. – С. 130–136.
7. Ільїн Л. В. Лімнокомплекси Українського Полісся. У 2-х т. Т. 1: Природничо-географічні основи дослідження та регіональні закономірності / Л. В. Ільїн. – Луцьк: Ред.-вид. відд. „Вежа” Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. – 316 с.
8. Ільїн Л. В. Лімнокомплекси Українського Полісся. У 2-х т. Т. 2: Регіональні особливості та оптимізація / Л. В. Ільїн. – Луцьк: Ред.-вид. відд. „Вежа” Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. – 400 с.
9. Ільїн Л. В. Радіаційні дослідження озерних комплексів Волинської області / Л. В. Ільїн, О. М. Громик // Сучасні екологічні проблеми Українського Полісся та суміжних територій (до 30-ої річниці аварії на ЧАЕС): Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Ніжин, 20–22 квітня 2016 р.). – Ніжин, 2016. – С. 180–182.
10. Ільїн Л. В. Уміст радіонуклідів у лімносистемах Західного Полісся (на прикладі водойм зони радіоактивного забруднення Волинської області) / Л. В. Ільїн, О. М. Громик // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. Географічні науки. – 2012. – № 18 (243). – С. 4–10.
11. Самойленко В. М. Кадастр радіоактивного забруднення водних об’єктів України місцевого водокористування: Т. 1.

Радіогідроекологічний стан і використання водойм та загальнометодологічні проблеми / В. М. Самойленко. – К.: Ніка-Центр, 1998. – 192 с.

12. Самойленко В. М. Комплексне районування радіоактивно забруднених територій Полісся і півночі Лісостепу за гідрологічно-ландшафтними умовами та можливими радіоекологічними наслідками місцевого водо- і ресурсокористування / В. М. Самойленко. – К.: Ніка-Центр, 1999. – 280 с.

REFERENCES

- Hromyk O. M. Vazhki metaly u limnosystemah Zahidnoho Polissia (na prykladi zony radioaktyvnoho zabrudnennia Volynskoi oblasti) / O. N. Hromyk / Heohrafiia ta turyzm: nauk. zb., 2011. – Vyp. 15. – S. 268–277.
- Hromyk O. M. Radiatsionnoie sostoiannie zagriaznennykh pochv i rastitelnosti na territorii Volynskoi oblasti Ukrainy / O. M. Hromyk, O. V. Ilyina // Aktualnyie voprosy sovremennoi nauki: sbornik nauchnykh trudov / Pod. obsch. red. S. S. Chernova. – Novosibirsk: Izdatelstvo TsRNS, 2013. – Vyp. 29. – S. 50–60.
- Derzhavni hiihienichni normatyvy “Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv ^{137}Cs i ^{90}Sr u produktah harchuvannia ta pytnii vodi”. – К.: Nakaz MOZ Ukrainy 03.05.2006 N 256, 2006. – 11 s.
- Ilyin L. V. Tiazhelyie metally i radionuklidy donnykh oblozheni raznotipnykh ozer Polesia Ukrainy / L. V. Ilyin, O. V. Ilyina // Geoekologicheskie problemy sovremenosti: Doklady 3-y Mezhdunar. nauchnoy konferentsii (Vladimir, 23–25 sentyabrya 2010 r.). – Vladimir: VGGU, 2010. – S. 10–13.
- Ilyin L. V. Vertykalnyi rozpodil i kontsentratsiia vazhkykh metaliv u donnykh vidkladakh riznotipnykh ozer Zahidnoho Polissia / L. V. Ilyin, V. Ie. Koval // Pryroda Zahidnoho Polissia ta pryehlyh terytorii: Zb. nauk. pr. – Lutsk: RVV “Vezha” Volyn. derzh. un-tu im. Lesi Ukrainky, 2006. – № 3. – S. 90–94.
- Ilyin L. V. Landshaftno-heokhimichni aspekty doslidzhennia limnosystem / L. V. Ilyin // Visnyk Lvivskoho universytetu. Serii heohrafichna. – 2006. – Vyp. 33. – S. 130–136.
- Ilyin L. V. Limnokompleksy Ukrainskoho Polissia. U 2-kh t. T. 1: Pryrodnycho-heohrafichni osnovy doslidzhennia ta rehionalni zakonmirnosti / L. V. Ilyin. – Lutsk: Red.-vyd. vidd. „Vezha” Volyn. nats. un-tu im. Lesi Ukrainky, 2008. – 316 s.
- Tavrov Yu. S. Minlivist rozpodilu i spivvidnoshennia radioaktyvnoi zabrudnenosti mi zh lankami ekosystem Polissia ta pivnochi Lisostepu / Yu. S. Tavrov // Hidrologiia, gidrokhimiia i gidroekologiia. – К.: Nika-Tsentr, 2001. – Tom 2. – S. 689–695.
- Ilyin L. Geochemical peculiarities of bottom sediments in polytypic lakes of Ukrainian Polissya / L. V. Ilyin // Limnological Review. – 2002. – № 2. – P. 155–163.
- Ilyin L. V. Limnokompleksy Ukrainskoho Polissia. U 2-kh t. T. 2: Rehionalni osoblyvosti ta optymizatsiia / L. V. Ilyin. – Lutsk: Red.-vyd. vidd. „Vezha” Volyn. nats. un-tu im. Lesi Ukrainky, 2008. – 400 s.
- Ilyin L. V. Radiatsiini doslidzhennia ozernykh kompleksiv Volynskoi oblasti / L. V. Ilyin, O. M. Hromyk // Suchasni ekolohichni problemy Ukrainskoho Polissia ta sumizhnyh terytorii (do 30-oi richnytsi avarii na ChAES): Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Nizhyn, 20-22 kvitnia 2016 r.). – Nizhyn, 2016. – S. 180–182.
- Ilyin L.V. Umist radionuklidiv u limnosystemah Zakhidnoho Polissia (na prykladi vodoim zony radioaktyvnoho zabrudnennia Volynskoi oblasti) / L. V. Ilyin, O. M. Hromyk // Naukovyi visnyk Volynskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky. Heohrafichni nauky. – 2012. – № 18 (243). – S. 4–10.
- Samoilenko V. M. Kadastr radioaktyvnoho zabrudnennia vodnykh ob'ektiv Ukrainy mistsevoho vodokorystuvannia: T. 1. Radiohidroekolohichni stan i vykorystannia vodoim ta zahalnometodolohichni problemy / V. M. Samoilenko. – К.: Nika-Tsentr, 1998. – 192 s.
- Samoilenko V. M. Kompleksne raionuvannia radioaktyvno zabrudnennykh terytorii Polissia i pivnochi Lisostepu za hidrolohichno-landshaftnymi umovamy ta mozhlivymy radioekolohichnymy naslidkamy mistsevoho vodo- i resursokorystuvannia / V. M. Samoilenko. – К.: Nika-Tsentr, 1999. – 280 s.
- Tavrov Iu. S. Minlyvist rozpodilu i spivvidnoshennia radioaktyvnoi zabrudnenosti mizh lankamy ekosystem Polissia ta pivnochi Lisostepu / Iu. S. Tavrov // Hidrologiia, hidrokhimiia i hidroekologiia. – К.: Nika-Tsentr, 2001. – Tom 2. – S. 689–695.

Radionuclides and heavy metals in soils and waters on the territory of radioactive contamination in Volyn region

O. Hromyk, O. Ilyina

Abstract. An important environmental issue is the need to develop cost-effective measures to reduce contamination of soil and water with heavy metals and radioactive substances. Soil and water are intensively used in agricultural production and require analysis of their condition due to the risk of flow of food contaminants. The estimation of radionuclides and heavy metals in the soil and surface waters on the territory of radioactive contamination in the Volyn region was conducted. It shows that the proportion of ^{137}Cs , ^{90}Sr exceeds the maximum permissible concentration of heavy metals. The study area requires a long process of social and economic rehabilitation, which involves restoration of natural resources and safe living conditions, the introduction of advanced technologies for the production of environmentally friendly agricultural products.

Keywords: radionuclides, heavy metals, water, soil, maximum permissible concentration, radiological analysis, radioactive contamination.

Радионуклиды и тяжелые металлы в почвах и водах территории радиоактивного загрязнения Волынской области

О. Громик, О. Ильина

Аннотация. Важной проблемой охраны окружающей среды является необходимость разработки эффективных и экономически целесообразных мероприятий снижения загрязнения почв и вод тяжелыми металлами и радиоактивными веществами. Почвы и воды интенсивно используются в сельскохозяйственном производстве и требуют анализа их состояния в связи с опасностью поступления загрязнителей в пищевые продукты. Осуществлена оценка содержания радиоактивных элементов и тяжелых металлов в почвенном покрове и водах территории радиоактивного загрязнения в пределах Волынской области свидетельствует, что здесь аккумуляровано значительное содержание ^{137}Cs , ^{90}Sr , обнаружено превышение предельно-допустимых концентраций тяжелых металлов. Территория исследования нуждается в длительном процессе социально-экономической реабилитации, которая предусматривает восстановление природно-ресурсного потенциала и безопасных условий жизни людей, внедрение прогрессивных технологий производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: радионуклиды, тяжелые металлы, вода, почва, предельно-допустимая концентрация, радиоэкологический анализ, радиоактивное загрязнение.

Сучасна структура землекористування Луцького району: агроландшафтний аспект

Т. С. Павловська, О. В. Рудик, В. У. Волошин

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

Paper received 22.02.17; Accepted for publication 05.03.17.

Анотація. У статті відображено результати дослідження структури земельного фонду та особливостей землекористування в Луцькому районі Волинської області в розрізі його адміністративних одиниць. Розраховано коефіцієнти розораності території та сільськогосподарських угідь, рівень сільськогосподарської освоєності, частку лісовкритих площ, співвідношення природних і господарських угідь та виконано їх геоінформаційне моделювання. Здійснено порівняльний аналіз отриманих показників та рекомендованих параметрів екологічної збалансованості територіальної організації.

Ключові слова: геоінформаційне моделювання, коефіцієнт розораності, ландшафтно-екологічна оптимізація території, лісистість, природні й напівприродні угіддя, рівень сільськогосподарської освоєності, розораність сільськогосподарських угідь, структура земельного фонду.

Вступ. Земельні ресурси є компонентом навколишнього середовища, місцем існування людини та джерелом задоволення її потреб, а також їм належить вагома роль у суспільному виробництві. Земельні ресурси виступають в якості територіального базису та є основним засобом виробництва у сільському й лісовому господарстві. Земельні ресурси разом із ґрунтовим покривом, виконують низку біогеоценологічних і глобальних екологічних функцій, які зумовлюють нормальне функціонування як окремих біоценозів, так і життя загалом [14]. Однак, у процесі експлуатації земля, як природний ресурс, постійно зазнає антропогенного впливу. Перевищення допустимих показників господарської освоєності земельного фонду призводить до деградації ґрунтів, зміни гідрологічного режиму території, дигресії рослинного покриву, що, своєю чергою, веде до зменшення продуктивності ландшафтів та знищення природних екосистем. Тому вивчення структури земельного фонду та особливостей землекористування території певною мірою дає відповідь на питання про ступінь збереженості природної рослинності та стійкість геосистем до антропогенних навантажень, а результати таких досліджень є суттєвим науковим підґрунтям для оптимізації ландшафтно-екологічної організації території.

Короткий огляд публікацій за темою. На сьогодні існує багато наукових праць вітчизняних та зарубіжних вчених, присвячених питанням раціонального використання земельного фонду. Детальний огляд історії досліджень проблем ландшафтно-екологічної оптимізації території в цілому та різних аспектів використання й охорони сільськогосподарських земель зокрема відображено в статтях [11; 12]. Додамо, що за останні п'ять років публікацій з подібного роду досліджень мають також Барвінський А. В., Белова Н. В., Горбатенко А. А., Ільєнко Т. В., Ковальчук І. П., Копайгора Б. М., Кульбіда Л. С., Кучеренко Ю. А., Кучма Т. Л., Літвак О. А., Пашутіна О. М., Попова О. Л., Прикуп Л. Л., Рідей Н. М., Сиротенко О. В., Тараріко О. Г. [1; 2; 6–8; 16–19] та інші.

Стан земельних ресурсів та особливості землекористування у Волинській області досліджували Димшиць О. Л., Зузук Ф. В., Карпюк З. К., Качаровський Р. Є., Колошко Л. К., Князькова Т. О., Ліщук Н. М., Мольчак Я. О., Павловська Т. С., Панас Р. М., Полянський С. В., Потапова А. Г., Щурко Ю. С. та ін. [4; 5; 9–13; 15; 20].

Мета й завдання статті. Метою даного дослідження є аналіз структури земельних угідь Луцького району Волинської області для вирішення завдань ландшафтно-

екологічної оптимізації території. Для досягнення мети вирішувалися такі завдання: 1) вивчити історію досліджень стану земельних ресурсів та особливостей землекористування у Волинській області; 2) проаналізувати фізико-географічні умови адміністративного району як передумову формування сучасної структури його земельного фонду; 3) з'ясувати структуру земельного фонду району; 4) визначити й проаналізувати рівень сільськогосподарської освоєності, коефіцієнти розораності території, розораності сільськогосподарських угідь, частку лісовкритих площ, співвідношення природних і господарських угідь в Луцькому районі; 5) здійснити геоінформаційне моделювання стану земельних ресурсів досліджуваної території.

Матеріали й методи. Під час дослідження використано літературні та інтернет-джерела, форму 6-зем Головного управління Держгеокадастру у Волинській області, цифрову топографічну карту Волинської області 1:200 000. Геоінформаційне моделювання стану земельних угідь здійснено у ГІС *MapInfo Professional 8.0 SCP*. Крім геоінформаційного моделювання, у роботі застосовано такі методи, як порівняльно-географічний, математичний, статистичний, графічний тощо.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів дослідження. Луцький район – адміністративний район, що розташований у південно-східній частині Волинської області. Площа району складає 0,973 тис. км² (4,8 % території області). Район включає 83 сільських населених пункти й 2 селища міського типу, що на розташовані на території 2 селищних та 28 сільських рад.

У структурі земельного фонду Луцького району станом на 01.01.2016 р. переважають сільськогосподарські землі – вони займають понад 83 % території, ліси та інші лісовкриті території – 7,2 %, забудовані землі – майже 5 %, відкриті заболочені землі – 3,12 %, води – 1,53 %, найменший відсоток припадає на відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом – 0,11 % (рис. 1). Найвищу частку сільськогосподарські землі займають у Веселівській сільській раді – 94,47 %, найнижчу в смт Торчин – 65,46 %.

На другій позиції у структурі земельних ресурсів району – ліси та інші лісовкриті землі (7,2%). З-поміж адміністративних одиниць району найвища лісистість спостерігається в Піддубцівській (16,71 %), Лаврівській (15,18 %), Смолигівській (14,89 %), трохи більше 14 % у Лищенській та Шепельській сільських радах; найнижчі показники лісистості (до 2 %) – у Заборольській, Вою-

тинській, Веселівській, Липинській, Несвічівській, Промінській сільських радах; у Коршівській сільській раді ліси відсутні взагалі.

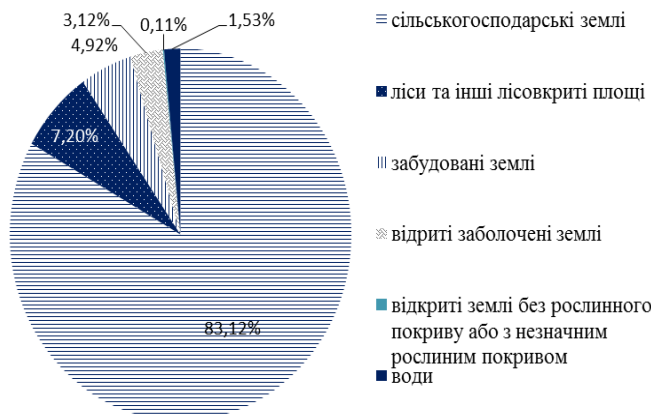


Рис. 1. Структура земельного фонду Луцького району станом на 01.01.2016 р.

Третє місце у структурі землекористування Луцького району займають забудовані землі. Найвища забудованість серед сільських рад простежується в Боратинській (12,43 %) та Липинській (11,90 %), із селищних – в Торчинській (23,01 %), найменша – в Одерадівській та Хорохоринській сільських радах (менше 2 %).

Найменшу частку в структурі земельного фонду досліджуваної території займають відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом (0,11 %). В адміністративних утвореннях Луцького району ця категорія земель наявна лише у Баївській, Баківській, Боратинській, Буянівській, Гіркополонківській, Городищенській, Лаврівській, Підгайцівській, Піддубнівській, Радомишльській, Ратнівській, Смолигівській, Хорохоринській, Чаруківській, Шепельській сільських радах та в смт. Рокині.

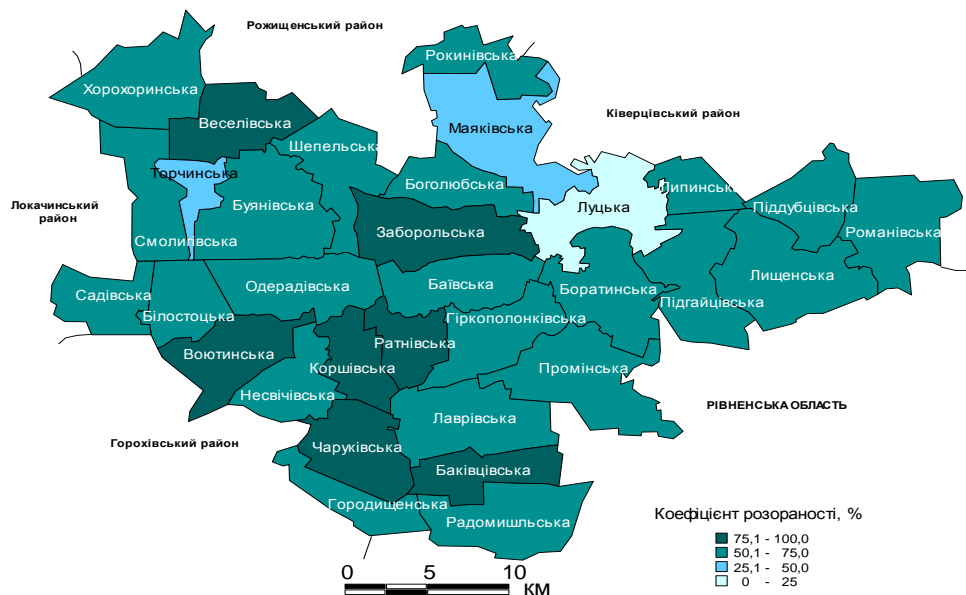


Рис. 2. Коефіцієнт розораності територій адміністративних одиниць Луцького району та Луцької міської ради

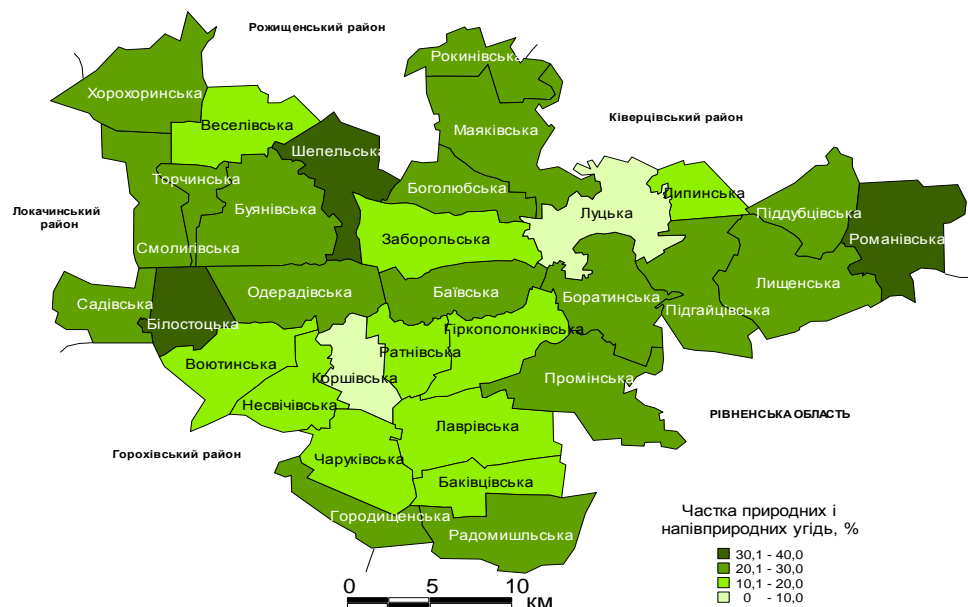


Рис. 3. Частка природних і напівприродних угідь територій адміністративних одиниць Луцького району та Луцької міської ради

Екологічну сталість ландшафту, як відомо, порушує низка чинників, серед яких одним із домінантних є висока розораність земель. Згідно з чинними нормами, розораність земель на рівні 60–80 % вважається несприятливою, 25–60 % – умовно сприятливою і менше 25 % – сприятливою [3]. Коефіцієнт розораності Луцького району становить 67,5 %, що характеризує ситуацію як несприятливу. Найвища частка ріллі у структурі земельного фонду притаманна Коршівській та Баківцівській сільрадам – понад 80 %. Найменш розораними є Маяківська сільрада (50,02 %) та Торчинська селищна рада (46,79 %). Територія Луцької міської ради розорана на 7,81 % (рис. 2).

Що стосується розораності сільськогосподарських угідь, то у Луцькому районі вона становить 83,54 %. Найвищим (понад 90 %) цей показник є в Баївській, Баківцівській, Гіркополонківській, Коршівській, Несвічівській, Ратнівській сільрадах, найнижчим – у Маяківській (65,77 %).

Для того, щоб територія була екологічно безконфліктною, високопродуктивною, естетично привабливою, частка природних угідь оптимально має становити 60 %, причому 35–40 % – гранично допустима величина [16]. Луцький район має малу частку природних і напівприродних територій (сума площ лісів та лісовкритих земель, сіножатей, пасовищ, відкритих заболочених земель, під поверхневими водоймами, сухих відкритих

земель з особливим рослинним покривом і без нього) – 22,88 %. З-поміж усіх адміністративних одиниць Луцького району найвищою вона є в Шепельській (30,29 %), Білостоцькій (30,57 %), Романівській (33,95 %) сільській радах, а найнижчою – в Коршівській сільській раді (6,5 %). У межах Луцької міської ради цей показник становить 4,18 % (рис. 3).

Висновки. Луцький район має вкрай несприятливу структуру земельних угідь, про що свідчить мала частка природних і напівприродних територій, високі коефіцієнти розораності територій та розораність сільськогосподарських угідь. Причиною цього є екстенсивне освоєння відносно родючих ґрунтів, видобуток мінеральних ресурсів, зокрема карбонатних порід, цегельно-черепичної сировини, а також значне (порівняно з іншими адміністративними територіями області) селитебне навантаження. Для більш детальної екодіагностики території Луцького району необхідно оцінювання екологічних коефіцієнтів збалансованості територіальної структури (коефіцієнти екологічної стабільності, антропогенного навантаження, абсолютної напруженості, відносної напруженості, екологічної захищеності і т.п.), що й визначає перспективи наших подальших досліджень. Отримана інформація може бути важливою при розробці регіональних програм використання та охорони земель та плануванні оптимізаційних заходів у сільськогосподарській сфері.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барвінський А. В. Формування просторової структури агроландшафтів на регіональному рівні : монографія / А. В. Барвінський, Р. В. Тихенко. – К. : Медінформ, 2013. – 464 с
2. Белова Н. В. Сучасний стан функціонування агроландшафтів Прибескидського Передкарпаття / Н. В. Белова // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. – 2012. – Вип. 16. – С. 8–11.
3. Екологічні проблеми землеробства [І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей, В. А. Мазур, В. І. Горшар, О. В. Конопльов, С. П. Паламарчук; О. І. Примак; за ред. І. Д. Примак] – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.
4. Зузук Ф. В. Осушені землі Волинської області та їх охорона [Текст] : монографія / Ф. В. Зузук, Л. К. Колошко, З. К. Карпюк ; Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки. – Луцьк : Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. – 293 с.
5. Карпюк З. К. Охорона ґрунтів та їх раціональне використання в межах Луцького району Волинської області / З. К. Карпюк, О. Л. Димшиць, Р. С. Качаровський // Природа Західного Полісся та прилеглих територій: зб. наук. пр. – 2009. – № 6. – С. 54–59.
6. Ковальчук І. П. Актуальні питання дослідження екологічних ризиків землекористування / І. П. Ковальчук, Б. М. Копаїгора // Землеустрій і кадастр : Науково-виробничий журнал. – 2012. – № 3. – С. 36–41.
7. Кульбіда Л. С. Агроландшафти середнього Побужжя: сучасний стан та проблеми використання / Л. С. Кульбіда // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. – 2015. – Вип. 43. – С. 125–128
8. Літвак О. А. Екологічна рівновага агроландшафтів регіону / О. А. Літвак // Економічні проблеми розвитку галузей та видів економічної діяльності. – 2015. – № 2 (18). – С. 399–405.
9. Ліщук Н. М. Оцінка стану земель меліоративного фонду Волинської області та обґрунтування способів його оптимізації / Н. М. Ліщук // Природа Західного Полісся та прилеглих територій: зб. наук. пр. – 2012. – № 9. – С. 83–89.
10. Мольчак Я. О. Конструктивно-географічний аналіз та оцінка природного агроресурсного потенціалу Волинської області : монографія / Я. О. Мольчак, А. Г. Потапова. – Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2010. – 215 с.
11. Павловська Т. С. Геоекологічна діагностика територіальної структури землекористування у Волинській області / Т. С. Павловська // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: Географія. – Т.: СМП „Тайп” – № 1. (вип. 36) – 2014. – С. 223–231.
12. Павловська Т. С. Структура земельних угідь в ландшафтно-екологічній організації території Волинської області / Т. С. Павловська // Геополітика і екогеодинаміка регіонів. – Симферополь, 2014. – Т. 10. – Вип. 2. – С. 697–704.
13. Панас Р. Стан і перспективи використання земельних ресурсів Волинської області / Р. Панас, О. Денека, Г. Ковальчук // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК : до 16-ої річниці професійного свята працівників геології, геодезії та картографії України – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2011. – Випуск 1 (21). – С. 204–207.
14. Паньків З. П. Земельні ресурси: навчальний посібник / З. П. Паньків. – Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2008. – 272 с.
15. Полянський С. В. Оцінка ефективності використання і збереження земельних ресурсів Волинської області / Полянський С. В., Князькова Т. О. // Економічні науки. Серія „Економічна теорія та економічна історія”. Збірник наукових праць ЛНТУ. – Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2011 – Вип. 8 (32). – С. 292–300.
16. Попова О. Л. Екодіагностика природно-господарської організації території України: агроландшафтний аспект [Електронний ресурс] / О. Л. Попова. – Режим доступу: archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/ep/2012_3/7_Pop.pdf
17. Прикуп Л. О. Оцінка агроекологічного стану земель з врахуванням організації різних типів угідь в Саратському та Кілійському районах Одеської області / Л. О. Прикуп // Вісник Одеського держ. екол. ун-ту. – Одеса, 2012. – Вип. 13. – С. 148–152.
18. Рідей Н. М. Природно-ресурсний потенціал агроєкосистем: аналіз понятійно-категоріального апарату, обґрунтування сучасних трактувань [Н. М. Рідей, А. А. Горбатенко, Ю. А. Кучеренко, О. М. Пашутіна // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2013. – № 3. – С. 13–21.
19. Тараріко О. Г. Формування екологічно стійких агроландшафтів в умовах змін клімату та прояву водної ерозії / О. Г. Тараріко, О. В. Сиротенко, Т. В. Ільєнко, Т. Л. Кучма // Землеробство. – 2013. – Вип. 85. – С. 52–62.
20. Щурко Ю. С. Географічна оцінка стану та використання земельних ресурсів Волинської області / Ю. С. Щурко // Наук.

вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. Розділ III. Еконо-

мічна і соціальна географія. – 2007. – № 2. – С. 180–186.

REFERENCES

- Barvinskyi A. V. Formuvannia prostorovoi struktury ahrolandshaftiv narehionalnomurivni : monohrafiia / A. V. Barvinskyi, R. V. Tykhenko. – K. : Medinform, 2013. – 464 c
- Bielova N. V. Suchasnyi stan funktsionuvannia ahrolandshaftiv Prybeskydskoho Peredkarpattia/N.V.Bielova//Problemy bezperevnoi heohrafichnoi osvity i kartohrafii.–2012.–Vyp.16.–S. 8–11.
- Ekolohichni problemy zemlerobstva [I. D. Prymak, Yu. P. Manko, N. M. Ridei, V. A. Mazur, V. I. Horshchar, O. V. Konoplov, S. P. Palamarchuk; O. I. Prymak; zared. I. D. Prymaka] – K.: Tsentr uchbovoi literatury, 2010. – 456s.
- Zuzuk F. V. Osusheni zemli Volynskoi oblasti ta yikh okhorona [Tekst] : monohrafiia / F. V. Zuzuk, L. K. Koloshko, Z. K. Karpiuk ; Volyn. nats. un-t im. LesiUkrainky. – Lutsk : Volyn. nats. un-t im. LesiUkrainky, 2012. – 293 s.
- Karpiuk Z. K. Okhorona gruntiv ta yikh ratsionalne vykorystannia v mezhakh Lutskoho raionu Volynskoi oblasti / Z. K. Karpiuk, O. L. Dymshyts, R. Ye. Kacharovskiy // Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytorii: zb. nauk. pr. – 2009. – # 6. – S. 54–59.
- Kovalchuk I.P. Aktualni pytannia doslidzhennia ekolohichnykh ryzykiv zemlekorystuvannia/I.P. Kovalchuk, B.M. Kopaihora// Zemleustrii i kadastr: Naukovo-vyrobnychiy zhumal.–2012.–3. – S. 36–41.
- Kulbida L. S. Ahrolandshafty serednoho Pobuzhzhia: suchasnyi stan ta problemy vykorystannia / L. S. Kulbida // Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina. – 2015. –Vyp. 43. – S. 125–128.
- Litvak O. A. Ekolohichna rivnovaha ahrolandshaftiv rehionu / O. A. Litvak // Ekonomichni problemy rozvytku haluzei ta vydiv ekonomichnoi diialnosti. – 2015. – # 2 (18). – S. 399–405.
- Lishchuk N. M. Otsinka stanu zemel melioratyvnoho fondu Volynskoi oblasti ta obruntuvannia sposobiv yoho optymizatsii / N. M. Lishchuk // Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytorii: zb. nauk. pr. – 2012. – # 9. – S. 83–89.
- Molchak Ya. O. Konstruktyvno-heohrafichnyi analiz ta otsinka pryrodnoho ahroresursnoho potentsialu Volynskoi oblasti : monohrafiia / Ya. O. Molchak, A. H. Potapova. – Lutsk : RVV LNTU, 2010. – 215 s.
- Pavlovska T. S. Heoekolohichna diahnozyka terytorialnoi struktury zemlekorystuvannia u Volynskii oblasti / T. S. Pavlovska // Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu. Serii: Heohrafiia. – T.: SMP „Taip” – # 1. (vyp. 36) – 2014. – S. 223–231.
- Pavlovska T. S. Strukturazemelnykhuhid v landshaftno-ekolohichnii orhanizatsii terytorii Volynskoi oblasti / T. S. Pavlovska // Heopolytika y ekoheodynamykarehyonov. – Symferopol, 2014. – T. 10. – Vyr. 2. – С. 697–704.
- Panas R. Stan i perspektyvy vykorystannia zemelnykh resursiv Volynskoi oblasti / R. Panas, O. Deneka, H. Kovalchuk // Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva: zbirnyk naukovykh prats Zakhidnoho heodezychnoho tovarystva UTHK : do 16-oi richnytsi profesinoho sviata pratsivnykiv heolohii, heodezii ta kartohrafii Ukrainy – Lviv : Vyd-vo Lvivskoi politekhniki, 2011. – Vypusk 1 (21). – S. 204–207.
- Pankiv Z. P. Zemelni resursy: navchalnyi posibnyk. / Z. P. Pankiv. – Vydavnychiy tsentr LNU im. Ivana Franka, 2008. – 272 s.
- Polianskyi S. V. Otsinka efektyvnosti vykorystannia i zberezhenia zemelnykh resursiv Volynskoi oblasti / Polianskyi S. V., Kniazkova T. O. // Ekonomichni nauky. Serii „Ekonomichna teoriia ta ekonomichna istoriia”: Zbirnyk naukovykh prats LNTU. – Lutsk : RVV LNTU, 2011– Vyp. 8 (32). – S. 292–300.
- Popova O. L. Ekodiahnozyka pryrodno-hospodarskoi orhanizatsii terytorii Ukrainy: ahrolandshaftnyi aspekt [Elektronnyiresurs] / O. L. Popova. – Rezhyndostupu: archive.nbuv.gov.ua/portal/soc_gum/ep/2012_3/7_Pop.pdf
- Prykup L.O. Otsinka ahroekolohichnoho stanu zemel z vrakhuvanniam orhanizatsii riznykh typiv uhid v Saratskomu ta Kiliiskomu raionakh Odeskoi oblasti / L. O. Prykup // Visnyk Odeskoho derzh. ekol. un-tu.–Odesa, 2012.–Vyp. 13.–S. 148–152.
- Ridei N. M. Pryrodno-resursnyi potentsial ahroekosystem: analiz poniatiino-katehorialnoho aparatu, obruntuvannia suchasnykh traktuvan [N. M. Ridei, A. A. Horbatenko, Yu. A. Kucherenko, O. M. Pashutina // Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahranoi akademii. – 2013. – # 3. – S. 13–21.
- Tarariko O. H. Formuvannia ekolohichno stiikykh ahrolandshaftiv v umovakh zmin klimatu ta proiavuvodnoi erozii / O. H. Tarariko, O. V. Syrotenko, T. V. Ilienko, T. L. Kuchma // Zemlerobstvo. – 2013. –Vyp. 85. – S. 52–62.
- Shchurko Yu. S. Heohrafichna otsinka stanu ta vykorystannia zemelnykh resursiv Volynskoi oblasti / Yu. S. Shchurko // Nauk. visn. Volyn. derzh. un-tuim. Lesi Ukrainky. Rozdil III. Ekonomichna i sotsialna heohrafiia. – 2007. – # 2. – S. 180–186.

Modern structure of land-use in Lutsk district: agrolandscape aspect

T. S. Pavlovska, O. V. Rudyk, V. U. Voloshyn

Abstract. The article represents the results of studies of the structure of the land reserves and land-use patterns in Lutsk district Volyn region in terms of their administrative units. Coefficients of arable areas and agricultural lands, the level of agricultural development, the share of forested areas, natural and economic grounds are calculated and GIS modeled. The comparative analysis of the indicators and recommended parameters of ecological balance of territorial organization was conducted.

Keywords: GIS modeling, plowing coefficient, landscape and ecological area optimization, amount of forests, agriculturally used areas and semi-natural areas, the level of agricultural development, farmland plowing, structure of the land fund.

Современная структура землепользования Луцкого района: агроландшафтный аспект

Т. С. Павловская, А. В. Рудик, В. У. Волошин

Аннотация. В статье отражены результаты исследования структуры земельного фонда и особенностей землепользования в Луцком районе Волынской области в разрезе его административных единиц. Рассчитаны коэффициенты распаханности территории и сельскохозяйственных угодий, уровень сельскохозяйственной освоенности, долю лесопокрытой площади, соотношение природных и хозяйственных угодий и выполнено их геоинформационное моделирование. Осуществлен сравнительный анализ полученных показателей и рекомендуемых параметров экологической сбалансированности территориальной организации.

Ключевые слова: геоинформационное моделирование, коэффициент распаханности, ландшафтно-экологическая оптимизация территории, лесистость, природные и полустепественные угодья, распаханность сельскохозяйственных угодий, структура земельного фонда, уровень сельскохозяйственной освоенности.

Основные результаты исследований многолетних колебаний уровня мирового океана

Ю. Д. Шуйский*, О. Р. Андрианова**

*Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова

**Отделение гидроакустики Института геофизики имени С.И. Субботина НАН Украины, Одесса
Corresponding author. E-mail: olga_andr@mail.ru

Paper received 28.03.17; Accepted for publication 05.04.17.

Аннотация. По разным оценкам в Мировом океане уровень может расти на величину от 0,07 до 0,55 м/100 лет. В XIX столетии средняя скорость была равной 1,2 мм/год, а в XX веке – 2,8 мм/год. Средняя скорость повышения уровня Мирового океана за 130 лет составила 1,76 мм/год. В последние 25 лет средняя скорость превысила 3,5 мм/год. В отдельных пунктах обнаружены сильные различия со средними значениями. Разработана концепция для оптимального осреднения. В течение 1880-2010 гг. вдоль восточных берегов Атлантического океана уровень возрос на 0,16 м, вдоль западного берега на 0,33 м, а в общем – на 0,19 м. В течение того же времени вдоль восточных берегов Тихого океана величина роста была равной 0,16 м, вдоль западного берега на 0,29 м, а в общем на 0,23 м. Вдоль берегов Индийского океана средний по минимумам рост был равен 0,12 м, а по максимумам 0,24 м. Такие величины сложились на фоне глобальных значений по всему Мировому океану: по минимумам на 0,17 м, а по максимумам на 0,23 м.

Ключевые слова: Мировой океан, колебания уровня, история исследования, методика, концепция.

Введение. Текущие годы в природной географии характеризуются такими приоритетными направлениями, как исследование изменений климата, синоптических и многолетних колебаний уровня морей и океанов. Эти направления обозначены ООН как важнейшие проблемы современного человечества. До недавних пор они были изучены недостаточно полно. Непрерывное интенсивное увеличение населения и интенсивная застройка морских берегов требуют новой научной информации для обеспечения рационального использования природных ресурсов на морских побережьях.

Обзор публикаций по теме. В связи с актуальностью данной темы, к ней обращаются многочисленные исследователи в разных странах, в основном в приморских, омываемых водами морей и океанов. На побережьях главными рисками являются изменения коренных берегов, аккумулятивных форм и устьев рек, где находятся населенные пункты, предприятия, коммуникации, уголь, памятники природы и культуры. Знаковыми фундаментальными трудами с анализом множества научных публикаций являются работы О.Р. Андриановой [1], Р.К. Клиге [2], А.О. Селиванова [3], Международный отчет по исследованию изменений климата [5] и др. В них приведены многочисленные доказательства того, что долговременный рост средних температур в приземном слое атмосферы сопровождается ростом среднего уровня Мирового океана. Первой обоснованной попыткой разработать прогноз последствий влияния роста уровня на состояние морских берегов признана работа Ю.Д. Шуйского [6]. По итогам этой разработки Г. Аллисон (H. Allison) предложил математическую модель и ее версии для каждого типа береговой зоны. В итоге стали быстро множиться прогнозные модели и методы в разных странах [2, 5].

Авторами были систематизированы и проанализированы сотни научных публикаций (> 1000 назв.), на которые имеются ссылки в весьма авторитетных работах [1-6]. Но в этих публикациях практически нет удовлетворительных объяснений механизмов колебаний и глобальных закономерностей размещения тех или иных скоростей колебаний с позиций географической системности, оказались неизвестными средние значения скоростей колебаний в каждом океане с учетом данных за последние 10-20 лет.

Тем не менее, мы все же склоняемся к идее об общей активизации развития географической оболочки в течение последних одного-двух столетий, согласно капитальному обобщению о современных глобальных изменениях физико-географической среды под редакцией Н.С. Касимова и Р.К. Клиге (рис. 1). Эти глобальные изменения начали изучаться Р.К. Клиге [2] еще раньше, при анализе вопроса о влиянии повышения уровня на морфологию и динамику морских берегов. Затем они были подтверждены в международном докладе представителями разных стран [5]. Авторы [1-4] пришли к выводу о вековом потеплении климата, которое является причиной мощного перераспределения масс воды из полярных в низкие широты, где площадь океана является наибольшей. В итоге северные широтные зоны освобождаются от многовековой тяжести ледников, а экваториальная зона подвергается утяжелению. Это приводит к изменению скорости вращения Земли, ее замедлению и смещению северного полюса в сторону Гренландии (кривая 1 рис. 1). Поэтому меняется циркуляция воздушных масс в атмосфере и водных масс в океане. Одновременно этот баланс нарушается и испытывает дисгармонию. По С.В. Цирель, при этом воздействие испытывает земная кора за счет усиленного влияния приливообразующих сил (кривая 2 рис. 1), вызывая нарастание силы землетрясений, увеличивая частоту вулканических извержений и рост числа землетрясений (кривые 4, 5 рис. 1). Каких-либо убедительных признаков определяющего влияния антропогенного фактора на процесс потепления приземной атмосферы пока не обнаружено.

Целью данной статьи является получение и комплексная оценка научной информации о глобальном явлении длительных (вековых) относительных колебаний уровня отдельных океанов и Мирового океана в целом, в т.ч. установление численных тенденций глобальных изменений уровня воды с учетом последних 10-20 лет.

Краткая история исследований. Исследователи обнаружили, что в XX столетии уровень океана испытывал общий неуклонный рост, и это сильно беспокоило не только общество, но и руководство приморских государств. Численные значения скоростей и знаков изменения уровня насчитывают длительную историю, в основ-

ном — региональную. Но значения глобальных повышений, более или менее обоснованных, стали появляться лишь в 40-х годах XX столетия. Тогда наиболее известными были расчеты Б.Гутенберга — в среднем рост +1,2 мм/год (1860-1936 гг.). Для периода 1880-1930 Ф. Кьонен получил среднюю величину роста +1,3 мм/год, а Х.Валентин показал возможный рост 1-2 мм/год в течение 1880-1950 гг. В 1962 г. Р.В. Фэйрбридж и О.А. Кребс рассчитали кривую изменения среднегодового уровня океана с 1860 до 1970 гг., по которой абсолютные минимумы пришлось на 1890 г., а средняя скорость роста составила 1,2 мм/год. Для периода 1807-1968 гг. Г.П. Калинин и Р.К. Клиге получили среднюю скорость +0,86 мм/год, а для периода 1919-1964 гг. в 2 раза более высокую скорость +1,74 мм/год [2]. С 60-х годов XX века у исследователей получают более высокие скорости, при этом сохраняется знак изменения. Уровень продолжает в общем повышаться. Так, К.Х. Мэйд и К.О. Эмери получили значение +2,6 мм/год (1930-1970 гг.), а А.Казенавэ и Р.С. Нерем даже +2,8 мм/год, но за короткий период 1993-2003 гг. по кривой Р.В. Фэйрбриджа и О.А. Кребса было выявлено, что наиболее высокая средняя скорость пришлась на 1946-1956 гг. — 5,5 мм/год. Как можно видеть, большинство авторов обнаруживает: а) средние скорости роста уровня Мирового океана до конца 40-х годов, были равны 1,0-1,5 мм/год; б) произошло усиление скоростей роста уровня Мирового океана с начала 50-х годов; в) абсолютный минимум роста был зафиксирован в 1890 г., а абсолютный максимум — в 1946-1956 гг.

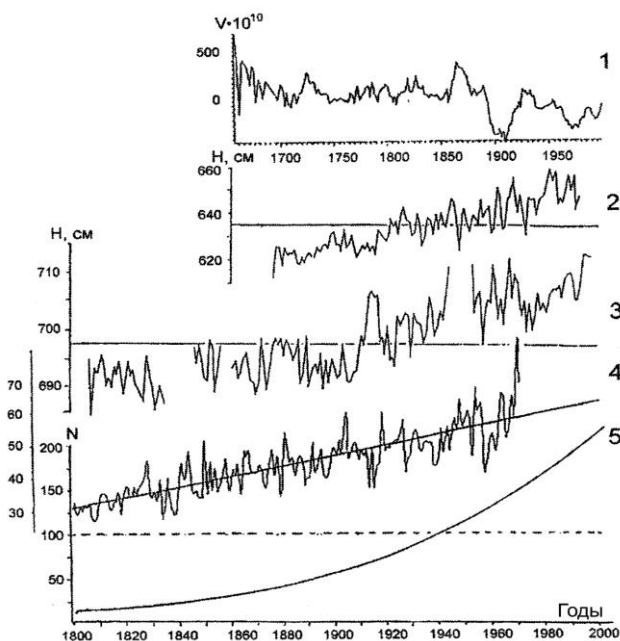


Рис. 1. Глобальные изменения процессов в индикативных системах Земли (по Н.С. Касимову и Р.К. Клиге). Обозначения: 1 — снижение скорости вращения Земли; 2 — рост уровня приливов в Куксхафене (Германия); 3 — рост уровня океана в Бресте (Франция); 4 — увеличение количества извержений вулканов; 5 — рост числа землетрясений.

В своих исследованиях Д.А. Чёрч и Н.Д. Уайт для периода 1870-2004 гг. дали среднюю многолетнюю скорость повышения уровня, равную 1,44 мм/год. Это значение лежит в рамках скоростей, представленных большинством исследователей. В то же время среднее за

время 1880-2009 гг. у них получилось 1,7 мм/год, т.е. итоговая величина повышения достигла 0,22 м. В то же время Чёрч и Уайт сравнили средние скорости, полученные по данным прямых инструментальных измерений и спутниковой альтиметрии за период 1993-2009 гг. Они составили соответственно $3,2 \pm 0,4$ мм/год и $2,8 \pm 0,8$ мм/год. Это значит, что за последние 20 лет скорости возросли в 1,65-1,88 раза по сравнению с предыдущей сотней лет. Такую тенденцию стали показывать расчеты, начиная с 50-х годов. Причем, оказалось, что на равнинных побережьях скорости оказались в целом выше, чем на горных. Эти результаты серьезно насторожили научную и гражданскую общественность приморских стран. Проверкой данного результата занялись ученые ряда государств.

Материалы и методы исследований. В географической литературе современные изменения уровня Мирового океана квалифицируются как «относительные». Такое определение вызвано многофакторностью изменений. Более полувека назад, например, в работах Ю.М. Шокальского, Л.Ф. Рудовица, Ф.П. Шепарда, Д.М. Гопкина, Д.Г. Панова, А.В. Шнитникова, Р.К. Клиге считалось, что колебания уровня происходят под воздействием *эвстатического* (т.е. в результате колебаний массы воды в океане) и *тектонического* (т.е. при вертикальных тектонических колебаниях побережий) факторов. Позже Ю.Д. Шуйским было названо и численно оценено 11 причин, вносящих определенный вклад в численные величины колебаний уровня, а современные данные отражают их алгебраическую сумму за многолетний период. Такой метод использован нами для численного определения интегральных скоростей и знаков изменений уровня Мирового океана.

Для исследований в данной работе было отобрано 192 гидрометеорологических береговых и островных станций, на которых наблюдения начинались не позже 1880 г. (до 2014 г.). Была использована информация из срочных регулярных наблюдений на 87 береговых станциях Атлантического океана (45 — на восточном берегу и 42 — на западном), на 71 станции Тихого океана (соответственно 37 и 34), на 34 станциях вдоль всей береговой линии Индийского океана [1]. Небольшое число станций вели наблюдения более 200 лет, например, ГМС «Брест» в период 1807-2014 гг. Около 500 станций и постов использовались как вспомогательные, поскольку характеризовались небольшой продолжительностью наблюдений.

Определения и оценки колебаний уровня вдоль берегов Мирового океана выполнялись в рамках общей методики статистической обработки фактических данных. Они были систематизированы как временные ряды и подвержены гармоническому (спектральному) анализу, использующему преобразование Фурье [1, 4]. Наибольшим недостатком для проведения статистических расчетов и сравнений были пропуски в отдельных рядах наблюдений. Для заполнения пропусков в среднемесячных рядах использовался метод водного нивелирования, который был развит О.Р. Андриановой [1]. С помощью этого метода были выявлены значения колебаний побережий у разных регионов Мирового океана ($\geq 0,3$ м). Для таких побережий нужен особенно тщательный анализ данных многолетних наблюдений, чтобы получить корректные выводы.

Результаты и их обсуждение. *Анализ численных значений колебаний уровня* разной природы позволил выделить основные гидрометеорологические виды колебаний, вызванные: а) ветровыми волнами и волнами, которые возникают под влиянием атмосферного давления, выпадения атмосферных осадков, испарения и проч.; б) сгонно-нагонными колебаниями уровня при действии ветра с разных сторон горизонта относительно различной формы контура береговой линии; в) статическими изменениями уровня вследствие изменения атмосферного давления над морем; г) колебаниями уровня под влиянием неравномерностей процессов влагооборота, образованием и таянием льдов; д) колебаниями вследствие изменения плотности воды. Среди них наиболее существенными являются сгонно-нагонные колебания. Так, на Азовском море (южный берег Утлюкского залива) были измерены нагоны выше ординара на 5,78 м, на Черном море (залив Широкий) — до 3,94 м, на Балтийском море (береговая дуга Папе) — до 3,9 м. Для всех них типичным является кратковременность изменений, неустойчивость, пульсационный режим и обязательное участие в формировании долговременных (внутривековых и вековых) трендов. Получается, что длительные относительные колебания в качестве составляющих учитывают всю совокупность одновременного действия гидрометеорологических причин.

Достаточно полный анализ колебаний уровня Мирового океана и его морей представлен в работах Р.К. Клиге, К.Я. Кондратьева, С.В. Победоносцева, Н.А. Тимофеева, Ф.П. Шепарда, П.А. Пиразолли, С.П. Литермана, О. де-Пляшше, М.Г. Тули, О.Г. Пилки и других. Систематизация и оценка результатов исследований этих авторов позволили С.Евреевой установить, что средняя скорость роста уровня Мирового океана в XX веке была больше скорости в XIX столетии в 1,6 раза (на 60%). Согласно данным О.Р. Андриановой [1], во второй половине XIX столетия средняя скорость роста составила в целом 1,1 мм/год, в 1900-1985 гг. уже 1,7 мм/год, а в 1986-2013 гг. — 2,7 мм/год. При этом срочные наблюдения в отдельных пунктах побережья внутренних и окраинных морей показали значения, которые в разы отличаются от средних глобальных [2, 5, 6]. В итоге стало известно [1], что средние численные значения существенно отличаются от локальных и региональных, а разброс указывает на существенные отклонения от среднего. Такие отклонения отражают влияние локальных физико-географических условий местонахождения той или иной гидрометеорологической станции или поста, а, следовательно, указывают на разнообразие режимов колебаний. Вот почему при интерпретации колебаний уровня рекомендуем задавать тот или иной масштаб явления, и в этой плоскости выполнять статистический анализ.

В процессе выполнения статистического анализа ожидалось получение достоверных результатов при использовании специального корреляционного метода. Этот метод позволяет выполнять статистические оценки разномасштабных процессов, которые представлены рядами с разной дискретностью и периодами наблюдений, определять периоды их согласованности и временное распределение коэффициентов корреляции. Используемые методы входят в комплекс научных технологий анализа эмпирической информации и синтеза новых

знаний. Поэтому в итоге оказалось возможным получить достоверные результаты при использовании весьма разнородной исходной информации.

Вся совокупность ранее установленных фактов формирования крупномасштабных климатических процессов в физико-географической системе «океан–атмосфера–суша» позволила выбрать методологический подход для определения тенденций колебаний уровня всего Мирового океана и его частей. Создание обобщенной концепции долгопериодной изменчивости уровня воды, учитывающей вклад различных элементов географической оболочки Земли в условиях усиления антропогенного влияния, основывается на «внешних» («экзогенных») механизмах природных изменений в системе всей оболочки.

Разработанная концепция имеет важное практическое и методологическое значение. Она включает основные положения: 1 — физико-географические процессы, связанные с динамикой уровня морей и океанов, являются многофакторными, как это бывает в географии вообще; это значит, что в природной системе «океан–атмосфера–суша» следует учитывать все ее элементы — геологические, геоморфологические, метеорологические, гляциологические и пр.; 2 — Связи между динамическими явлениями и ходом уровня определяет ряд факторов: скорость вращения Земли, солнечная активность, температура приземного слоя атмосферы и подстилающей поверхности океана; это главные факторы, которые обычно рассматриваются в масштабах сезонной и межгодовой изменчивости для выделения необходимых закономерностей; 3 — Важнейшим индикатором воздействия крупномасштабной климатической аномалии служит «явление Эль-Ниньо»; исследователи связывают его с планетарными волнами [3, 4]; оно отражает тенденции изменения уровня Мирового океана в целом; 4 — согласно закону географической локальности Шуйского, региональные изменения уровня морей формируются (создаются) на фоне действия более масштабных климатических процессов и одновременно под влиянием совокупности локальных действующих факторов, поэтому периоды их колебаний проявляются на более коротких природных волнах по сравнению с динамикой уровня воды в Мировом океане.

Уровень океана является косвенным показателем процессов в океане и в атмосфере, причем, в их взаимодействии было положено в основу концепции долгопериодной изменчивости уровня воды. Сложившиеся современные представления о колебаниях уровня сильнее всего связаны с колебаниями влажности атмосферы, колебаниями облачности и выпадением атмосферных осадков. На тренды их изменения указывают общие тренды изменения уровня Мирового океана и отдельных океанов (рис. 2).

Колебания уровня воды в отдельных океанах исследовались путем оценки тенденций многолетней изменчивости для разных часовых интервалов, расчетов количественных характеристик колебаний уровня в масштабах от синоптических до вековых, с учетом особенностей климатических колебаний. Конечные расчеты выполнялись по данным за период 1880-2010 гг., т.е. за 131 год. В качестве основного мы приняли строение Мирового океана в составе 4-х океанов. В процессе расчетов

были проведены осреднения рядов среднегодовых высот уровня на всех 172 отобранных гидрометеорологических станциях и постах с большой длительностью инструментальных наблюдений. При этом из расчетов были исключены станции на берегах и островах Северного Ледовитого океана как малочисленные и в большинстве с данными, которые вызывают сомнения.

В результате оказалось, что в течение 131 года (до 2010 г.) уровень воды в Атлантическом океане повысился на общую величину 242 мм, т.е. средняя скорость роста была равной 1,85 мм/год. На этом общем фоне вдоль восточных берегов итоговая величина роста была равной 160 мм (или 1,47 мм/год), а вдоль западных берегов — 324 мм (средняя скорость 2,56 мм/год). Здесь важно явление относительного «перекоса» уровня в океанах, вызванного эксцентриситетом движения Земли вокруг своей оси с запада на восток и действием постоянных ветров в основном в западном направлении. Для приведения расчетов к единому знаменателю, нами были выявлены значения в расчете на 100 лет, в данном случае на весь период XX века. Аналогично, вековое значение интегрального роста в течение XX века в среднем было равным 0,171 м в Тихом океане и 0,179 м в

Индийском океане. Интегральные величины роста соответственно равны 0,224 м и 0,234 м. Что касается Мирового океана в целом, то величина общего роста была равной 0,231 м, а тренд 1,76 мм/год. При условии, что в течение основной части XX столетия скорость роста уровня была крайне близка данным трендам, средняя вековая скорость подъема уровня Мирового океана в XX столетии была равной 0,176 м.

Выводы. 1. Выполнена систематизация и анализ данных о колебаниях уровня Мирового океана на различных береговых гидрометеорологических станциях с наиболее длительными сроками наблюдений. Это позволило сформулировать цель, задачи и научные положения статьи.

2. Впервые получены данные глобального масштаба о величинах, знаках и скоростях изменения уровня Мирового океана за период 131 год и до 2010 г. включительно. Итоговая величина роста уровня составила 0,231 м, а тренд 1,76 мм/год. На этом фоне величина роста вдоль берегов Атлантического океана равна 0,242 м (тренд 1,85 мм/год), Тихого океана 0,224 м (тренд 1,17 мм/год), Индийского океана 0,234 м (тренд 1,79 мм/год).

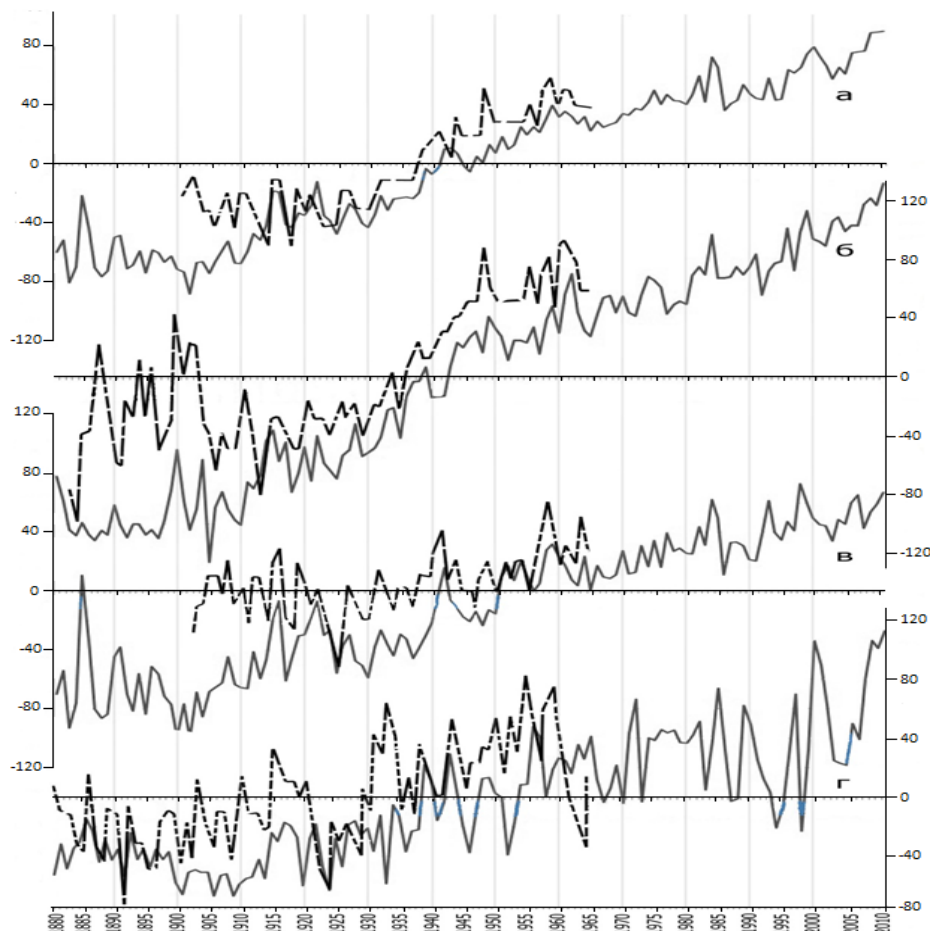


Рис. 2. Графики изменения уровня воды в отдельных океанах, пунктирная кривая до 1965 г., по Р.К. Клиге, с добавлениями О.Р. Андриановой за период 1880–2010 гг. (сплошная кривая). Океаны: а — Мировой; б — Атлантический; в — Тихий; г — Индийский. Изменения средних годовых значений уровня (вертикальная шкала, см) во времени (горизонтальная шкала, годы).

3. Разработана концепция динамики уровня Мирового океана и отдельных его регионов. Она учитывала вклад различных факторов и компонентов географической оболочки Земли. Исследовалась не только многолетняя изменчивость, но также годовая, сезонная и си-

ноптическая, что имеет важное практическое значение для хозяйственного проектирования. Особое значение уделяется правительствами приморских стран проблеме влияния роста уровня Мирового океана на морфологию

и динамику береговой зоны, на сохранность территории, всего, что на ней возведено человеком.

4. Исследованы и численно оценены связи общепланетарных физико-географических условий, на стадии их активизации, с глобальными изменениями климата. Эти изменения коснулись в первую очередь температуры приземного слоя атмосферы, в виде закономерного роста. В итоге активизировалось таяние покровных ледников, произошел общий рост атмосферных осадков, произошло уменьшение массы ледников (увеличение средних температур в полярных широтах) и рассредоточение массы талой воды по поверхности геоида, усилился экс-

центриситет вращения Земли, что повлияло на действие приливообразующих сил. Все эти явления и их последствия оказали воздействие на вековые колебания уровня воды в Мировом океане.

5. В последние десятилетия повышенное влияние на распределение уровня оказали вариации угловой скорости вращения Земли. Связь между этими скоростями и скоростями роста уровня вдоль берегов отдельных океанов выразилась в виде высокого коэффициента 0,75-0,84 в широтах между 30° с.ш. и ю.ш. и низкого коэффициента 0,40-0,70 в широтах севернее 40° в Северном полушарии и южнее в Южном полушарии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианова О.Р. Многолетние колебания уровня Мирового океана: [Текст] // Ольга Радомировна Андрианова / Одесса: Астропринт, 2014. – 160 с. ISBN 978–966–190–960–0; Иллюстр. 31; Табл. 19; Лит. 266 на 131-149 стр.
2. Клиге Р.К. Изменения глобального водообмена [Текст] / Рудольф Карлович Клиге; Отв. ред. М.Львович, И.Д. Цигельная. – Москва: Наука, 1985. – 247 с.
3. Селиванов А.О. Изменения уровня Мирового океана в плейстоцене-голоцене и развитие морских берегов [Текст] // Андрей Олегович Селиванов / Москва: Изд-во Московск. унив., 1996. – 268 с.: ISBN 5-87447-017-4; УДК 551.7; Рис. 62; Табл. 16; Библ. 496 назв. на стр. 234 – 261.
4. Холопцев А.В. Сравнение результатов спектрального анализа временной изменчивости в период с 1856-го по 2005 год среднегодовых значений аномалий среднегодовых температур приземного слоя атмосферы над Северным полушарием Земли и чисел Вольфа // А.В. Холопцев / Культура народов Причерноморья. – 2007. – № 104. – С. 82 – 94.
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007 / Edited by Bernstein L. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2007. – 940 p.
6. Shuisky, Yu.D. (1990). The influence of sea-level rise on the natural and cultural resources of the Ukrainian Coast / Yu.D. Shuisky // Changing Climate and the Coast. – Edited by J.G. Titus. – Washington DC. – Vol. 2. – P. 201 – 219.

REFERENCES

1. Andrianova, O.R. (2014). The long-term fluctuations in the level of the World Ocean: trends and factors. – Odessa: Astroprint, 160 p., ISBN 978–966–190–960–0; Illust. 31; Tabl. 19; Literature 131-149 pp.
2. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007 / Edited by Bernstein L. – Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2007. – 940 p.
3. Klige, R.K. (1985). Changing of Global Water [Text] // Rudolf Klige / Moscow: Nauka Publ. – 247 p.
4. Kholoptsev, A.V. (2007). Research of climate changing during period between 1856 and 2005 within Northern Hemisphere: values, analyze, comparison for air temperatures and the Wolf Number // A.V. Kholoptsev / Journal Culture People of Prichernomoria. – № 104. – P. 82-94.
5. Selivanov, A.O. (1996) Global Sea-level Changes During the Pleistocene-Holocene and Evolution of Sea Coasts. – Moscow: Moscow Univ. Publ. Co., 268 p.: ISBN 5-87447-017-4;
6. Shuisky, Yu.D. (1990). The influence of sea-level rise on the natural and cultural resources of the Ukrainian Coast / Yu.D. Shuisky // Changing Climate and the Coast. – Edited by J.G. Titus. – Washington DC. – Vol. 2. – P. 201 – 219.

Basical research results of long term fluctuations of the sea level along the world ocean coasts

Yu. D. Shuisky, O. R. Andrianova

Abstract. As it was represented (per various estimates) the World Ocean level can be rise by a value from 0,07 to 0,55 m/100 years. In the 19th century the average rates were +1,2 mm/year and in the 20th century it was +2,8 mm/year. The average rate of the World Ocean level during past 130 years was 1.76 mm/year. In the past 25 years, the average rate has exceeded 3,5 mm/year. In several hydrometeorological points essential differences were discovered by in comparison with average values. A concept for optimal averaging is developed. During the period 1880-2010 along eastern coasts of the Atlantic Ocean the sea level increased by 0,16 m, along the western coast - by 0,33 m and in general - by 0,19 m. During the same time along the eastern shores of the Pacific Ocean the growth was 0,16 m, along the western coast - by 0,29 m, and in general - by 0,23 m. Along the coasts of the Indian Ocean the average sea level growth was 0,12 m (at minimums) and 0,24 m (at maximums). These values were formed on the background of global values for the whole World ocean level: at minimums - by 0.17 m, and at maximums - by 0.23 m.

Keywords: World Ocean, sea-level changes, history of research, methods, conception.

GYNECOLOGY

Вплив дефіциту вітаміну D на розвиток порушень стану плода у вагітних з багатоводдям

Н. А. Гайструк, Л. Г. Дубас, С. В. Топольницька

Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, Україна
Corresponding author. E-mail: sofi.topolnitska@gmail.com

Paper received 22.06.17; Accepted for publication 28.06.17.

Анотація. Враховуючи вплив гіповітамінозу D на розвиток ускладнень вагітності, що спричиняють материнську та дитячу смертність, дане дослідження є актуальною проблемою сучасного акушерства. Зазначимо, що в період вагітності та годування грудьми, навіть на тлі прийому мультивітамінних комплексів із вмістом вітаміну D (до 400 МО/добу), зберігається висока частота гіповітамінозу D. За даними, у зазначеній категорії жінок у 73% випадків рівень вітаміну D становить <20 нг/мл, а у новонароджених від цих жінок дефіцит вітаміну D відзначають у 83% випадках. Результати проведеного дослідження показали, що лише 4,6% вагітних мали 25(OH)D в сироватки крові у межах норми, у 13,6% відзначено недостатність, а в 81,8% — дефіциту вітаміну D, що відповідають середнім значенням по Україні. Розуміння цієї проблеми зумовлює необхідність вживання лікувально-профілактичних заходів з метою усунення дефіциту вітаміну D як на етапі прегравідарної підготовки, так і в період вагітності та годування грудьми.

Ключові слова: вітамін D, вагітність, багатоводдя, ускладнення вагітності, дефіцит вітаміну D.

Вступ. Причинами зниженого рівня вітаміну D є надмірне використання кремів із високим захистом від ультрафіолету, урбанізація, пов'язана зі зменшенням часу перебування на відкритому повітрі, проблеми екології (смог у містах), короткий світловий час (у наших широтах — 5 міс адекватної світової хвилі), порушення раціону харчування, вік (старше 70 років), гострі та особливо — хронічні захворювання печінки і нирок, прийом препаратів (кортикостероїди, протисудомні препарати)[5]. Водночас, традиційний раціон містить дуже небагато цього вітаміну, тому єдиним адекватним способом його поповнення є додаткове приймання.

Рівень 25(OH)D у вагітної жінки практично не змінюється, натомість рівень його активного метаболіту 1,25(OH)D зростає удвічі вже у першому триместрі. Разом із пролактином і плацентарним лактогеном 1,25(OH)D відповідає за посилену абсорбцію кальцію у травному каналі й збільшення його реабсорбції нирками з перших тижнів вагітності.

25(OH)D проходить через плаценту, а його рівень у пуповинній крові дорівнює рівню цього метаболіту вітаміну D у матері або трохи нижчий. Натомість активний метаболіт вітаміну D 1,25(OH)D практично не проникає через плаценту і утворюється самою плацентою, а пізніше і печінкою плода з материнського 25(OH)D. Отже, якщо у матері є нестача вітаміну D, то у дитини виникає виражений гіповітаміноз.

Функція вітаміну D під час вагітності дуже різноманітна і не обмежується підтримкою стабільності кісткової системи матері і плода. Важливість цієї речовини для обміну кальцієм загалом підтверджує той факт, що суттєва її нестача у матері під час вагітності призводить до вродженого рахіту, а у критичних випадках до глибокої гіпокальцемії у новонародженого та неонатальних судом. Однак функція цього вітаміну поширюється і на інші системи, зокрема, імунну, м'язово-скелетну, серцево-судинну, нервову системи. Зокрема, пренатальний дефіцит вітаміну D може пізніше проявлятися інфекційними захворюваннями шкіри, респіраторними вірусними захворюваннями та іншими проявами імунодефіциту, які складно пояснити.

Короткий огляд публікацій по темі. З'являється все більше даних про роль дефіциту вітаміну D в патогенезі не лише патології кісткової системи, а й ожиріння, цук-

рового діабету, дисліпідемії, артеріальної гіпертензії, запалення, аутоімунної та онкологічної патології, порушень репродуктивного здоров'я [2,3,5].

Згідно з наказом Міністерства охорони здоров'я (МОЗ) України від 15.07.2011 р. № 417 «Про організацію амбулаторної акушерсько-гінекологічної допомоги в Україні», у додатках № 20 «Рекомендації щодо поведінки під час вагітності» та № 9 «Протокол лікування та профілактики рахіту у дітей», у період вагітності та годування грудьми рекомендована потреба вітаміну D становить 10 мкг, або 400 МО/добу.

Стандартна доза вітаміну D у США і Канаді для вагітних жінок і матерів, які годують грудьми, — 600 МО/добу, що базується, перш за все, на потребах здоров'я кісткової системи. Однак для досягнення оптимальних рівнів 25(OH)D 75–110 нмоль/л (понад 30 нг/мл) слід вживати 1500–4000 МО/добу (Ендокринологічне товариство, 2011 рік). Згідно теперішніх рекомендацій Польського гінекологічного товариства, вагітна жінка повинна отримувати додатково вітамін D у дозі 800 МО/добу.

З практичного погляду особливої уваги заслуговує дослідження Hollis et al., результати якого опубліковані у 2011 році[8]. Це перше сучасне рандомізоване дослідження, у якому вивчали можливість дозозалежного ефекту суплементції вітаміну D у вагітних жінок. Метою праці було вивчення ефективності і безпеки суплементції вітаміну D у дозах 400, 2000 і 4000 одиниць на день від 12–16 тижня вагітності і до пологів, при чому первинною метою було досягнення оптимального його рівня у крові. Достатньою вважали концентрацію 25(OH)D понад 32 нг/мл (80 нмоль/л), і її виявили:

у 52,3% жінок, які отримували 400 МО вітаміну D на добу;
у 79,5% жінок, які отримували 2000 МО вітаміну D на добу;
у 83,9% жінок, які отримували 4000 МО вітаміну D на добу.

В аналізі даних цього дослідження виявили, що у групі вагітних жінок, які отримували вітамін D у дозі 4000 одиниць на добу порівняно з групою жінок, які отримували 400 одиниць на добу, значуще знижувався ризик:

кесаревого розтину на 43% (p=0,046);

інших ускладнень вагітності (багатоводдя, гестаційного діабету, гіпертензії, преєклампсії) на 30% (p=0,03).

Висновок авторів полягає у тому, що доза вітаміну D 4000 од/добу цілком безпечна та забезпечує достатній рівень 25(OH)D практично у всіх вагітних. Крім того, така доза значуще знижує ризик небезпечних ускладнень вагітності та необхідності кесаревого розтину.

Dawodu et al. (2013) підтвердили, що вітамін D у дозах 2000 і 4000 МО/день забезпечував вищий відсоток пацієнтів з рівнями 25(OH)D понад 32 нг/мл і був настільки ж безпечний, як і по 400 МО/день [6].

Також проводяться роботи з вивчення впливу вітаміну D на результати запліднення при застосуванні допоміжних репродуктивних технологій, які досить широко застосовують в умовах сьогодення. Жінки з високим вихідним рівнем 25(OH)D мають у 4 рази вищі шанси успішного екстракорпорального запліднення порівняно з групою з низьким рівнем зазначеного метаболіту. Деякі автори пропонують використовувати рівень 25(OH)D у фолікулярній рідині як незалежний пре-диктор успіху циклу екстракорпорального запліднення [9].

Мета. Дослідити патогенетичну роль дефіциту вітаміну D у розвитку порушень стану плода при патології вагітності.

Матеріали и методи. Для вирішення поставлених завдань нами проведено аналіз 30 історій пологів практично здорових вагітних та 80 жінок з багатоводдям, що поступили в пологовий будинок протягом 2014-2016 років у терміні гестації від 30 до 40 тижнів відповідно історій розвитку новонароджених.

Для оцінки внутрішньоутробного стану плода застосовували методи ультразвукового сканування, кардіотокографії, а також проводили визначення біофізичного профілю плода. Ультразвукове дослідження виконували за допомогою апарату "Siemens" (Німеччина). Кардіотокографічну оцінку стану плода виконували у всіх жінок, починаючи з 30 тижня вагітності, за допомогою приладу «Sonicaid» з комп'ютерною обробкою отриманих даних (інтерпретацію параметрів проводили за шкалою Fisher W.M. et al). Для більш повного визначення внутрішньоутробного стану плода нами проводилось визначення фетального біофізичного профілю за комплексною методикою, запропонованою А. Vintzileos і співавторами (1983) в модифікації Л.Г. Сичинави і О.І. Шраер (1992). Моніторинг основних показників матково-плодово-плацентарного кровообігу здійснювали за допомогою ультразвукової системи «Радмир». При цьому проводили доплерівське картування та імпульсну доплерометрію маткових артерій на боці плацентациї, а також артерії пуповини.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за допомогою стандартних методів із застосуванням пакету прикладних програм «MS Excel XP» та «Statistica SPSS 10.0 for Windows» (ліцензійний № 305147890).

Результати та їх обговорення. Дослідження вказують на зв'язок між дефіцитом вітаміну D у матері та ускладненнями вагітності:

1.) Прееклампсією. Зниження рівня 25(OH)D₃ нижче 50 нмоль/л (20 нг/мл) асоціювалося із зростанням шансів тяжкої прееклампсії у 4 рази, а при його зниженні нижче 37,5 нмоль/л, тяжка прееклампсія траплялася у 5 разів частіше.

2.) Гестаційним діабетом. У жінок із рівнем 25(OH)D₃ у 16 тижнів вагітності нижче 50 нмоль/л ризик гестаційного діабету був у 2,7 рази вищий порівняно з жінками із вищим названим показником. Вартий уваги той факт,

що після додаткового приймання вагітними жінками вітаміну D спостерігали зниження рівнів глюкози та інсуліну, який залежить, зокрема, від дози цього вітаміну. Дані літератури свідчать, що дефіцит вітаміну D у щурів у пубертатний період може порушувати гіпоталамо-гіпофізарну регуляцію, а також безпосередньо брати участь у порушенні фолікулогенезу, формуванні полікістозного морфотипу яєчників і розвитку фолікулярних кіст [4].

3.) Багатоводдям. Дефіцит вітаміну D сприяє порушенню обміну рідини, обміну речовин та електролітного обміну в організмі. Також нестача вітаміну D може сприяти захворюванням серця і судин, які можуть викликати порушення діяльності кровоносної системи, що в свою чергу можуть призвести до розвитку багатоводдя та негативно діяти на плід та спричинити дистрес плода. Серед ускладнень у плода часто (до 42%) зустрічаються хронічна гіпоксія та синдром затримки внутрішньоутробного розвитку. Багатоводдя являється одним із маркерів вад розвитку плода. Найчастіше виявляються вади розвитку центральної нервової системи: аненцефалія (21%), спино-мозкова грижа, гідроцефалія [7].

4.) Передчасними пологами. Вітамін D, який має імуномодельюючий та протизапальний ефекти, відіграє важливу роль у запобіганні мікробній інвазії, а отже створює протекторний ефект щодо передчасних пологів, пов'язаний з інфекційним механізмом. З іншого боку, такий протекторний ефект може здійснюватися і через механізм підтримки міометрію у розслабленому стані. Клінічні дані засвідчують, що частота передчасних пологів найнижча у жінок, у яких зачаття припадає на літо або осінь, і найвища при зачатті взимку та навесні. Треба зауважити, що ефект вітаміну D у цій ситуації дозозалежний.

- 5.) Необхідністю кесаревого розтину;
- 6.) Бактеріальним вагінозом;
- 7.) Малою для гестаційного віку вагою дитини;
- 8.) Низькою вагою дитини при народженні.

Проведені дослідження встановили, що лише 4,6 % обстежених вагітних мають рівень 25(OH)D у межах норми, у 13,6 % відзначено недостатність, а в 81,8 % — дефіцит вітаміну D, що відповідають середньостатистичним по Україні [1,2].

Встановлено негативний вірогідний зв'язок між рівнем 25(OH)D та паратгормону ($r = -0,16$; $p < 0,00001$), тобто зі зростанням дефіциту вітаміну D зростає рівень паратгормону.

В 11,9 % обстежених рівень паратгормону був вищий за норму, причому в 92,5 % випадків діагностовано вторинний гіперпаратиреоз.

Вірогідно вищі показники 25(OH)D реєструвалися в вагітних віком 20–29 років порівняно з обстеженими іншими віковими групами ($p < 0,01-0,001$). Рівень паратгормону зростав із віком ($r = 0,17$; $p < 0,0001$) та вірогідно відрізнявся у людей старших за 60 років ($p < 0,05$).

Проведені дослідження виявили, що вірогідно вищі показники 25(OH)D у вагітних, які влітку піддавались сонячному опроміненню та не застосовували кремів з ультрафіолетовими фільтрами ($p < 0,0001$). Відзначено, що влітку, особливо в серпні, середні показники 25(OH)D є найвищими ($p < 0,00001$).

Враховуючи участь гіповітамінозу D у формуванні патології вагітності та важкі наслідки для майбутнього покоління, особливої уваги щодо вчасного виявлення недостатності вітаміну D потребують вагітні. Виходячи

зі структури патологічних станів, що спричиняють материнську та малюкову смертність, важливим є своєчасне виявлення та усунення причин, що можуть призвести до розвитку прееклампсії, ГД, передчасних пологів, виникнення яких може бути спричинене зокрема дефіцитом вітаміну D. Зазначимо, що в період вагітності та годування грудьми, навіть на тлі прийому мультивітамінних комплексів із вмістом вітаміну D (до 400 МО/добу), зберігається висока частота гіповітамінозу D. За даними, у зазначеної категорії жінок у 73% випадків рівень вітаміну D становить <20 нг/мл, а у новонароджених від цих жінок дефіцит вітаміну D відзначають у 83% випадків. Розуміння цієї проблеми зумовлює необхідність вживання лікувально-профілактичних заходів з метою усунення дефіциту вітаміну D як на етапі прегравідарної підготовки, так і в період вагітності та годування грудьми.

Висновки. Дефіцит вітаміну D дуже розповсюджений, тому неминуче трапляється у вагітних жінок.

Надходження вітаміну D у організм людини з природних джерел (сонячне опромінення, харчування) є

недостатнім, тому для підтримки його бажаної концентрації (20–50 нг/мл) потрібне додаткове приймання цієї речовини.

Доказові дані обґрунтовують доцільність суплементування вітаміну D у вагітних жінок у дозах до 4000 МО на добу, що суттєво знижує ризик ускладнень (гестаційного діабету, гіпертензії, прееклампсії) та необхідності розродження шляхом кесаревого розтину.

Дослідження, які засвідчують такий позитивний ефект вітаміну D для перебігу вагітності, базуються на додатковому призначенні вітаміну D вагітним жінкам, починаючи з другого триместру вагітності і до пологів.

Для додаткового приймання рекомендують застосовувати препарати вітаміну D₃ (холекальциферолу) із відомим його вмістом (таблетки, краплі), натомість застосування з цією метою риб'ячого жиру тощо не рекомендується через відсутність стабільного вмісту вітаміну D у таких продуктах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Комісаренко Ю.І. (2013) Вітамін D та його роль у регуляції метаболічних розладів при цукровому діабеті. Лекції, огляди, новини, 4: 51–54.
2. Поворознюк В.В., Балацька Н.І. (2013) Дефіцит вітаміну D у населення України та чинники ризику його розвитку. Репродукт. ендокринолог., 5(13): 7–13.
3. Семин С.Г., Волкова Л.В., Моисеев А.Б., Никитина Н.В. (2012) Перспективы изучения биологической роли витамина D. Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского, 91(2): 122–131.
4. Татарчук Т.Ф., Задорожная Т.Д., Капшук И.Н., Опуховская Л.И., Борисова Т.А., Трикаш И.О., Тарнопольская В.О. (2015) Морфологические особенности яичников крыс при экспериментальном D3 гиповитаминозе. Здоровье женщины, 1(97):195–198.
5. Шварц Г.Я. (2009) Витамин D, D-гормон и альфакальцидиол: медицинские, молекулярно-биологические и фармакологические аспекты. Укр. ревматол. журн., 3: 63–69.
6. Dawodu A., Tsang R.C. Maternal vitamin D status: effect on milk vitamin D content and vitamin D status of breast feeding infants// Adv. Nutr.–2012 May 1.–3(3).–353-61. doi: 10.3945/an.111.000950.
7. Gaistruk N. A., Dubas L. G., Gaistruk A. N., Topolnitska S. V. Polyhydramnios of pregnant women and its relation with obstetric complications and perinatal disorders. Journal of Education, Health and Sport. 2017;7(2):319-327.
8. Hollis B.W., Johnson D., Hulsey T.C. et al. (2011) Vitamin D supplementation during pregnancy: double-blind, randomized clinical trial of safety and effectiveness. J. Bone Miner. Res., 26(10): 2341–2357.
9. Ozkan S., Jindal S., Greenfield K. et al. (2009) Replete vitamin D stores predict reproductive success following in vitro fertilization. Fertil. Steril., 94(4): 1314–1319.

REFERENCES

1. Komisarenko Y.I. (2013) Vitamin D and its Role in the Regulation of Metabolic Disorders in Diabetes Mellitus. Lectures, reviews, news, 4: 51-54(In Ukrainian).
2. Povoroznyuk V. V., Balatska N. I. "Vitamin D deficiency in the population of Ukraine and factors of its development." Reproductive Endocrinology 5.13 (2013): 7–13(In Ukrainian).
3. Semin, S.G., Volkova, L.V., Moiseyev, A.B., Nikitina, N.V. "Prospects for studying the biological role of vitamin D." Pediatrics Journal of them. G.N. Speransky, 91.2 (2012): 122–31(In Russian).
4. Tatarchuk T.F., Zadorozhna T.D., Kapshuk I.N., Opuhovskaya L.I., Borisova T.A., Triakash I.O., Tamapolska V.O. (2015) Morphological features of ovaries of rats with experimental hypovitaminosis D3. Women's Health, 1 (97): 195-198(In Russian).
5. Swarz G.Ya. (2009) Vitamin D, D-gormone and alfacalcidolum: medical, molecar-biologic and pharmacological aspects. Ukrainian journal of rheumatology., 3: 63–69(In Russian).

Impact of vitamin D deficiency on development of fetal abnormalities in pregnant women diagnosed with polyhydramnios

N. A. Gaistruk, L. G. Dubas, S. V. Topolnitska

Abstract. Given the impact of hypovitaminosis D on the development of complications of pregnancy that cause maternal and infant mortality, this study is an actual problem of modern obstetrics. Note that during pregnancy and lactation, even when taking multivitamin complexes with a vitamin D content (up to 400 IU / day), a high frequency of hypovitaminosis D remains. According to the data, in this category of women in 73% of cases the level of vitamin D is < 20 ng / ml, and in newborns, vitamin D deficiency is noted in 83% of cases. The results of the study showed that only 4.6% of pregnant women had 25 (OH) D in blood serum within the normal range, insufficiency was noted in 13.6%, and vitamin D deficiency in 81.8%, which corresponds to the average value for Ukraine. Understanding of this problem calls for the use of therapeutic and prophylactic measures to eliminate the vitamin D deficiency both at the stage of pregravid preparation, and during pregnancy and lactation.

Keywords: vitamin D, pregnancy, polyhydramnios, complications of pregnancy, vitamin D deficiency.

Влияние дефицита витамина D на развитие нарушений состояния плода у беременных с многоводием

Н. А. Гайструк, Л. Г. Дубас, С. В. Топольницкая

Аннотация. Учитывая влияние гиповитаминоза D на развитие осложненной беременности, которые вызывают материнскую и младенческую смертность, данное исследование является актуальной проблемой современного акушерства. Отметим, что в период беременности и кормления грудью, даже на фоне приема мультивитаминных комплексов с содержанием витамина D (до 400 МЕ / сут), сохраняется высокая частота гиповитаминоза D. По данным, в указанной категории женщин в 73% случаев уровень витамина D составляет < 20 нг / мл, а у новорожденных от этих женщин дефицит витамина D отмечают в 83% случаев. Результаты проведенного исследования показали, что только 4,6% беременных имели 25 (ОН) D в сыворотки крови в пределах нормы, в 13,6% отмечено недостаточность, а в 81,8% - дефицита витамина D, что соответствует средним значением по Украине. Понимание этой проблемы вызывает необходимость применения лечебно-профилактических мероприятий с целью устранения дефицита витамина D как на этапе прегравидарной подготовки, так и в период беременности и кормления грудью.

Ключевые слова: витамин D, беременность, многоводие, осложнения беременности, дефицит витамина D.

IMMUNOLOGY

Functional disturbances of immune response in different periods of experimental pneumonia development

O. O. Chugay

Danylo Halytsky Lviv National Medical University

Paper received 13.06.17; Accepted for publication 20.06.17.

Abstract. One of the main mechanisms of protecting immune system against pathogens is functioning of different parts of the immune system of respiratory mucosa. At the same time, there was activation of humoral immunity, manifested by increase in B-lymphocyte level and circulating immune complexes in the blood both in early and late periods of experimental pneumonia. This condition may be caused by the nature of the agent. Since experimental pneumonia in guinea pigs was provoked by *Staphylococcus aureus*, which is a gram-positive bacterium, humoral immunity plays a leading role in combating this infection.

Keywords: *experimental pneumonia, T-lymphocytes, B-lymphocytes, circulating immune complexes.*

Introduction. Despite considerable advances in combating diseases, pneumonia remains a significant medical and social problem in most countries of the world in the 21st century. According to WHO definition, pneumonia is an acute, as a rule, infectious disease, predominantly of the respiratory part of the lungs with the presence of exudate in the alveoli, which contains neutrophils and is manifested by infiltrated darkening of the lungs on X-ray [1].

A significant part of the surface of lung epithelium and massive capillary network for gas exchange make the lungs especially vulnerable to the environment. One of the basic mechanisms of protection against pathogens is immune system of the respiratory mucosa, and first of all, its cell section. For this, there is the whole network of specialized cells, which includes secretory Clara cells, ciliated, goblet and submucous glandular cells. The basic cells of myeloid origin in lung lumen are alveolar macrophages, which possess high phagocytic activity. Due to these cells, low-virulence microorganisms are effectively destroyed in the lungs and mechanisms of acquired immune response become activated [2]. Antigen-specific proliferation and differentiation of T- and B-lymphocytes are referred to the mechanisms of specific response [3].

CD3⁺/4⁺ T-lymphocyte-helpers stimulate conversion of B-lymphocytes in plasma cells, activate dendrite cells and macrophages producing cytokines and co-stimulating molecules, initiate proliferation of T-cytotoxic lymphocytes [4]. CD3⁺/8⁺ T-cells produce a significant amount of pro-inflammatory cytokines and directly destroy body's own cells, which are infected with viruses or other pathogenic intracellular microorganisms, as well as atypical cells. The phenotype of T-cytotoxic lymphocytes – γ - δ -T-cells (intraepithelial) and invariable natural killer T-cells (iNKT), similarly as innate lymphoid cells (ILCs) play a significant role in early response to lung infection [6].

B-lymphocytes provide humoral immune reaction producing antibodies. Activation of mature B-cells occurs in their contact with antigen epitopes, which are recognized by surface receptors of immunoglobulins (Ig). By means of these receptors, B-lymphocytes may recognize not only peptides, but also large molecules of proteins, nucleic acids, carbohydrates, lipids, polysaccharide and soluble lipoprotein antigens [5, 7].

Humoral response to more complex antigens, including proteins, depends on T-helpers. T-cell activation of B-lymphocytes – is a complex system of interaction between antigen-presenting cells, antigen, B- and T-lymphocytes. As a result of a cascade of reactions involving co-stimulating molecules and cytokines, B-lymphocytes are activated, they proliferate and differentiate into plasma cells, which produce specific antibodies.

One of the most important biological functions of immunoglobulins is their binding with an antigen and formation of immune complex (IC). Formation of immune complex is one of the components of physiological immune response, which permanently occurs in the human body, aimed at maintenance of internal homeostasis and is the final stage of immune protection against foreign allergens [11].

The aim of our investigation was to study peculiarities of impairment of cell-mediated and humoral immune responses under the conditions of experimental pneumonia development (EP).

Materials and methods of investigation. Experimental studies were performed on 32 guinea pigs (mammals) weighing 180-220 g, divided into 4 groups, 8 animals in each of them:

- I group – intact guinea pigs (control);
- II group – guinea pigs with experimental pneumonia on the 6th day;
- III group – guinea pigs with experimental pneumonia on the 10th day;
- IV group – guinea pigs with experimental pneumonia on the 20th day.

For rational interpretation of the obtained digital data, two periods (early and late) of EP development were differentiated. Early period involved group of animals with EP on the 6th and 10th days of experiment, and late period – on the 20th day.

All animals were kept in standard conditions of the vivarium of Danylo Halytsky Lviv national medical university. Euthanasia was performed decapitating the animals, according to European Convention for the Protection of Vertebrate Animals, used for experimental and scientific purposes (Strasbourg, 1985), Directive of European Council 86/609/EEC (1986), Law of Ukraine № 3447-IV “On protection of animals from cruel treatment”, approved by First national congress of Ukraine on bioeth-

ics (2001).

EP was imitated by intranasal introduction of *Staphylococcus aureus* to animals by the method of V.N. Shlyapnikov et.al. [12].

Then, the animals were decapitated on the 6th, 10th and 20th day of EP development under ether anesthesia, and blood samples were taken for immunological investigation. Amount of T- and B-lymphocytes (CD3 and CD19) in the blood was measured by the method of E.F. Chernushenko, L.S. Kohosov [13]. The level of circulating immune complexes (CIC) in the blood was measured by the method of V. Haskova, J. Kaslik [14].

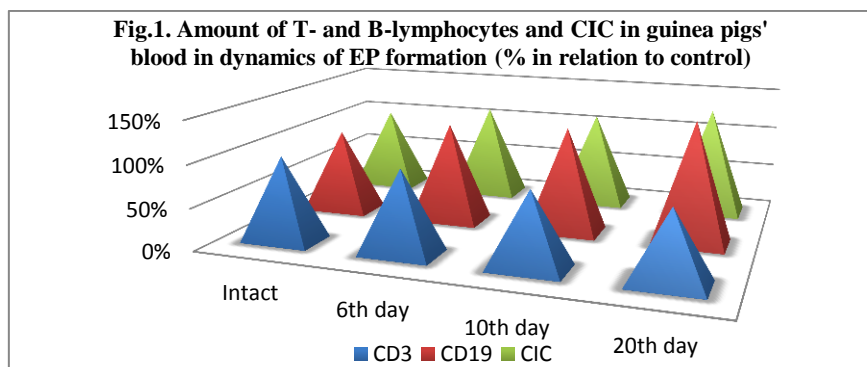
The obtained results were statistically evaluated by Student's t-criterion. The data are presented as mean value (M) based on the results of each investigation \pm standard deviation (m). Reliable differences were at $p < 0.05$ (95.5%).

Results of investigation and their discussion. The results of immunological investigation showed that in early period, which includes the 6th and the 10th days of EP development, significant changes of certain indices of

cell-mediated and humoral immunities occur.

In particular, it was detected that amount of T-lymphocytes in the blood of guinea pigs decreased by 1.8% on the 6th day of EP, as compared with control. Further, a reliable reduction of appropriate indices by 11.74% ($p < 0.05$) was observed on the 10th day of the experiment as compared with intact animals, which indicated inhibition of cell-mediated immune response.

The condition of humoral immunity was evaluated by detecting amount of B-lymphocytes and CIC. In early period of EP, particularly on the 6th day, increase in B-lymphocytes by 19.45% ($p < 0.05$) was observed, as compared with control. Further elevation of B-lymphocytes in the blood by 25% ($p < 0.05$) was seen on the 10th day of the experiment, as compared with intact group. Elevation of CIC level occurred on the 6th day by 13.68% ($p < 0.05$) in relation to control. However, on the 10th day of experiment we did not notice further increase in CIC amount. Their level remained the same as on the 6th day, thus, it was reliably by 13.5% ($p < 0.05$) higher only in relation to control group (Fig. 1).



Thus, the conducted analysis of investigation of certain indices of immune system on the 6th and 10th days of experiment showed elevation of B-lymphocytes and CIC and reduction of T-lymphocytes in guinea pigs' blood, which indicates impairment of immune response in early period of EP formation.

In late period of EP development, particularly on the 20th day, further reduction of T-lymphocytes by 19.6% ($p < 0.05$) in relation to control group and by 7.9% ($p < 0.05$), as compared with the 10th day, was recorded. At the same time, indices of humoral immunity continued to increase. In particular, the levels of B-lymphocytes and CIC increased by 43.65% and 29.8% ($p < 0.05$), respectively, in relation to control group and reliably ($p < 0.05$) increased in comparison with early period of EP (Fig. 1).

Thus, late period of EP was characterized by further

impairment of functional activity of cell-mediated and humoral immune responses.

Conclusion. Both early and late periods of EP are characterized by impairment of immune response to invaded pathogen. Experimental pneumonia in guinea pigs was accompanied by inhibition of cell-mediated immunity, which was manifested by reduction of T-lymphocytes in the blood. At the same time, it was accompanied by activation of humoral immunity, which was manifested by an increase in the level of B-lymphocytes and CIC in the blood both in the early and late periods of EP. This condition can be provoked by the nature of the agent. Since EP in guinea pigs was caused by *Staphylococcus aureus*, which is a gram-positive bacterium, humoral immunity plays the main role in combating this infection.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дранник Г. Л. Клиническая иммунология и аллергология / Г. Л. Дранник. – Киев: ООО «Полиграфплюс», 2010. – 552 с.
2. Chen K. T cell-mediated host immune defenses in the lung / K. Chen, J. K. Kolls. // Annu Rev Immunol. – 2013. – №31. – P. 605–33.
3. Moore B. B. Role of T- and B-lymphocytes in pulmonary host defences / B. B. Moore, T. A. Moore, G. B. Toews. // Eur Respir J. – 2001. – №18. – P. 846–56.
4. Marshall N. B. Cytotoxic CD4 T cells in antiviral immunity / N. B. Marshall, S. L. Swain. // J Biomed Biotechnol. – 2011; 2011:954602.
5. Посібник для проведення практичних занять з клінічної імунології та алергології / [В.В. Чоп'як, Г.О.Потьомкіна, А.М. Гаврилюк та ін.] – Львів: Видавець Тетюх Т.В., 2015. – 208 с.
6. Імунологія: підручник / [Л. В. Кузнецова, В. Д. Бабаджан, Н. В. Харченко та ін.]. – Вінниця: ТОВ «Меркьюрі Поділля», 2013. – 526 с.
7. Signalling in B cells / [J. E. Ales-Martinez, E. Cuende, C. Martinez et al.]. // Immunol Today. – 1991. – №12. – P. 201–205.
8. Kuby J. Immunology. 2nd Edn. / J. Kuby. – New York: W.H. Freeman and Company, 1994.

9. Parker D. C. T cell-dependent B cell activation / D. C. Parker. // *Annu Rev Immunol.* – 1993. – №11. – P. 331–60.
10. Tonegawa S. Somatic generation of antibody diversity / S. Tonegawa. // *Nature.* – 1983. – №302. – P. 575–581.
11. Атаман О. В. 3. Патолофізіологія. Т.1. Загальна патологія / О. В. Атаман. – Вінниця: Нова книга, 2012. – 592 с.
12. Экспериментальные модели острых пневмоний, вызванных условно-патологическими бактериями и их ассоциацией: метод. указания / [В. И. Шляпников, Т. Л. Солодова, С. А. Степанов и др.]. – Саратов, 1988. – 30 с.
13. Чернушенко Е. Ф. Иммунология и иммунопатология заболеваний легких / Е. Ф. Чернушенко, Л. С. Когосова. – К.: Здоров'я, 1981. – 208 с.
14. Haskova V. Novy zpusob stanoveni circulujicich imunokomplexy w lidskych serech / V. Haskova, J. Kaslik, M. Matejkava // *Cas. Lek. Ces.* – 1977. – T. 116, № 14. – S. 436–437.

REFERENCES

1. Drannik H.L. Clinical immunology and allergology / H.L. Drannik. – Kiev: OOO "Polygraphplus", 2010. – 552 p.
2. Chen K. T cell-mediated host immune defenses in the lung / K. Chen, J. K. Kolls. // *Annu Rev Immunol.* – 2013. – №31. – P. 605–33.
3. Moore B. B. Role of T- and B-lymphocytes in pulmonary host defences / B. B. Moore, T. A. Moore, G. B. Toews. // *Eur Respir J.* – 2001. – №18. – P. 846–56.
4. Marshall N. B. Cytotoxic CD4 T cells in antiviral immunity / N. B. Marshall, S. L. Swain. // *J Biomed Biotechnol.* – 2011; 2011:954602.
5. Textbook for conduction of practical classes in clinical immunology and allergology / [V.V. Chopyak, H.O. Potiomkina, A.M. Havryliuk et. al.] – Lviv: Editor Tetiuh T.V., – 208 p.
6. Immunology: textbook / [L. V. Kuznetsova, V.D. Babadzhan, N.V. Kharchenko et. al.]. – Vinnytsya: TOV "Merkiuri Podillya", 2013. – 526 p.
7. Signalling in B cells / [J. E. Ales-Martinez, E. Cuende, C. Martinez et al.]. // *Immunol Today.* – 1991. – №12. – P. 201–205.
8. Kuby J. Immunology. 2nd Edn. / J. Kuby. – New York: W.H. Freeman and Company, 1994.
9. Parker D. C. T cell-dependent B cell activation / D. C. Parker. // *Annu Rev Immunol.* – 1993. – №11. – P. 331–60.
10. Tonegawa S. Somatic generation of antibody diversity / S. Tonegawa. // *Nature.* – 1983. – №302. – P. 575–581.
11. Ataman O.V. Pathological physiology. V.1. General pathology / O.V. Ataman. – Vinnytsya: Nova knyha, 2012. – 592 p.
12. Experimental models of acute pneumonia, caused by conditionally pathogenic bacteria and their associations: methodical recommendations / [V. I. Shlyapnikov, T.L. Solodova, S.A. Stepanov et. al.]. – Saratov, 1988. – 30 p.
13. Chernushenko E.F. Immunology and immunopathology of lung diseases / E.F. Chernushenko. – Kyiv: Zdorovya, 1981. – 208 p.
14. Haskova V. Novy zpusob stanoveni circulujicich imunokomplexy w lidskych serech / V. Haskova, J. Kaslik, M. Matejkava // *Cas. Lek. Ces.* – 1977. – T. 116, № 14. – P. 436–437.

Функциональные нарушения иммунного ответа в разные периоды развития экспериментальной пневмонии

О. А. Чугай

Аннотация. Одним из основных механизмов защиты дыхательной системы от патогенов является функционирование различных звеньев иммунной системы слизистых респираторного канала. В работе выявлено, что в условиях экспериментальной пневмонии у морских свинок происходило подавление клеточного звена иммунитета, которое выражалось снижением уровня Т-лимфоцитов в крови. В то же время выявлена активация гуморального звена иммунитета, что проявлялось повышением уровня В-лимфоцитов и циркулирующих иммунных комплексов в крови как в ранний, так и поздний период экспериментальной пневмонии.

Ключевые слова. Экспериментальная пневмония, Т-лимфоциты, В-лимфоциты, циркулирующие иммунные комплексы.

INFORMATION TECHNOLOGY

The intelligent service control efficiency evaluation method

B. Pustovyi

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine
Corresponding author. E-mail: b.pustoviy@gmail.com

Paper received 31.05.17; Accepted for publication 10.06.17.

Abstract: intelligent service control efficiency appraisal criterion is proposed. By building of the criterion into consideration are taken, besides technical and economical characteristics, also the character of the incoming flow and the degree of the user satisfaction of the service quality. There is presented an example of the proposed criterion calculation for the centralized and decentralized principle of intelligent service control in the next generation networks.

Keywords: intelligent service; next generation networks; quality criterion; service quality; decentralized principle; centralized principle.

Actuality. For the first time the notion of the “intelligent service” and the “intelligent superstructure” was introduced in 1990 in the intelligent networks. The intelligent networks conception wasn’t able to guarantee the necessary diversity of services and it hasn’t gained the development which was predicted to it [2], but it laid the basis for the intelligent services support which services afterwards were used at the next stage of telecommunication network development – the next generation networks (NGN – Next Generation Networks).

Intelligent services (IS) are called services which are rendered to the customer by the help of the special devices – an intelligent superstructure. The first such service of this kind in the 70’s in the USA has become the service Freephone or service “800” as it was also called.

At the present moment the IS-list has grown considerably, there have appeared such services as: Premium Rate Service (the calls with adding of an additional payment, for example,

for an access to the informational resources or for taking part at the telephone lotteries, voting and suchlike), Prepaid Calling (prepaid calls with an access of the customers according to the passwords), Least Cost Routing (the forwarding by the most profitable route), VAS (Value Added Services) and a variety of other services.

Outgoing of the report delivered by the National commission which performs state regulation in the sphere of communication and informational support of Ukraine, during 9 months of 2016 (table 1) [7], one can observe the immense tempo of the income increasing from IS-rendering. The incomes from rendering of the “Other services” in which the IS-incomes are included have increased 657,9 million UAH in comparison with the same period of the last year, and their relative share has increased 2,7% (Fig.1). The demand for IS is increasing drastically, and it signifies that the questions of the IS-control efficiency are becoming more and more actual.

Table 1. Rendering communication services incomes for 9 months of 2015-2016 years.

	Communication services rendering incomes		Tempos of increasing (decreasing), %	The incomes relative share in the general income value of communication, %	
	9 months of 2015 year	9 months of 2016 year		9 months of 2015 year	9 months of 2016 year
Incomes – total, including:	41377,3	45568,4	110,1	100,0	100,0
Telecommunication services	37052,4	39203,8	105,8	89,6	86,1
Post communication services	2867,4	3525,3	122,9	6,9	7,7
Other services	1457,5	2839,3	194,8	3,5	6,2

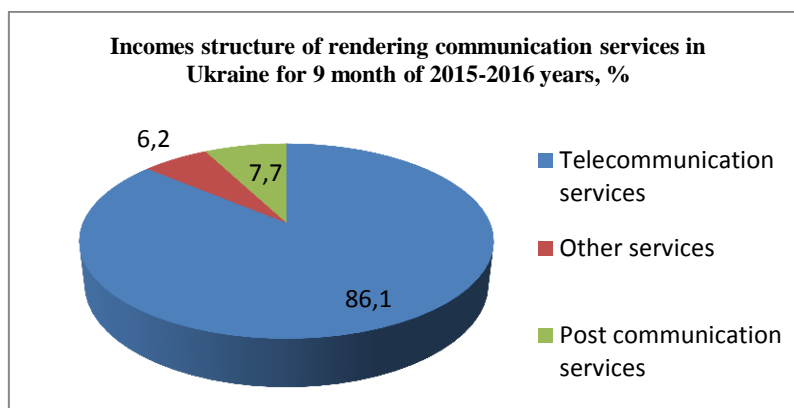


Fig. 1. Incomes of communication services rendering (millions of UAH)

Publications analysis. The questions connected with IS-control efficiency valuation methods research are discussed in publications of V.Steklov, L.Berkman [9], N.Kniaseva [5, 6], S.Shestopalov [13]. In the publications [5, 13] the control device is considered as mass service system – MSS (by centralized control principle) or as mass service network MSN (by decentralized or mixed control principles). The arriving flows of orders for services are considered as exponential ones. But in the result of using of exponential models the received MSS (MSN) characteristics appear more optimistic than characteristics of real networks because the flows in the real networks possess properties of self-similarity.

The problem definition. Among the questions dedicated to the transition to NGN on of the most important and actual is the question of evaluation of efficient control of IS in NGN. The IS-control efficiency evaluation is connected with the network architecture analysis, with the control system building principle and with the IS-control efficiency resulting criterion development.

At the present stage of NGN conception development there is used an intelligent superstructure with centralized control principle (ISCCP). The network with such architecture is presented in Fig.2 [5].

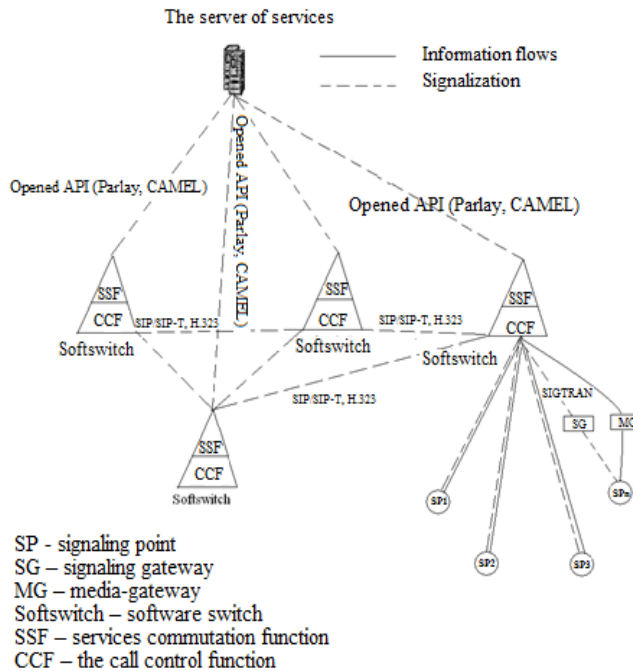


Fig. 2. NGN architecture with ISCCP

In the general case ISCCP contains only one control center (services server). On this server there are all necessary data for performance of service of order on IS.

But in some cases the utilization of ISCCP leads to the following:

1. There can appear a problem connected with the limited pass-through capacity of the signalization network and with the limited services control centers capacity.
2. There exist the kinds of services which according to their properties are not intended for the centralized performance. These are services in which a great pass-through capacity of the signalization network is needed.
3. There exists a variety of services which demand an immediate processing.

A solution of these problems may be the use of intelligent superstructure with decentralized control principle (ISDCP). The ISDCP network is presented in the Fig.3 [13].

In ISDCP are present several commutation services nodes (the program commutator) and several rendering services control nodes (servers). Two approaches to ISDCP functioning can be discussed [4]. In the first approach every server contains servicing logic of all classes of services (universal server). The second approach involves using of specialized servers (a server contains the service logic only for some definite service classes). There can be also provided the possibility of delivering services of a certain class on several servers for the case of breakdown of every server.

For the efficiency evaluation of the IS ISCCP and ISDCP control a development of the control efficiency criterion is necessary.

The proposed solution method. In the present work on the basis of the conducted investigations [4, 5, 13] and ITU [7] recommendations there were proposed the following constituent parts (subcriteria) of the IS-control efficiency criterion:

1. Technical subcriteria: the time of presence of the order for the IS in the network – T , the order blocking probability – P , the number of the orders which are waiting for service – L .
2. Economical subcriterion – the general value of the control device (by the corresponding control principle) – C .
3. The subcriterion taking into account the character of the incoming flow of orders for servicing – H .
4. The subcriterion which characterizes the degree of user’s satisfaction of the service quality – Π .

1. Technical subcriteria

For the technical subcriteria calculation ISCCP is presented as one-channel mass servicing system (MSS), and ISDCP – as mass servicing network (MSN). Let us consider that the number of places in the server queue is not limited and the discipline FIFO (first came – first serviced) is used. The control device is able to serve simultaneously only one order. Servers have a constant time of servicing of the order of the correspondent class. The MSS (ISCCP) characteristics are calculated in the following way [1, 13].

On the basis of the calculation of the stationary probabilities of p_z conditions of MSS we’ll get the way of technical subcriteria calculating for MSS (ISCCP).

The average number of orders in the queue of \bar{L}_{ISCCP} is calculated as a sum of probabilities of p_z conditions, by which there is an order in the queue.

$$\bar{L}_{ISCCP} = \sum_z m_z p_z, \quad (1)$$

where z – is a counting number of the conditions by which there is an order in the queue, m_z – the number of orders in the queue in condition z .

The average number of orders in the system \bar{M}_{ISCCP} is calculated as a sum of probabilities of conditions by which a server services an order and when there is an order in the queue. If in a certain condition there are m orders in the queue and there is an order for servicing in the server, then the probability of these conditions must be multiplied by $m+1$.

$$\bar{M}_{ISCCP} = \sum_q (m_q + 1) p_q, \quad (2)$$

where q – the counting number of the conditions by which a server services this order and when there is an order in the queue.

The probability of the loss of order \bar{P}_B is calculated as the sum of the probabilities of the conditions by which the queue is filled up:

$$\bar{P}_B = \sum_v p_v, \quad (3)$$

where v – is the counting number of conditions by which the queue is filled up.

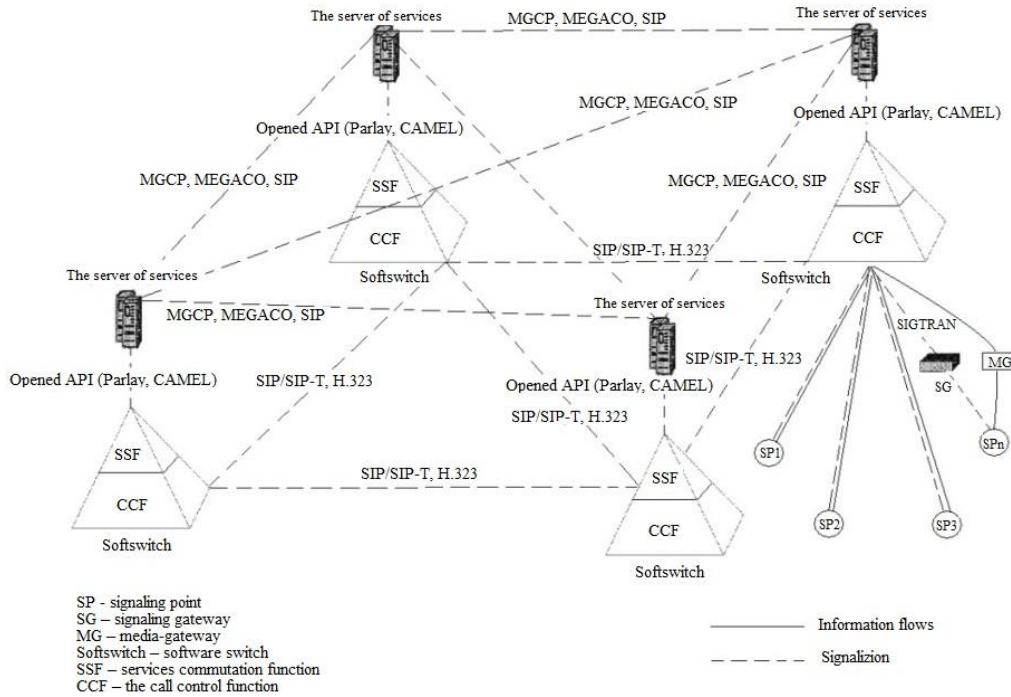


Fig. 3. The NGN architecture with ISDCP

On the basis of the calculation of the stationary probabilities of p_z conditions of MSN we'll get the way of calculation of the technical subcriteria for MSN (ISCCP).

The average number of orders in the queue the i -server \bar{L}_i is calculated as the sum of the probabilities of the conditions by which in the queue of the i -server an order is present. When in the definite condition in the queue m orders are present, then the probability of this condition must be multiplied by m .

$$\bar{L}_i = \sum_z m_z p_z, \quad (4)$$

where z – is a counting number of the conditions by which in the queue of the i -server an order is present.

Then the general length of the queue by ISCCP:

$$\bar{L}_{ISDCP} = \sum_{i=1}^D \bar{L}_i, \quad (5)$$

where D – is a number of servers.

The work load of servers is defined as a sum of probabilities of the conditions by which the corresponding server is busy with orders servicing:

$$\rho_i = \sum_l p_l, \quad (6)$$

where l – is a counting number of conditions at which i -server is busy with servicing of the orders.

The productive capacities of the i -nodes (the serviced orders intensity) are defined by formula:

$$\lambda_i' = \rho_i \mu_i. \quad (7)$$

The orders loss probability on the corresponding server is calculated as follows:

$$\bar{P}_{bi} = 1 - \frac{\lambda_i'}{\lambda_{\Sigma}}, \quad (8)$$

where λ_{Σ} – is the sum of intensities of all flows of orders which came to the i -server.

The orders loss probability in the control system:

$$\bar{P}_{bj} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^D \lambda_i'}{\sum_{i=1}^D \lambda_i} \quad (9)$$

According to the formula introduced by Little [9] at any character of the orders flow, by any servicing time distribution and by any servicing discipline the average time of the presence of the order in the system (the queue) is equal to:

$$T_{syst} = \frac{1}{\lambda} L_{syst}, \quad (10)$$

where L_{syst} – is an average number of orders in the system, λ – the incoming orders flow intensity.

2. Economical subcriterion.

One of the subcriteria of the criterion of the control efficiency of IS both of ISCCP and of ISDCP in NGN is the value of IS – \bar{C} , to be more exact, the net present value C . The C calculation formulas for ISCCP and ISDCP would be identical in their general terms.

We'll introduce the following symbols for the calculation:

P – the IS introduction incomes volume;

B_u – an investment capital;

B_e – the recurrent expenses for IS;

T – the IS realization and exploitation period (the number of years);

t – the counting number of every year;

r – the annual reference rate.

C can be defined as a general difference between deduced incomes and deduced expenses for IS after all years of realization and exploitation:

$$C = \sum_{t=1}^T \frac{(P_t - B_{ut} - B_{et})}{(1+r)^{t-1}} \quad (11)$$

3. The subcriterion taking into account the character of the orders flow coming to IS.

In the contemporary investigations [11, 12] is shown that the network traffic possesses the pronounced properties of self-similarity. Taking into account these properties allow characterizing more exactly the behavior of the network traffic than by using of exponential models. For this very reason by the IS-control efficiency evaluation a subcriterion is introduced which takes into account the self-similarity property of the orders flows coming for servicing.

The taking into consideration of the incoming flow character is realized on the basis of introducing of the Herst parameter H , $0 < H < 1$, defined for the temporal series $x(t_i)$, t_i – the discrete moments of time, $1 \leq i \leq N$. If $H > 0.5$, then the investigated flow possesses a long-term memory and it is self-similar [11, 12].

4. Subcriterion taking into account users' opinion.

In publications concerning IS – control efficiency evaluation [5, 13] are considered preferentially the technical characteristics in correspondence with requirements to the network quality indicators for services based on the IP [10]. However, outgoing of the up-to-date ITU-recommendations [7], by evaluation of telecommunication service it is necessary to take into account the degree of satisfaction of the users of the service quality what can be realized, for instance, by using of approaches presented in the work [4].

Consequently, the IS-control efficiency criterion – Q is presented in the vector form:

$$\vec{Q} = (T, P, L, C, H, \Pi) \quad (12)$$

By comparing of the control devices efficiency with the different principles of control on the basis of the vector criterion in the form (12) it is necessary that all subcriteria of the control device with a definite control principle should correspond to analogic subcriteria of the control device with the another control principle. However, it is not always possible to compare the control devices with various control principles with the help of the vector the elements of which these subcriteria are. The most frequently at first the vector criterion is formed and after that there is realized a transition to the resulting scalar criterion (RSC) by 10 methods presenting the possibility of quantitative evaluation of the IS-control efficiency [9, 13].

For creation of RSC an additive utility function is used [6]:

$$Q(x) = \sum_{k=1}^S \mu_k Q_k(x), \mu_k \geq 0, \sum_{k=1}^S \mu_k = 1, \quad (13)$$

where Q_k is the k -subcriterion value and it is usually presented in number of points in point system accepted; μ_k – weight coefficient defining the k -subcriterion significance; S – the number of subcriteria.

For determination of the subcriteria weight coefficients values there are usually used expert estimations on which basis the priorities matrix [9] is formed. By creation of the priorities matrix the Kendall's concordation coefficient W_k , which characterizes the concordation degree of experts by assessment of marks, must satisfy the condition $W_k \geq 0.7$.

The results obtained. The main point of the proposed IS-control efficiency evaluation method consists in the following.

A certain counting number is assigned to every of subcriteria which number corresponds to their sequence. By that the sequence of subcriteria is organized corresponding to their weight coefficients which were obtained on the basis of the experts' assessments. The results of these assessments are places into the priorities matrix in the form of table 2.

In every row of the priorities matrix there is indicated for every k -subcriterion ($k = \overline{1, n}$, where k – is the number of the given subcriterion, n – is the number of subcriteria), its weight characteristics relative to other subcriteria. For example, by expert comparison of the subcriteria T and P was obtained that weight characteristics of the subcriterion T are twice as much as such characteristics of the subcriterion P ; then in the string T and in the column P the index "2" is logged, and in the string P and in the column T – the index "1" is logged. Analogically the other priority matrix elements are logged. In the last column of the priority matrix 11 there is formed a sum of weight characteristics for every subcriterion. The ratio of the indicated sums gives the possibility to determine the weight coefficient μ_k for every k -subcriterion.

Let us consider an example of evaluations of these subcriteria by experts which subcriteria were brought to the priorities matrix (Table 2):

Table 2. Priorities matrix

	T	P	L	C	H	Π	μ_k
T	0	2	5	5	5	10	27
P	1	0	1	2	5	5	14
L	1	1	0	5	5	5	17
C	1	1	1	0	5	2	10
H	1	1	1	1	0	1	5
Π	1	1	1	1	1	0	5

For determination of the weight coefficients μ_k we have a system of equations:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{27}{14}, \frac{\mu_2}{\mu_3} = \frac{14}{17}$$

from which $\mu_1 = 0,35$, $\mu_2 = 0,18$, $\mu_3 = 0,22$, $\mu_4 = 0,13$, $\mu_5 = 0,06$ и $\mu_6 = 0,06$

So for the example considered (table 2) the additive utility function has appearance:

$$Q(x) = 0,35Q_1(x) + 0,18Q_2(x) + 0,22Q_3(x) + 0,13Q_4(x) + 0,06Q_5(x) + 0,06Q_6(x)$$

For association of subcriteria which are disjoint to each other it is necessary to bring them to the unique system of assessment in the points. In the present case let us bring all subcriteria to five points scale of assessment.

In the table 3 there is presented an example of conversion into five points scale of the values for technical subcriteria. So for bringing of the T – subcriterion value into 5-points scale it is assumed: $0 \leq T < 200$ corresponds to 512 points, $200 \leq T < 400$ corresponds to 4 points and so on. By the same principle a scale for other subcriteria is created.

In table 4 is presented a transition scale into 5 points scale of the values of the other subcriteria – C , H and Π .

For the IS-control efficiency evaluation which is realized by ISCCP and ISDCP there was realized an imitational modeling. This modeling was conducted in the system NS-2. The modeled system consists of 100 subscribers generating or-

ders for IS, every order being presented by the group of 3-8 packets and every of them has size of 100 bites. The maximal length of the queue for servicing – 2000 orders. This modeling was conducted by the Herst index value $H=0,9$. The general cost of the control device was assumed $C=7000$

conventional units [13]. In table 5 are presented the modeling results by the various incoming flow intensity and the calculation of efficiency criterions of ISCCP function of utility $Q(x)$.

Table 3. Transition of the subcriteria values to 5 points scale

Assessment in points	T – time of presence of the order for IS in the network (ms)	P – order blocking probability	L – number of orders which are waiting for service
5	$0 \leq T < 200$	$0 \leq P < 0,02$	$0 \leq L < 1100$
4	$200 \leq T < 400$	$0,02 \leq P < 0,03$	$1100 \leq L < 1200$
3	$400 \leq T < 600$	$0,03 \leq P < 0,04$	$1200 \leq L < 1300$
2	$600 \leq T < 800$	$0,05 \leq P < 0,06$	$1300 \leq L < 1400$
1	$800 \leq T \leq 1\ 000$	$0,06 \leq P \leq 0,07$	$1400 \leq L \leq 1600$

Table 4. Transition of subcriteria values into five points scale

Assessment in points	C – value in conventional units	P – character of incoming flow (Index of Herst)	Π – quality category and user’s assessment
5	$0 \leq C < 6\ 000$	$0 \leq H < 0,2$	The highest (excellent)
4	$6\ 000 \leq C < 7\ 000$	$0,2 \leq H < 0,4$	High (good)
3	$7\ 000 \leq C < 8\ 000$	$0,4 \leq H < 0,6$	Average (acceptable: some part of users appreciates quality as unsatisfactory)
2	$8\ 000 \leq C < 9\ 000$	$0,6 \leq H < 0,8$	Low (bad: majority of users appreciates quality as unsatisfactory)
1	$9\ 000 \leq C \leq 10\ 000$	$0,8 \leq H < 1$	Unacceptable (not recommended)

Table 5. Calculations results for ISCCP

λ (Mbite s/sec)	T		P		L		C	H	Π	Q
	ms	points	units	points	units	points				
10	461,316	3	0,005944	5	970	5	3	1	5	3,8
20	469,667	3	0,011505	5	1077	5	3	1	5	3,8
30	479,486	3	0,01246	5	1180	4	3	1	4	3,52
40	518,677	3	0,02	4	1250	3	3	1	4	3,12
50	597,841	3	0,029	4	1300	2	3	1	3	2,84
60	656,752	2	0,033	3	1367	2	3	1	3	2,31
70	728,196	2	0,037	3	1398	2	3	1	2	2,25
80	813,7236	1	0,045	2	1415	1	3	1	2	1,5
90	908,26	1	0,051	1	1435	1	3	1	1	1,26
100	993,256	1	0,06	1	1555	1	3	1	1	1,26

The ISDCP efficiency criterion calculation – the additive utility function $Q(x)$ – was conducted by the following initial data: $C=1000$ conventional units, $H=0,9$. The calculations results are brought into table 6.

Table 6. The calculations results for ISDCP

λ	T	P	L	C	H	Π	Q
10	3	5	5	1	1	5	3,54
20	3	5	5	1	1	5	3,54
30	3	5	5	1	1	5	3,54
40	3	5	4	1	1	4	3,26
50	3	4	4	1	1	4	3,08
60	2	4	3	1	1	4	2,51
70	2	4	3	1	1	3	2,45
80	2	2	3	1	1	2	2,03
90	2	2	3	1	1	2	2,03
100	2	2	3	1	1	2	2,03

On the basis of the obtained results there were constructed graphs of the dependence of the additive utility functions values for ISCCP and ISDCP from the intensity of the incoming orders for IS – λ (Fig.4)

As it can be seen from the fig.4, by small values of the incoming intensity of the order λ , owing to the smaller cost of equipment and owing to small loads, ISCCP is more efficient. However by growing of λ the advantage of ISCCP on ISDCP becomes far less, and by $\lambda > 30$ 1/hour the efficiency of using ISDCP is greater than of using ISCCP.

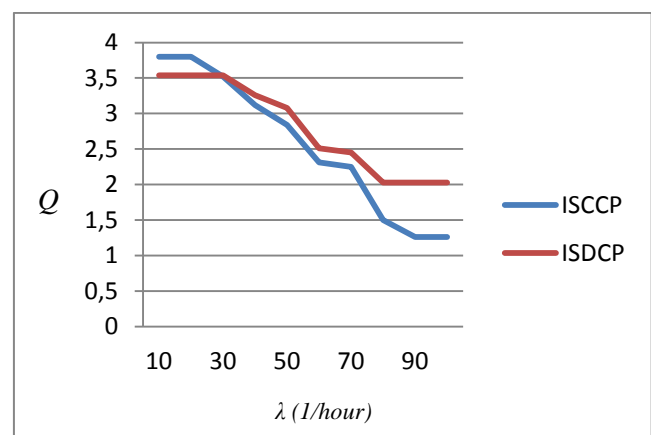


Fig.4. The graph of dependence of additive utility function from the intensity of incoming of orders for IS

The IS-control efficiency evaluation method presented in the actual work gives the opportunity of defining which of the control principles – ISCCP or ISDCP is more preferred to use by construction of IS- control system.

Conclusion. There is proposed a criterion of definition of the efficiency of the IS-control devices with different control principles. There is also given reasons for using of the following subcriteria of the proposed criterion:

- technical subcriterion;
- economical subcriterion;
- subcriterion taking into account the character of the incoming flow of orders for servicing;

- subcriterion characterizing the degree of satisfaction of the service quality.

There is proposed a method of calculation of the criterion of efficiency as an additive function of utility in which all the components are presented in the unified system of assessment of the points. There was conducted a calculation of criterion of ISCCP and ISDCP efficiency which calculation has shown the possibility of using of the proposed method for a definition of the sphere of preferred using of ISDCP and ISCCP in the conditions of the growing of the intensity of incoming traffic.

REFERENCES

1. Aliev T.I. The guidelines of the discrete systems modeling. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 363 .
2. Goldstein B.S. Ekhriel I.M., Rerle R.D. Intelligent networks. – М.: Radio and communication. – 2000 – 500 pages.
3. Goldstein A.B. Construction of NGN: IPCC vs. TISPAN /A.B.Goldstein, A.Attsik//Connect! The word of connection. – 2006. –№ 4. – Pages 90-95.
4. Calchenko A. Control of services quality in telecommunication networks //International journal “Information Models and Analyses” Vol.2 / 2013, Number 4. – 2013. – с.349-360.
5. Knyaseva N.O. Upgrading of services control quality by using of decentralized control system /N.O. Knyaseva, S.V.Shestopalov//Messenger ДУИКТ. – т.8. – №1 – К.: ДУИКТ, 2010р. – С. 21-28.
6. Knyaseva N.A. Methodical approaches to the network topology designing / Knyaseva N.A., Veres I.V.//Messenger of State university of information-communication technologies. - 2012. - т. 10, № 4. - С. 54-59
7. “International electro communication union (ITU)”,an official Internet – representation. – Access regime: <http://www.itu.int> (addressing date 20.03.2015 year).
8. “National commission performing state regulation in the sphere of communication and informational support”, an official Internet – representation. – Access regime: <http://www.nkrzi.gov.ua/index.php?r=site/index&pg=138&language=uk> (addressing date 27.01.2017 year).
9. Telecommunication networks designing /[V.K.Steklov, L.N.Berkman]. –Technique, 2002. – 792 pages.
10. The requirements to the network quality indices for services based on the IP – protocol: MSE-T.- Y.1541. – [Reedition. February. 2007 with changes.]. – Geneva, 2007. – 43 pages.
11. Tsybakov B.S. The teletraffic model on the basis of the semisimilar random probability process // Radiotechnique. 1999. - № 5. - С. 24-31.
12. Shelukhin O.I. Selfsimilarity and fractals / O.I. Shelukhin, A.V.Osin, S.M. Smolskij //edited by O.I. Shelukhin. – М.: FISMATLIT 2008. – 368 pages.
13. Shestopalov S.V. The quality of intelligent services control in the next generation networks // International Journal «Information Models and Analyses» Vol.2/2013, Number 3. – 2013. – p.262-274

Метод оценки эффективности управления интеллектуальным сервисом

Б. Л. Пустовой

Аннотация. Предложен критерий оценки эффективности управления интеллектуальным сервисом. При построении критерия во внимание взяты, помимо технических и экономических характеристик, также характер поступающего потока и степень удовлетворенности пользователей качеством сервиса. Представлен пример расчета предложенного критерия для централизованного и децентрализованного принципа управления интеллектуальным сервисом в сетях следующего поколения.

Ключевые слова: интеллектуальный сервис; сети следующего поколения; критерий качества; качество сервиса; децентрализованный принцип; централизованный принцип.

PHYSIOLOGY

Фізична працездатність та кровотік нижніх кінцівок

К. М. Гречко*, А. О. Кузнєцов, Г. М. Страколист

Запорізький національний університет, м. Запоріжжя, Україна
*Corresponding author. E-mail: katznu@gmail.com

Paper received 24.06.17; Accepted for publication 30.06.17.

Анотація. У роботі розглядається взаємозв'язок між кровообігом нижніх кінцівок і фізичною працездатністю. Отримані дані вказують на пряму залежність між рівнем загальної фізичної працездатності, кровообігом нижніх кінцівок та інтенсивністю зміни кровотоку шкіри на фоні фізичних навантажень.

Ключові слова: фізичне навантаження, шкірний кровотік, загальна фізична працездатність.

Вступ. Системний кровообіг є інтегративною ланкою в роботі різних фізіологічних систем організму; з високою чутливістю показує як поточні зміни в організмі, так і можливі функціональні зрушення і патологічні стани, які можуть виникнути в процесі життєдіяльності [1]. Це стосується і периферичного кровообігу, особливо в тих областях, які безпосередньо зв'язані з забезпеченням фізичної працездатності, зокрема, м'язової діяльності.

Добре відомо, що оптимальність показників кровообігу в нижніх кінцівках визначає і можливості м'язів цього регіону [2,3]. Також, враховуючи істотний внесок терморегуляції в рівень фізичної працездатності, великий інтерес представляють функціональні можливості кровотоку шкіри, який безпосередньо бере участь в регуляції температури організму як в спокої, так і, особливо, при фізичних навантаженнях [4-6].

Оцінка змін функціонального стану серцево-судинної системи є актуальною, зокрема, кровотоку шкіри та нижніх кінцівок. Враховуючи важливість теплорегуляційної складової в людей, які займаються спортивною діяльністю, нами було проведено дослідження для з'ясування взаємозв'язку регуляції артеріального кровотоку нижніх кінцівок, кровотоку шкіри та загальної фізичної працездатності (ЗФП).

Мета даної роботи – вивчення динаміки змін кровотоку шкіри та нижніх кінцівок на фоні дозованого фізичного навантаження в залежності від рівня фізичної працездатності.

Матеріали та методи. Дослідження проводилися на відносно здорових людях (45 чоловіків) у віці 18-23 років. Кровотік гомілки визначався методом тетраполяричної реовазографії. Реєструвалось пульсове кровонаповнення гомілки (АКг), яке відповідало амплітуді диференціальної реограми та хвилинне кровонаповнення гомілки (ХОКг) в положенні лежачи до та після дозованого велоергометричного навантаження [7].

За допомогою приладу SCM-101 (Польща) вимірювався електричний опір шкіри в 24 акупунктурних шкірних зонах (за Накатані) [8].

Тест PWC₁₇₀ для визначення загальної фізичної працездатності проводився на велоергометрі „Kettler” за стандартною методикою [9,10]. Визначались наступні показники загальної фізичної працездатності: відносний розмір PWC₁₇₀, відносно максимальне споживання кисню (вМСК), поріг анаеробного обміну (ПАНО), частота серцевих скорочень на рівні ПАНО (ЧСС_{ПАНО}), загальна метаболічна ємність (ЗМЕ). Отримані результати були

статистично оброблені за допомогою Microsoft Excel.

Результати та їхнє обговорення. Показники артеріального кровообігу нижніх кінцівок відповідають фізіологічній та віковій нормі [11].

Після закінчення фізичного навантаження реєстрація цих же показників показує збільшення АКг та ХОКг. При цьому відмічається, що ступінь збільшення кровонаповнення гомілки коливається в межах від 2 до 178% (табл.1).

Таблиця 1. Показники кровотоку гомілки в спокої та після дозованого фізичного навантаження (M±m)

Показник	До навантаження	Після навантаження	%
АКг (ом)	0,15±0,02	0,24±0,02	145
ХОКг (ом/хв)	10,4±2,0	32,3±2,0	283

Отримані результати із залученням проби PWC₁₇₀ вказують на пряму залежність між рівнем загальної фізичної працездатності й збільшенням кровотоку гомілки після фізичного навантаження. Найбільший приріст спостерігався, за пульсовим і хвилинним кровонаповненням, у обстежуваних з високим рівнем загальної фізичної працездатності і, навпаки, найменшому рівню загальної фізичної працездатності відповідав найменший приріст кровотоку нижніх кінцівок (табл.2).

Таблиця 2. Динаміка показників кровообігу нижніх кінцівок у залежності від рівня загальної фізичної працездатності

Рівень ЗФП	Тест PWC ₁₇₀	АКг (ом)	АКг (%)
низький	1160±56	0,09±0,002	33
середній	1352±31	0,23±0,001	98
високий	1712±43	0,98±0,001	156

Після фізичного навантаження розширення профілю складо 122% по нижній половині тулуба (табл. 3)

Таблиця 3. Рівень профілю електрошкірної провідності при проведенні тесту PWC₁₇₀

	Фон		Тест PWC ₁₇₀			
	права нога, μА	ліва нога, μА	права нога, μА	%	ліва нога, μА	%
F1	45,1	50,3	55,3	122,6	54,3	107,9
F2	47,1	40,7	55,5	117,8	49,5	121,6
F3	62,5	48,5	67,1	107,4	64,5	133,0
F4	48,7	36,5	50,7	104,1	46,3	126,8
F5	42,5	37,7	53,5	125,9	52,1	138,2
F6	42,1	46,6	60,5	143,7	53,7	115,2
—						
χ	48 ± 3,08	43,4 ± 2,37	57,1 ± 2,35	120,2 ± 4,1	53,4 ± 2,5	123,8 ± 4,7

Збільшення кровотоку шкіри по правій і лівій кінців-

кам було однаковим при недостовірно більшому збільшенні кровотоку по лівій кінцівки, що видається природним, з огляду на нижчий вихідний рівень кровотоку.

Розширення профілю електрошкірної провідності (ПЕП) у досліджуваних було відносно рівномірно за всіма акупунктурними зонами, які реєструвалися.

На тлі велоергометричної проби збільшення кровотоку шкіри спостерігається, більшою мірою, у людей з високим рівнем фізичної підготовленості, в той час як найменший приріст показників профілю електрошкірної

провідності знаходить своє відображення в низьких величинах PWC_{170} (табл. 4).

Таким чином, за допомогою неінвазивного вимірювання кровотоку шкіри і його динаміки можна судити про ступінь адекватності фізіологічного стану організму його фізичним можливостям. Відповідно одержуваним результатам з'являється можливість планувати і коригувати тренувальні навантаження відповідно до поточного функціонального профілю спортсмена.

Таблиця 4. Залежність рівня загальної фізичної працездатності і змін шкірного кровотоку нижніх кінцівок на фоні дозованого фізичного навантаження

Рівень ЗФП	Показники загальної фізичної працездатності		Зміни кровотоку шкіри нижніх кінцівок (у % до фону)
високий	PWC_{170} (кгм/хв/кг)	$28,21 \pm 1,02$	$160 \pm 4,2$
	ВМСК (мл/хв/кг)	$70,45 \pm 2,25$	
	ПАНО	$78,22 \pm 2,38$	
	$ЧСС_{ПАНО}$ (уд/хв)	$179 \pm 4,1$	
	ЗМЄ (у.о.)	$260 \pm 5,2$	
середній	PWC_{170} (кгм/хв/кг)	$19,23 \pm 1,15$	$120 \pm 3,7$
	ВМСК (мл/хв/кг)	$61 \pm 3,09$	
	ПАНО	$66 \pm 3,18$	
	$ЧСС_{ПАНО}$ (уд/хв)	$164 \pm 3,52$	
	ЗМЄ (у.о.)	$190 \pm 4,23$	
низький	PWC_{170} (кгм/хв/кг)	$13,52 \pm 0,9$	$103 \pm 3,0$
	ВМСК (мл/хв/кг)	$39,38 \pm 2,3$	
	ПАНО	$51,23 \pm 2,6$	
	$ЧСС_{ПАНО}$ (уд/хв)	$144 \pm 4,8$	
	ЗМЄ (у.о.)	$160 \pm 5,3$	

Після стандартного фізичного навантаження розширення профілю електрошкірної провідності по правій нижній кінцівки становило 20,2%, по лівій 23,8%. Ці дані демонструють реакцію по збільшенню шкірного кровотоку на фоні фізичного навантаження.

Отримані дані дозволяють диференційно підійти до оцінки залежності фізичної працездатності та кровотоку нижніх кінцівок і кровотоку шкіри.

Висновки. Виявлені відмінності в кількісній зміні кровотоку шкіри та нижніх кінцівок у відповідь на фізичне навантаження, синергічні показникам фізичної працездатності. Чим вище загальна фізична працездатність, яка реєструється за показником PWC_{170} , тим більший приріст кровотоку гомілки та шкіри.

На основі отриманої інформації й, що формується на її основі нормативної бази, можлива оцінка різних функціональних розладів, предпатологічних і патологічних станів. Це може допомогти в більш коректному використанні профілактичних і реабілітаційних засобів оптимізації функціонального стану та працездатності спортсменів.

Враховуючи, що спортивна діяльність супроводжується застосуванням широкого спектра фізіотерапевтичних, фармакологічних та інших засобів корекції, оцінка кровотоку шкіри дозволяє більш об'єктивно реєструвати ті зміни в стані кровообігу, які виникають як кінцевий результат застосування цих засобів.

Метод виміру електричного опору шкіри є інформативним для оцінки термінових адаптивних змін функціонального стану організму під впливом фізичних навантажень.

Встановлена пряма залежність між рівнем загальної фізичної працездатності й інтенсивністю збільшення артеріального кровотоку нижніх кінцівок (гомілок) та шкіри на фоні дозованих фізичних навантажень. Ця залежність має синергічний характер.

Встановлена пряма залежність між рівнем загальної фізичної працездатності й інтенсивністю збільшення артеріального кровотоку нижніх кінцівок (гомілок) та шкіри на фоні дозованих фізичних навантажень. Ця залежність має синергічний характер.

ЛІТЕРАТУРА

1. Морман Д. Физиология сердечно-сосудистой системы / Д. Морман, Л. Хеллер. – СПб., Питер. – 2000. – 256 с.
2. Савка Ю.М. Особливості гемодинамічного забезпечення дозованих фізичних навантажень в залежності від типу саморегуляції кровообігу : Автореф. дис. ... канд. мед. наук / Ю. М. Савка. – К., 2001. – 17 с.
3. Русанов В.Б. Системные изменения центральной гемодинамики в условиях адаптации к физическим нагрузкам на выносливость // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2009. – № 8. – С. 267–275.
4. Коваленко С.О. Регуляторні ритми гемодинаміки та їх індивідуальні особливості у людей : Автореф. дис. ... докт. біол. наук / С.О. Коваленко. – К., 2011. – 36 с.
5. Неборский С.А. Антропозіологічний підхід в біоритмологічному забезпеченні здоров'я / С.А. Неборский, Г.С. Белканія, К.С. Неборская // Вестник спортивной науки. – 2012. – №2. – С. 39–43.
6. Holowatz L. Peripheral mechanisms of thermoregulatory control of skin blood flow in aged humans / Lacy A. Holowatz, W. Larry Kenney. // Journal of Applied Physiology Published. – 2010. Vol. 109. – №5. – P. 1538–1544.
7. Смирнов И.В. Функциональная диагностика. ЭКГ, реография, спирография / И.В. Смирнов, А.М. Старшов. – М.: Эксмо, 2008. – 224 с.
8. Nakatani Y. Aquide for Application of Ryodoraky Autonomous Nerve Regulatory Therapy. Tokyo: Japan. Soc. Ryodoraky Autonomous Nervous System, 1972. – 208 p.
9. Михалюк Є.Л. Функціональні проби в спортивній медицині.

- К.: ЗДМУ. – 2005. – 38 с.
10. Левушкин С.П. Комплексная оценка физической работоспособности юношей // Физиология человека. – 2001. – Т. 27. – № 5. – С. 68–75.

11. Власов Ю.А. Кровообращение и газообмен человека / Ю.А. Власов, Г.Н. Окунева. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1992. – 208 с.

REFERENCES

- Morman D. Physiology of the cardiovascular system / D. Morman, L. Heller. – St. Petersburg, Peter, 2000. – 256 p.
- Savka J.M. Hemodynamic provision peculiarities of dosed physical loadings depending on a type of blood circulation self-regulation : Avtoref. dis. ... kand. med. nauk / J.M. Savka. – K., 2001. – 17 p.
- Rusanov V.B. System changes of central hemodynamics during adaptation to physical endurance exercises // Bulletin of Chelyabinsk State Pedagogical University. – 2009. – № 8. – P. 267-275.
- Kovalenko S.O. Regulatory rhythms of haemodynamics and their individual peculiarities at people: Avtoref. dis. ... doct. med. nauk / S.O. Kovalenko. – K., 2011. – 36 p.
- Neborsky S.A. Antropophysiological approach in biorythmological providing of health / S.A. Neborsky, G.S. Belkania, K.S. Neborskya // Vestnik sportivnoy nauki. – 2012. – №2. – P. 39–43.
- Holowatz L. Peripheral mechanisms of thermoregulatory control of skin blood flow in aged humans / Lacy A. Holowatz, W. Larry Kenney. // Journal of Applied Physiology Published. – 2010. Vol. 109. – №5. – P. 1538–1544.
- Smirnov I.V. Functional diagnostics. ECG, rheography, spirometry / I.V. Smirnov, A.M. Starshov. – M.: Eksmo, 2008. – 224 p.
- Nakatani Y. Aquide for Application of Ryodoraky Autonomous Nerve Regulatory Therapy. Tokyo: Japan. Soc. Ryodoraky Autonomous Nervous System, 1972. – 208 p.
- Mihalyuk E.L. Functional tests in sports medicine. – K.: ZGMU. – 2005. – 38 p.
- Levushkin S.P. Comprehensive assessment of the physical performance of young men // Human Physiology. – 2001. – Vol. 27. – № 5. – p. 68-75.
- Vlasov Y.A. Blood circulation and gas exchange / Y.A. Vlasov, G.N. Okunev. – Novosibirsk: Science, Sib. Deposition, 1992. – 208 p.

Physical efficiency and lower limb blood flow

E. N. Grechko, A. A. Kuznetsov, A. N. Strakolyst

Abstract. The paper considers the relationship between the lower limb blood circulation and physical efficiency. The obtained results point to the direct dependence between the level of overall physical efficiency, lower limb blood circulation, and the intensity of changes in the skin blood flow at physical activity.

Keywords: *physical activity, skin blood flow, overall physical efficiency.*

Физическая работоспособность и кровоток нижних конечностей

Е. Н. Гречко, А. А. Кузнецов, А. Н. Страколист

Аннотация. В работе рассматривается взаимосвязь между кровообращением нижних конечностей и физической работоспособностью. Полученные данные указывают на прямую зависимость между уровнем общей физической работоспособности, кровообращением нижних конечностей и интенсивностью изменения кровотока кожи на фоне физических нагрузок.

Ключевые слова: *физическая нагрузка, кожный кровоток, общая физическая работоспособность.*

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: ViktoryS1987@ukr.net

Paper received 23.06.17; Accepted for publication 29.06.17.

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, advancing 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.

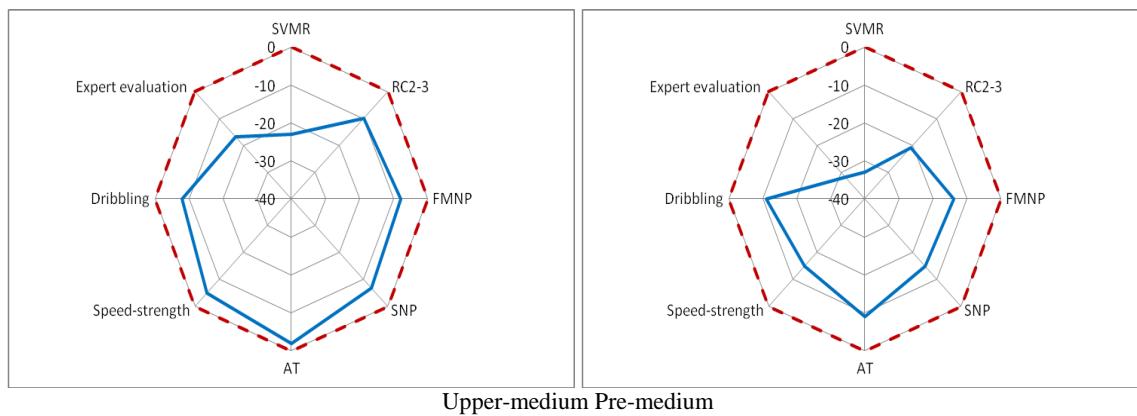


Fig. 1. Profiles of neurodynamics, bioenergetics indicators, expert evaluation and special preparedness of the football players with upper-medium and pre-medium level of the FMNP model, preparedness of players

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

- Akhmetov I.I. Molecular genetics of sport / I.I. Akhmetov. – M.: Sov. sport, 2009. – 268 p.
- 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.
- 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.
- Iliin V.M. Fundamentals of molecular genetics of muscular activity: textbook / V.M. Iliin, S.B. Drozdovska, V.S. Lyzogub, O.P. Bezkopylnyi. – K.: Olympic literature, 2013. – 112 p.
- 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.
- 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.
- Korobeinykov H.V. Evaluation of sportsmen's psychophysiological conditions / H. Korobeinykov, Y. Prystupa, L. Korobeinykova, Y. Briskyn. – Lviv: LSUPC, 2013. – 312 p.
- Kostiukevych V.M. Management of training process of football players in annual cycle of training / V.M. Kostiukevych. – Vinnytsia: Planer, 2006. – 684 p.
- Lysenchuk H.A. Football / H.A. Lysenchuk, V.V. Solomonko, O.V. Solomonko. – K.: Olympic Literature, 2007. – 288 p.
- 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.
- Ostashov P.V. Predicting a football player's abilities / P.V. Ostashov. – Moscow: Physical Culture and Sport. – 1982. – 96 p.
- 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.
- 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.
- Rogozkin V.A. Rogozkin V.A. 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.
- Sergienko L.P. Fundamentals of sport genetics: Textbook for higher schools / L.P. Sergienko. – M.: Higher school., 2004. – 631 p.
- Shamardin V.N. Medical and biological fundamentals of sport training of football players / V.N. Shamardin. – Dnepropetrovsk, 1998. 133 p.
- Bouchard C. Genetics and Physical Performance / C. Bouchard, R. Malina, L. Perusse // Human Kinetics, 1997. – 400 p.
- 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.
- Hoff, J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 23(6), 573-582.
- Lippi G, Longo U.G., Maffaulli N., Genetics and Sports // *Br. Med. Bull.* – 2009. – DOI:10. 1093/bmb/ldp007.
- Mooren F. C. Molecular and cellular exercise physiology / F. C. Mooren, K. Volker. – Human Kinetics, 2005. – 451 p.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports Medicine*, 35(6), 501-536.

TECHNICAL SCIENCES

Оценка эффективности обсервованных координат судна при избыточных линиях положения, полученная имитационным моделированием

Б. М. Алексейчук, В. Е. Сикирин, Д. В. Астайкин

Национальный Университет «Одесская Морская Академия», Одесса, Украина
Corresponding author. E-mail: burmaka-mob@ukr.net

Paper received 20.06.17; Accepted for publication 28.06.17.

Аннотация. С помощью имитационного моделирования получена оценка эффективности обсервованных координат судна при избыточных измерениях, вычисленных методом наименьших квадратов, в случае, когда погрешности линий положения подчиняются смешанным законам распределения. Вычислены значения эффективности координат по аналитическим выражениям в зависимости от существенного параметра распределения. Оценки эффективности координат судна, полученные имитационным моделированием, и рассчитанные по аналитическим выражениям, имеют хорошую сходимость.

Ключевые слова: избыточных измерения, эффективности координат судна, метод наименьших квадратов, смешанные законы распределения, имитационное моделирование.

Введение. Определение места судна с помощью нескольких изолиний обобщено с помощью метода линий положения, при котором изолиния заменяется линией положения в районе счислимой точки судна. При наличии избыточных линий положения выбор обсервованных координат производится таким образом, чтобы их точность была максимальной. Это достигается расчетом координат методом максимального правдоподобия, алгоритм расчета которого однозначно определяется законом распределения вероятностей погрешностей линий положения. Так как до недавнего времени считалось, что случайные погрешности измерений навигационных параметров, как и погрешности линий положения, подчиняются нормальному закону распределения вероятностей, то расчет обсервованных координат производится методом максимального правдоподобия для нормального закона. Однако в течение последних 30 лет исследования случайных погрешностей измерения навигационных параметров показали, что их законы распределения зачастую отличаются от закона Гаусса. Поэтому в случае расчета обсервованные координаты при избыточных линиях положения методом наименьших квадратов может происходить потеря их точности. Эффективность обсервованных координат, полученных при определении места судна по избыточным линиям положения и рассчитанных методом наименьших квадратов, характеризует потерю их точности при распределении погрешностей линий положения по закону отличному от закона Гаусса.

Краткий обзор публикаций по теме. В работах [1, 2] анализируются статистические данные погрешностей навигационных измерений, полученные в натурных наблюдениях, и показано, что погрешности не подчиняются нормальному закону распределения. Как указывается в работе [3], анализ статистических материалов показал, что предположение о распределении случайных погрешностей определения широты и долготы по закону Гаусса не является корректным и требует альтернативного подхода. Смешанные законы двух типов, альтернативные нормальному закону, предложены для описания случайных погрешностей навигационных измерений в работе [4], а в работе [5] с этой же целью предложен обобщенный закон Пуассона.

Оценка эффективности обсервованных координат судна при избыточных линиях положения произведена в работе [6], показано, что при смешанных законах распределения эффективность меньше единицы, и с ростом существенного параметра она стремится по величине к единице.

Цель. Цель настоящей статьи - проверка корректности аналитических выражений для оценки эффективности обсервованных координат судна при избыточных линиях положения с помощью имитационного моделирования.

Материалы и методы. Как показано в работе [7], анализ статистических материалов, полученных в натурных наблюдениях в реальных условиях эксплуатации, показал, что погрешности измерений навигационных параметров подчиняются смешанным законам распределения двух типов, плотности которых имеют вид [4]:

$$f_1(x) = \frac{2^n \alpha^{n+\frac{1}{2}} n!}{\sqrt{2\pi} 1 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (2n-1)} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{n+1}}, \quad (n \leq 6)$$

$$f_2(x) = \frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot \dots \cdot (2n+1) \alpha^{n+1}}{\sqrt{2} 2^{n+1} n!} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{n+3/2}}, \quad (n \leq 5) \quad (1)$$

где α - масштабный параметр;
 n - существенный параметр.

При определении места судна при избыточных линиях положениях, погрешности которых распределены по смешанным законам распределения, если обсервованные координаты рассчитываются методом наименьших квадратов, то их эффективность можно оценить с помощью выражения [8]:

$$e = \frac{q^2}{ps},$$

где несобственные интегралы p, q и s имеют следующий вид:

$$p = \int_{R_1} f(\xi) \left\{ \left[\frac{\partial \phi(\xi)}{\partial \xi} \right]^2 \right\} d\xi,$$

$$q = \int_{R_1} f(\xi) \left\{ \frac{\left[\frac{\partial^2 \phi(\xi)}{\partial \xi^2} \phi(\xi) \right] \phi(\xi) - \left[\frac{\partial \phi(\xi)}{\partial \xi} \right]^2}{\phi^2(\xi)} \right\} d\xi \quad \text{и}$$

$$s = \int_{R_1} \frac{\left[\frac{\partial f(\xi)}{\partial \xi} \right]^2}{f(\xi)} d\xi,$$

причем $\phi(\xi) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{x^2}{2\sigma^2})$ - плотность нормального распределения; $f(\xi)$ - плотность смешанного закона распределения (1).

В книге [9] показано, что для смешанного закона распределения первого типа с плотностью $f_1(x)$ выражения (1) несобственные интегралы

$$q = -\frac{1}{\sigma^2}, p = \frac{1}{\sigma^4} \frac{2\alpha}{2n-1}, s = \frac{(n+1)(2n+1)}{2\alpha(n+2)}.$$

Следовательно, в этом случае эффективность:

$$e_1 = 1 - \frac{3}{2n^2 + 3n + 1}. \quad (2)$$

В той же книге получено выражение для эффективности смешанного закона распределения второго типа с плотностью $f_2(x)$ выражения (1), причем:

$$q = -\frac{1}{\sigma^2}, p = \frac{\alpha}{n\sigma^4}, s = \frac{(2n+3)(n+1)}{\alpha(2(n+5))}.$$

Выражение для эффективности:

$$e_2 = 1 - \frac{3}{2n^2 + 5n + 3}. \quad (3)$$

Анализ выражений (2) и (3) показывает, что эффективности e_1 и e_2 минимальные при $n = 5$ и возрастают с увеличением n .

Результаты и их обсуждение. С целью оценки эффективности обсервованных координат, полученных при избыточных линиях положения и рассчитанных методом наименьших квадратов проводилось имитационное компьютерное моделирование. Причем рассматривались случаи, когда погрешности линий положения подчинялись смешанным законам первого и второго типа. Для проведения имитационного моделирования использовался следующий алгоритм. По выбранному закону распределения вначале генерировалась выборка погрешностей ЛП, содержащая 1000 членов. Расчет координат каждой обсервованной точки производился по 8 линиям положения, элементы которых (переносы r_i и направления градиентов α_i) задавались относительно истинного места судна. Следовательно, переносы r_i линий положения равны их погрешностям ξ_i . Направления градиентов α_i при имитационном моделировании выбирались равными 30°, 75°, 120°, 165°, 210°, 255°, 300° и 345°.

Из сгенерированной выборки получили 125 обсервованных точек, приращения координат X и Y которых являются проекциями векториальной погрешности, позволяющим рассчитать ковариационную матрицу векториальной погрешности обсервации. Формирование 125 обсервованных точек повторялось четыре раза, а их полученные координаты сохранялись, в результате чего накапливалась выборка V_{500} координат векториальной погрешности численностью 500 значений. Учитывая, что векториальная погрешность определяется относительно истинного места судна, при имитационном моделировании для оценки эффективности обсервованных координат необходимо использовать не дисперсии проекций X и Y, а их вторые начальные моменты.

Расчет обсервованных координат компьютерной программой имитационного моделирования производился

как методом наименьших квадратов, так и методом максимального правдоподобия. В работе [9] приведены алгоритмы расчета координат обоими упомянутыми методами. Так проекции X и Y векториальной погрешности методом наименьших квадратов рассчитываются с помощью выражений:

$$X = \frac{CD - BE}{AD - B^2}, Y = \frac{AE - BC}{AD - B^2}, \quad (4)$$

$$\text{где } A = \sum_{i=1}^n \frac{\sin^2 \alpha_i}{\sigma_i^2}, \quad B = \sum_{i=1}^n \frac{\cos \alpha_i \sin \alpha_i}{\sigma_i^2},$$

$$C = \sum_{i=1}^n \frac{\sin \alpha_i}{\sigma_i^2} r_i, \quad D = \sum_{i=1}^n \frac{\cos^2 \alpha_i}{\sigma_i^2}, \quad E = \sum_{i=1}^n \frac{\cos \alpha_i}{\sigma_i^2} r_i.$$

В случае расчета координат методом наибольшего правдоподобия использовались выражения:

$$X = \frac{[\sum_{i=1}^n \frac{\sin \alpha_i}{(\xi_i^2 / 2 + \lambda_i)} (r_i - Y \cos \alpha_i)]}{\sum_{i=1}^n \frac{\sin^2 \alpha_i}{(\xi_i^2 / 2 + \lambda_i)}}, \quad (5)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\cos \alpha_i}{(\xi_i^2 / 2 + \lambda_i)} (r_i - X \sin \alpha_i)}{\sum_{i=1}^n \frac{\cos^2 \alpha_i}{(\xi_i^2 / 2 + \lambda_i)}}$$

которые составляют систему нелинейных уравнений и решение находится методом простых итераций.

При имитационном моделировании среднеквадратическое отклонение погрешности линии положения принималась равным 5. Для оценки эффективности обсервованных координат судна рассчитанных методом наименьших квадратов, погрешности линий положения которых подчиняются смешанным распределениям, генерировались выборки погрешностей ЛП по выбранному смешанному закону, а затем с помощью (4) рассчитывались обсервованные координаты методом наименьших квадратов и формировалась выборка

$V_{500}^{МНК}$ координат векториальной погрешности. По значениям тех же погрешностей производился расчет обсервованных координат методом максимального правдоподобия (5) и формировалась выборка $V_{500}^{ММП}$ составляющих векториальной погрешности. По данным выборкам производился расчет математических ожиданий и вторых начальных моментов $a_{2x}^{МНК}, a_{2y}^{МНК}$ и

$a_{2x}^{ММП}, a_{2y}^{ММП}$ составляющих X и Y векториальной погрешности. После чего вычислялись значения вторых начальных моментов $a_{2R}^{МНК} = a_{2x}^{МНК} + a_{2y}^{МНК}$ и $a_{2R}^{ММП} = a_{2x}^{ММП} + a_{2y}^{ММП}$ модуля векториальной погрешности, полученные соответственно при использовании метода наименьших квадратов и метода максимального правдоподобия. При имитационном моделировании эффективность обсервованных координат e_M , полученных методом наименьших квадратов, определяется

отношением вторых начальных моментов $a_{2R}^{ММП}$ и

$$a_{2R}^{МНК}, \text{ т. е. } e_M = \frac{a_{2R}^{ММП}}{a_{2R}^{МНК}}. \text{ Значения эффективности}$$

e_M сравниваются с соответствующими значениями эффективности e_T , рассчитанными теоретически по аналитическим выражениям (2) или (3).

В результате имитационного моделирования получены значения эффективности $e_M^{(1)}$ для распределения погрешностей линий положения по смешанному закону первого типа, которые сопоставлялись с рассчитанными по (2) значениями $e_T^{(1)}$. В табл. 1 показаны зависимости эффективности $e_M^{(1)}$, полученной при имитационном моделировании и $e_T^{(1)}$, рассчитанной аналитически по формуле (2), от значения существенного параметра n .

Таблица 1. Эффективности $e_T^{(1)}$ и $e_M^{(1)}$ смешанного распределения первого типа

n	1	2	3	4	5	6
$e_T^{(1)}$	0,5	0,8	0,893	0,934	0,955	0,968
$e_M^{(1)}$	0,507	0,626	0,704	0,791	0,843	0,890
$\delta e^{(1)} \%$	14	21,8	21,2	15,3	11,7	8

Анализ табл. 1 показывает, что процентное расхождение между эффективностями $e_T^{(1)}$ и $e_M^{(1)}$ не превосходит 21,8%.

Для распределения погрешностей линий положения по смешанному закону второго типа также было проведено имитационное моделирование, причем значения эффективности $e_M^{(2)}$, полученные при имитационном моделировании сопоставлялись со значениями $e_T^{(2)}$, которые рассчитаны по формуле (3). В табл. 2 показаны

зависимости эффективности $e_M^{(2)}$ имитационного моделирования и $e_T^{(2)}$, рассчитанной аналитически, от значения существенного параметра n .

Таблица 2. Эффективности $e_T^{(2)}$ и $e_M^{(2)}$ смешанного распределения второго типа

n	1	2	3	4	5
$e_T^{(2)}$	0,7	0,857	0,917	0,945	0,962
$e_M^{(2)}$	0,576	0,670	0,752	0,825	0,867
$\delta e^{(2)} \%$	17,7	21,8	18	12,7	9,9

Как показывает анализ табл. 2, расхождение между эффективностями $e_T^{(2)}$ и $e_M^{(2)}$ в процентном отношении меньше 22,0%. Проведенное имитационное моделирование показало хорошую сходимость оценок эффективностей, рассчитанных по аналитическим выражениям и полученных имитационным моделированием, что подтверждает корректность аналитического метода оценки эффективности обсервованных координат, рассчитанных методом наименьших квадратов.

При имитационном моделировании предусмотрено графические отображения рассеяния обсервованных точек относительно математического ожидания. Здесь в качестве примера на рис. 1 приведено рассеяние обсервованных точек, погрешности линий положения которых распределены по смешанному закону второго типа с существенным параметром $n=2$ (левый рисунок), причем расчет координат обсервованных точек производился методом наименьших квадратов, а на правом рисунке - методом максимального правдоподобия.

Таким образом, результаты имитационного моделирования подтвердили корректность аналитических выражений оценки эффективности обсервованных координат, рассчитанных методом наименьших квадратов при распределении погрешностей линий положения по смешанным законам обоих типов.

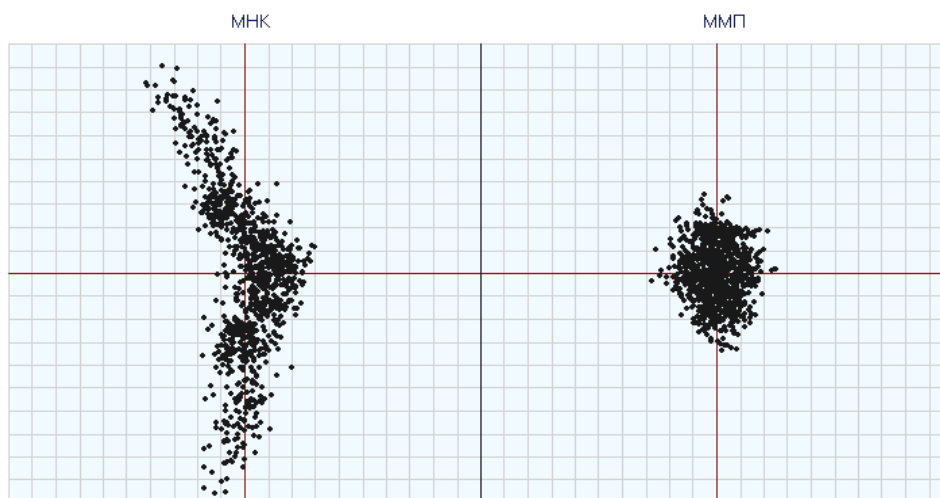


Рис. 1. Обсервованные точки, полученные МНК и ММП при $n=2$

Выводы

1. Приведены аналитические выражения плотности смешанных законов обоих типов распределения вероятностей погрешностей навигационных измерений, кото-

рые являются альтернативными закону распределения Гаусса.

2. Получены формулы для оценки эффективности обсервованных координат судна при избыточных измере-

ниях, вычисленных методом наименьших квадратов, в случае, когда погрешности линий положения подчиняются смешанным законам распределения, и рассчитаны численные значения эффективности в зависимости от существенного параметра распределения.

3. С помощью имитационного моделирования рассчитаны значения эффективности обсервованных координат судна, полученных по восьми линиям положения,

погрешности которых подчиняются смешанным законам распределения.

4. Оценки эффективности координат судна, полученные имитационным моделированием, и рассчитанные по аналитическим выражениям, имеют хорошую сходимость, что подтверждает корректность аналитических выражений оценки обсервованных координат.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / Кондрашихин В.Т. - М.: Транспорт, 1989. - 230с.
2. Hsu D. A. An analysis of error distribution in navigation / Hsu D. A. // The Journal of Navigation. – Vol. 32.- № 3. – P. 426 - 429.
3. Monteiro Luis. What is the accuracy of DGPS? / Sardinia Monteiro Luis, Moore Terry, Hill Chris. // J. Navig. 2005. 58, № 2, p. 207-225.
4. Астайкин Д.В. Идентификация законов распределения навигационных погрешностей смешанными законами двух типов / Астайкин Д.В., Алексейчук Б.М. // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2014. – Вып. 20. Одесса: ОНМА. – С. 3 – 9.
5. Сикирин В.Е. Описание навигационных погрешностей с помощью обобщенного распределения Пуассона/ Сикирин В.Е.// Судовождение: Сб. научн. трудов./ОНМА, Вып. 26. – Одесса: «ИздатИнформ», 2016 - С. 152 – 156.
6. Бурмака И.А. Оценка эффективности обсервованных координат судна при избыточных измерениях / Бурмака И.А., Астайкин Д.В., Алексейчук Б.М. // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. Санкт-Петербург.– 2016. – выпуск 1 (35). – С. 24 - 29.
7. Алексейчук Б.М. Идентификация закона распределения погрешностей измерений / Алексейчук Б.М., Пасечнюк С.С. // Судовождение: Сб. научн. трудов./ ОНМА, Вып. 27. – Одесса: «ИздатИнформ», 2016 - С.
8. Мудров В.М. Методы обработки измерений/ Мудров В.М., Кушко В.Л. - М.: Советское радио, 1976. -192 с.
9. Астайкин Д.В. Оценка точности координат судна при избыточных измерениях/ Астайкин Д.В., Сикирин В.Е., Ворохобин И.И., Алексейчук Б.М. – Saarbrucken, Deutschland/ Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 274 с.

REFERENCES

1. Kondrashikhin V.T. Location of ship / Kondrashikhin V.T. - M.: Transport, 1989. – 230s.
3. Monteiro Luis. What is the accuracy of DGPS? / Sardinia Monteiro Luis, Moore Terry, Hill Chris. // J. Navig. 2005. 58, № 2, p. 207-225.
4. Astayrin D.V. Authentication of laws of distributing of navigation errors by the mixed laws of two types /Astayrin D.V., Alekseychuk B.M.// Avtomatizatsiya sudovyh tehnicyskikh sredstv: nauch.-tehn. sb. – 2014. – Vyp. 20. Odessa: ONMA. – P. 3 – 9.
5. Sikirin V.E. Description of navigation errors by the generalized distributing of Puasson / Sikirin V.E.// Sudovozhdenie: Sb. nauchn. trudov./ONMA, Vyp. 26. – Odessa: «IzdatInform», 2016 - P. 152 – 156.
6. Burmaka I.A. Estimation of efficiency of coordinates of ship at the surplus measuring / Burmaka I.A., Astaykin D.V., Alekseychuk B.M. // Vestnik Gosudarstvennogo univtrsiteta morskogo i rechnogo flota im. admiral S.O. Makarova. Sankt-Peterburg.– 2016. – vypusk 1 (35). – P. 24 - 29.
7. Alekseychuk B.M. Authentication of law of distributing of errors of measuring / Alekseychuk B.M., Pasechnyuk S.S. // Sudovozhdenie: Sb. nauchn. trudov./ONMA, Vyp. 27. – Odessa: «IzdatInform», 2017 - P. 10 – 14.
8. Mudrov V.M. Methods of treatment of measurings / Mudrov V.M., Kushko V.L. - M.: Sovetskoe radio, 1976. -192 p.
9. Astayrin D.V. Estimation of exactness of coordinates of ship at the surplus measuring / Astayrin D.V., Sikirin V.E., Vorokhobin I.I., Alekseychuk B.M. – Saarbrucken, Deutschland/ Germaniya: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 274 p.

Estimation of efficiency of coordinates of ship at the surplus lines of position, got the imitation design

B. M. Alekseychuk, V. E. Sikirin, D. V. Astaykin

Abstract. By the imitation design estimation of efficiency of coordinates of ship at the surplus measuring calculated by a least-squares method is got, in the case when the errors of lines of position submit to the mixed laws of distributing. The values of efficiency of coordinates on analytical expressions depending on the substantial parameter of distributing are calculated. Estimations of efficiency of coordinates of ship, got the imitation design, and expected on analytical expressions, good coincidence is had.

Keywords: surplus measuring, efficiency of coordinates of ship, least-squares method, mixed laws of distributing, imitation design.

Cu(II) and Ni(II) β -dycarbonyl complexes as precursors of functional materials

O. S. Berezhnytska^{a,c}, N. B. Ivakha^a, I. O. Savchenko^b, L. I. Zheleznova^a, E. K. Trunova^a

^aV.I.Vernadsky Institute of General and Inorganic Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, 32/34, Palladina ave., Kyiv, Ukraine, 03680.

^bNational Taras Shevchenko University of Kyiv, 60, Volodymyrska str., Kyiv, Ukraine, 01033.

^cNational Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», 37, Prosp. Peremohy, Kyiv, Ukraine, 03056

*Corresponding author. olekberez@gmail.com

Paper received 16.06.17; Accepted for publication 21.06.17.

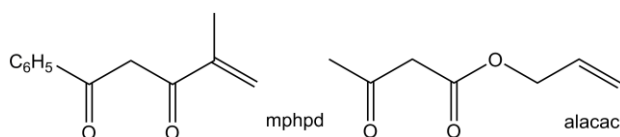
Abstract. The copper(II) and nickel(II) complexes with unsaturated β -dycarbonyl ligands methacrylaceto phenon and allyl acetoacetate were synthesized and studied. The Cu(II) complexes were found to have a square-planar structure. The Ni(II) complexes have a tetragonal distorted octahedral structure with two water molecules in the axial positions. By means of radical polymerization the corresponding metallopolymers were obtained and the kinetic of polymerization process was studied by volume dilatometry. The reactivity of the monomeric metal complexes was shown to be determined by both electronic and structure factors.

Keywords: β -dycarbonyl, complexes, polymers, nanomaterials, thermal analysis.

Introduction. The chemistry of coordination compounds is one of the major areas of modern science nowadays. Arousing interest in the metal-containing polymers is observed every year, which is due to their potential application in the design of functional materials with desired properties. The polymerization of metal complexes containing unsaturated substituents is one of the methods for synthesizing metallopolymers. This route is attractive since it makes feasible to obtain polymers with uniform chemical composition in which all functional groups are bounded to metal ions. However, the polymerization of coordination compounds has not been studied thoroughly [1-4], so the research in this area is of great interest.

Metal complexes to be use as monomers should have relatively high thermodynamic stability and solubility in organic solvents. From this viewpoint, unsaturated metal β -diketonates are suitable objects for studying the polymerization of coordination compounds. Metallopolymers based on them can combine the valuable properties of β -diketonates with the manufacturability of polymers. Therefore, the design of new synthetic routes for obtaining such complexes and the study of their structure and properties is one of the topical tasks of modern chemistry.

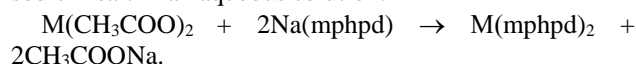
The present work deals with monomeric and polymeric copper(II) and nickel(II) coordination compounds with two unsaturated β -dycarbonyl ligands, namely, methacrylaceto phenone (2-methyl-5-phenyl-1-penten-dione-3,5, mphpd) and allyl acetoacetate (allyl-3-oxobutanoate, alacac). The complexes were studied using a number of physicochemical methods including thermal analysis, absorption, infrared (IR), electronic spin resonance (ESR) spectroscopy and dynamic light scattering. The polymerization kinetics of the monomeric complexes was also investigated by volume dilatometry.



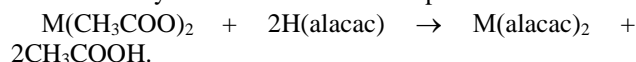
Materials and methods. Copper(II) acetate monohydrate $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, nickel(II) acetate tetrahydrate $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, allyl acetoacetate, reagents used for the preparation of methacrylaceto phenone and organic solvents were of analytical grade. Sodium salt of mphpd was synthesized from methyl methacrylate and acetophe-

none according to [5] in a 72 % yield as a yellow crystalline substance (melting point 216 °C). ^1H NMR for $\text{Na}(\text{mphpd})$ (CDCl_3), δ (ppm): 1.98 (s., 3H, CH_3); 3.25 (s., 1H, $=\text{C}(\text{H})\text{H}$); 3.62 (s., 1H, $=\text{C}(\text{H})\text{H}$); 4.82 (s., 1H, CH_2); 7.05 – 7.96 (mult. br., 5H, C_6H_5).

Synthesis of the Cu(II) and Ni(II) complexes with mphpd was carried out by the exchange reaction between the equimolar amounts of metal (M) acetates and mphpd sodium salt in an aqueous solution:



Synthesis of metal complexes with alacac was performed in a hydroalcoholic solution at pH = 8.5 – 9.0:



The precipitates were filtered off and recrystallized from benzene at room temperature. One of the special features of unsaturated metal β -diketonates is that their synthesis and purification should be carried out at room temperature because even little heating results in partial oligomerization, which significantly decreases their solubility. For the same reason the complexes were not purified by sublimation.

Polymerization was performed at 80°C in dimethylformamide (DMF) during 20 hours in an incubator. 2,2'-azobis(isobutyronitrile) was used as an initiator. The concentrations of the complexes and initiator were 0,03 and 0,0003 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ respectively. The metallopolymers obtained were precipitated from solutions by isopropanol. The polymerization kinetics was studied under the same conditions during the first 3 hours by volume dilatometry. The polymerization rate on the initial linear section of the polymerization curve (V_p), the reduced polymerization rate (V_{red}) and the total rate constant (K_Σ) were calculated using the following equations:

$$V_p = \frac{10Um}{MV\tau}$$

$$V_{red} = V_p / C_0$$

$$K_\Sigma = V_{red} / \sqrt{C_i}$$

where U and τ are the degree of conversion and the time for the last point on the linear section of the polymerization curve, m and M are the mass of the sample and the molar mass of the monomeric complex, C_0 is the initial concentration of the monomeric complex and C_i is

the concentration of the initiator.

Thermogravimetry (TG) and differential thermal analysis (DTA) were performed on a Q-1500D type derivatograph (F. Paulik, J. Paulik, L. Erdey system) in the temperature range from 20 to 500°C (heating rate 5°C/min) in a platinum crucible in the presence of anhydrous carrier Al₂O₃ in a static air atmosphere. IR spectra were recorded on a Spectrum BX II FT-IR spectrophotometer (Rerkin-Elmer) in the range from 400 to 4000 cm⁻¹ in a KBr tablet. The electronic absorption spectra were recorded on UV-VIS-IR Shimadzu UV-3600 spectrophotometer in the range from 300 to 700 nm. Particle size determination of monomeric and polymeric complexes was performed by dynamic light scattering at 25°C on a ZetaSizer system (Malvern Instruments). Powder microphotographs were taken on a Hitachi H-800 scanning electron microscope. For the Cu(II) β-diketonates the ESR spectra were recorded in a chloroform solution at 77 and 293 K on a CMS 8400 spectrometer (ADANI).

Results and Discussion. The coordination mode of the ligands functional groups to the metal ions was determined by IR spectroscopy. Table 1 lists the characteristic IR frequencies of the metal complexes and uncoordinated ligands. The CO and CC stretching vibrations observed in the spectra of the metal β-diketonates in the 1560 – 1600 cm⁻¹ (mphpd) and 1620 – 1640 cm⁻¹ (alacac) regions indicate the bidentate-cyclic coordination mode via carbonyl groups. The higher frequency band is attributed mainly to a C=O stretching and the lower one – to a C=C stretching [6-9]. The frequencies of these bands are intermediate between the characteristic frequencies of single and double CC and CO bonds [8], which indicates the

presence of conjugation in the chelate ring of both ligands. For the metal complexes with alacac the bands of C=O and C=C stretching vibrations are shifted towards higher wavenumbers compared to the corresponding mphpd complexes due to the electron density redistribution caused by the oxoallyl substituent. It may indicate the higher stability of the alacac chelates [7]. The carbonyl groups are involved in metal complex formation is evident from the appearance of medium intensity bands in the region 400-510cm⁻¹ due to ν(M-O) vibrations [9], also in this area there are bending vibrations of the chelate rings [6]. The broad band of coordinated water molecules presents in the spectra of the Ni(II) complexes in the 3200 – 3400 cm⁻¹ region.

The medium intensity stretching of the double C=C bond presented in the IR spectra in the 1600 – 1650 cm⁻¹ region is a characteristic feature of β-diketonates, containing unsaturated substituents. The disappearance or a significant reduction in intensity of this band can be used for a qualitative characterization of the metal complexes polymerization. The band in the mentioned region is absent in the spectra of the Ni(II) metallopolymers, whereas a slight shoulder at 1620 – 1630 cm⁻¹, indirectly indicating the presence of only terminal unsaturated groups, is observed for the Cu(II) metallopolymers. The C=O and C=C stretching vibrations for the polymeric complexes are slightly shifted towards higher wavenumbers in comparison with the monomeric β-diketonates. It indicates the redistribution of the electron density in the chelate ring due to the influence of adjacent molecules in the polymeric matrix.

	$\nu(\text{MO})$ + $\delta_{\text{chel. ring}}$	$\nu_s(\text{CC})$	$\nu_{\text{as}}(\text{CO})$	$\nu_{\text{as}}(\text{CC})$	$\nu_s(\text{CO})$	$\nu(\text{C}=\text{C})$	$\nu(\text{C}=\text{O})$	$\nu(\text{H}_2\text{O})$
Na(mphpd)	-	1459	1411	1568	-	1677	1726	
Halacac	-	1360	1410	-	-	1650	1713, 1725	
Cu(mphpd) ₂	406, 417, 478, 506, 518	1460	1416	1554	1592	1680	-	-
Cu(alacac) ₂	420, 435, 488, 530	1459	1414	1529	1589	1635	1715	-
Ni(mphpd) ₂ ·2H ₂ O	419, 460, 495, 530	1480	1450	1554	1592	1670	-	3435
Ni(alacac) ₂ ·2H ₂ O	425, 455, 490	1452	1410	1545	1580	1625	1715	3382
[Cu(mphpd) ₂] _n	415, 480	1458	1430	1558	1590	-	-	
[Cu(alacac) ₂] _n	410, 470	1450	1420	1536	1601	-	-	3441
[Ni(mphpd) ₂] _n	410, 485	1460	1415	1550	1595	-	-	
[Ni(alacac) ₂] _n	415, 470	1460	1420	1540	1600	-	-	

Table 1. Assignments of the characteristic bands in the IR spectra

Thermal analysis was performed in order to determine the hydrate composition of the β-diketonates under study and their behavior under heating. There are different opinions regarding the behavior of β-diketonate complexes under heating in the literature [9-15]. The TG and DTA curves contain a number of effects associated with the loss of water, polymerization and decomposition. The dehydration of the metal complexes with mphpd is known to occur at rather high temperatures (150 – 250°C) [16]. Since the polymerization takes place in the same temperature range, on the DTA curves the endothermic effect of dehydration is often masked by more intense exothermic polymerization effects. For Cu(mphpd)₂ the endothermic effect observed in the range of 80 – 140°C is due to the loss of adsorbed water (weight loss Δm = 1,8 %). The

exothermic effect at 158°C can be attributed to the formation of oligomeric structures. The decomposition of the complexes begins with the loss of one ligand molecule resulting in the pronounced exothermic effect at 212°C. Further heating above 350°C leads to the complete decomposition resulting in the formation of copper oxide.

The decomposition of Ni(mphpd)₂·2H₂O starts with the endothermic effect in the 80 – 155°C range, which is due to the loss of two coordinated water molecules (Δm = 6,9 %, Δm_{theor} = 7,6 %). The endothermic effect in the range of 155 – 188°C can be attributed to the melting of the complex. Further heating up to 500°C is accompanied with a number of endothermic and exothermic effects which are due to the decomposition of the organic part of the complex, which starts with the loss of one ligand mol-

ecule ($\Delta m = 31,2\%$, $\Delta m_{\text{theor}} = 32,8\%$). The complete weight loss in the temperature range studied is 62,6 %.

The dehydration of $\text{Cu}(\text{alacac})_2$ begins at 86°C and results in the loss of adsorbed water ($\Delta m = 2,1\%$). Further heating in the range of 182 – 352°C is accompanied with the endothermic effects at 257 and 296°C and the weight loss of 9,9 %, which is due to the detachment of oxoallyl substituent of one ligand molecule. The pronounced endothermic effects at 434 and 496°C indicate the thermal decomposition of the β -diketonate, however, the weight loss is rather small. Further heating results in the complete decomposition of the organic part of the complex. The metal–oxygen stretching vibrations observed at about 500, 600 and 640 cm^{-1} in the IR spectrum of the sample after thermolysis indicate that $\text{Cu}(\text{alacac})_2$ decomposes to copper oxide. The bands of these vibrations are shifted to the short-wave region compared to the spectra of the $\text{Cu}(\text{II})$ β -diketonate, which indicates the covalent nature of the Cu–O bonds in the complex.

Thermal analysis of metallopolymers reveals, that they are thermally stable up to 180 – 200°C, which indicates their potential use as precursors of film materials.

Electronic absorption spectra of the complexes under study were recorder in order to determine the shape of the coordination polyhedrons of the metal ions. In the UV region (240-280 nm) all complexes exhibit split bands of the $\pi \rightarrow \pi^*$ transition [9]. The spectra of copper complexes in the visible region (600-730nm) contain a wide line with two maxima corresponding to the $B_{1g} \rightarrow A_{1g}$, and $B_{1g} \rightarrow E_g$ transitions. The absorption spectra of both monomeric and polymeric $\text{Cu}(\text{II})$ complexes are similar to the spectra of square-planar β -diketonates. In the spectra of the $\text{Ni}(\text{II})$ complexes the charge-transfer band is shifted to ultraviolet region and both allowed transitions can be observe.

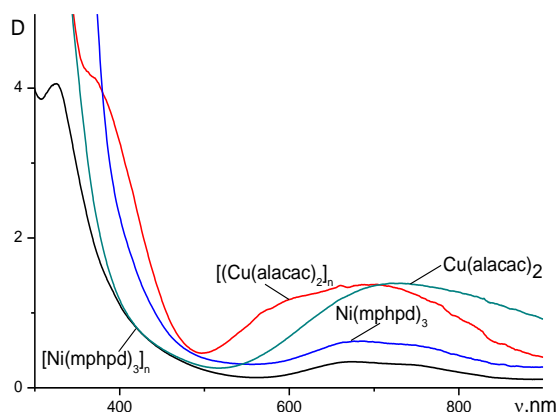


Figure 1. Absorption spectra of some complexes

The band of the ${}^3A_{2g} \rightarrow {}^3T_{1g}(\text{F})$ transition is shifted towards low-frequency region compared to $\text{Ni}(\text{II})$ acetylacetonate. It leads to the considerable spin-orbit coupling of the ${}^3T_{1g}(\text{F})$ and 1E_g states, resulting in the increasing intensity of the spin-forbidden ${}^3A_{2g} \rightarrow {}^1E_g$ transition and doublet splitting of the absorption band. Thus, the shape of the electronic spectra indicates that the coordination polyhedron of the $\text{Ni}(\text{II})$ ion is a tetragonal distorted octahedron. The inner coordination sphere consists of four carbonyl oxygen atoms of the β -diketonate ligands in the equatorial positions and complements with two water

molecules in the axial positions [12, 17-20]. The absorption spectra of the monomers and polymers are similar (fig.1). A slight shift of the main metallopolymers bands in the shortwave region indicates a weakening bond of the metal with oxygen.

It is well-known, that from the ESR spectra of paramagnetic polycrystalline complexes the rhombic, cubic and axial symmetries can be distinguished. For the axial symmetry the shape of the ESR spectra depends on the ground state of the central ion. For instance, if a $\text{Cu}(\text{II})$ complex has the $d_{x^2-y^2}$ ground state (square plane or prolate octahedron), the anisotropic values of the g -factors obey the following relation: $g_{\parallel} > g_{\perp} > 2$.

On the other hand, in the case of the d_{z^2} ground state (trigonal bipyramid or oblate octahedron) the relation between the g -factors will be as follows: $g_{\parallel} > g_{\perp} \approx 2$. As can be seen from Table 2 and Fig.2 for the $\text{Cu}(\text{II})$ β -diketonates under study the shape of the ESR spectra and the parameters calculated indicate the axial symmetry with the $d_{x^2-y^2}$ ground state. The coordination polyhedron of the $\text{Cu}(\text{II})$ ion is a square plane, which is in agreement with the results of the absorption spectroscopy. ESR spectrum of $\text{Cu}(\text{alacac})_2$ contains isotropic signal similar to complexes described in [12].

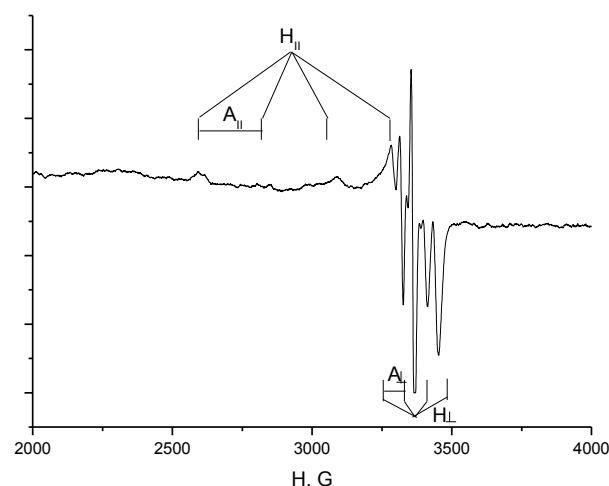


Figure 2a. ESR spectra $\text{Cu}(\text{mphpd})_2$ in CHCl_3 at 77 K

Complex	g_0	a_0	g_{\parallel}	A_{\parallel}	g_{\perp}	A_{\perp}
$\text{Cu}(\text{mphpd})_2$	2.132	77	2.256	170	2.070	30

Table 2. Parameters of the ESR spectra of the $\text{Cu}(\text{mphpd})_2$ complexes

Thus, the spectral study revealed the coordination mode of the ligands and the structures of the coordination polyhedrons of the monomeric complexes in question. However, the results obtained do not make feasible to predict the properties of the metal β -diketonates as monomers in the polymerization reaction.

When the unsaturated double bond is conjugated with the chelate moiety in ligand molecule, the redistribution of the electron density due to complexation with the metal ion increases the bond order of the C=C bond. It leads to the diminution of the metal complex reactivity compared to the “free” ligand in the polymerization reaction. In order to increase the reactivity, the charge redistribution in the ligand should be equilibrated. It can be done by using donor solvents, so the polymerization was carried out in DMF solutions. The kinetic parameters and kinetic lines of polymerization listed in Tab.3 and Fig.3 reveal that the

reactivity of the monomeric β -diketonates depends on the electronic structure of the central ion and is determined by both electronic and structure factors.

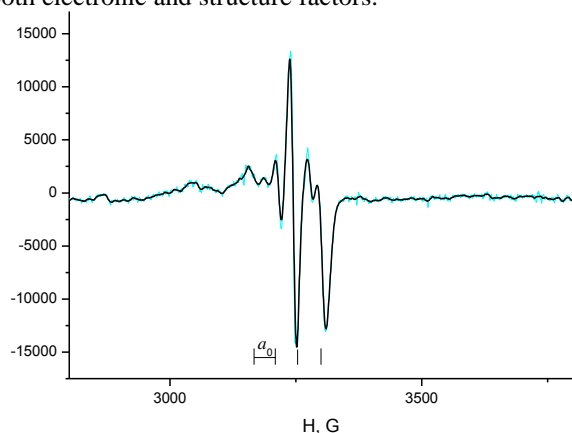


Figure 2b. ESR spectra $\text{Cu}(\text{mphpd})_2$ in CHCl_3 at 298 K

Parameter	$\text{Cu}(\text{alacac})_2$	$\text{Ni}(\text{mphpd})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
$V_p (\times 10^4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$	0.47	1.34
$V_{red} (\times 10^4 \text{ s}^{-1})$	1.56	6.38
$K_\Sigma (\times 10^3 \text{ L}^{1/2} \cdot \text{mol}^{-1/2} \cdot \text{s}^{-1})$	2.84	8.16

Table 3. Kinetic parameters of polymerization

In order, to investigate the dispersion of the complexes under study and to choose the solvent for obtaining uniform thin films, the monomeric and polymeric metal β -diketonates were studied by dynamic light scattering in DMF and chloroform solutions.

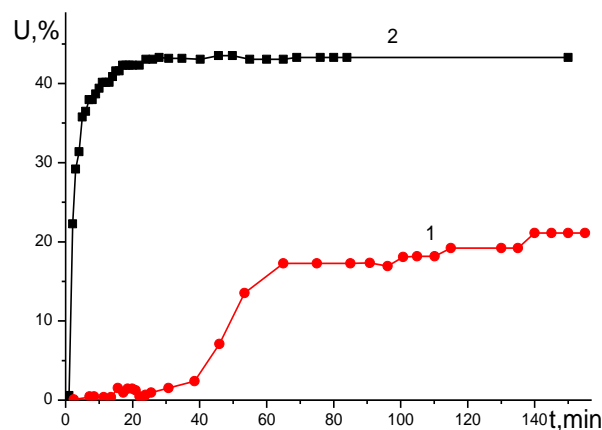


Figure 3. Kinetic of polymerization $\text{Cu}(\text{alacac})_2$ (1) and $\text{Ni}(\text{mphpd})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

The results have shown that in a chloroform solution the sizes of the monomeric and polymeric particles are close to each other (about 10 – 20 nm) and the systems are monodisperse. In a DMF solution the particles are within 20 – 50 nm and the systems are polydisperse. At first glance, the dimension of a polymeric system should be higher than for the corresponding monomer. However, the monomer units in polymeric molecules are known to connect in the long chains, which results in a rather rigid structure with low entropy. For this reason polymer systems are prone to self-organization. Therefore, the dimension of a polymer depends on its structure: about 100 nm for a polymer twisted into a ball and about 10 nm for a polymer twisted into a globule. In view of the aforementioned, the metallopolymers are assumed to have a ball structure (fig.4).

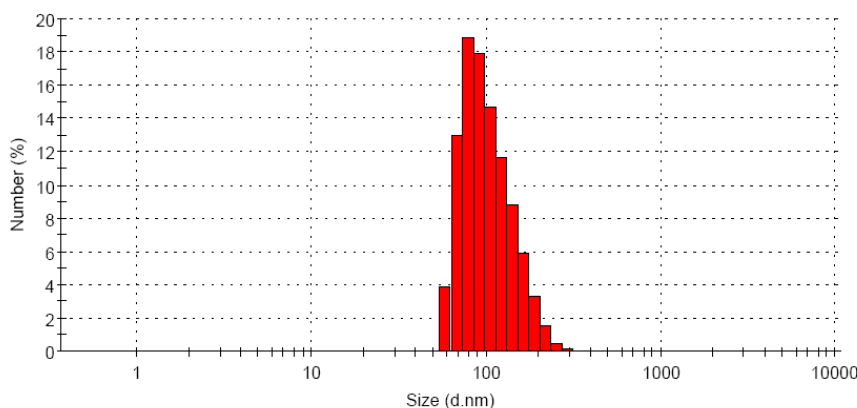
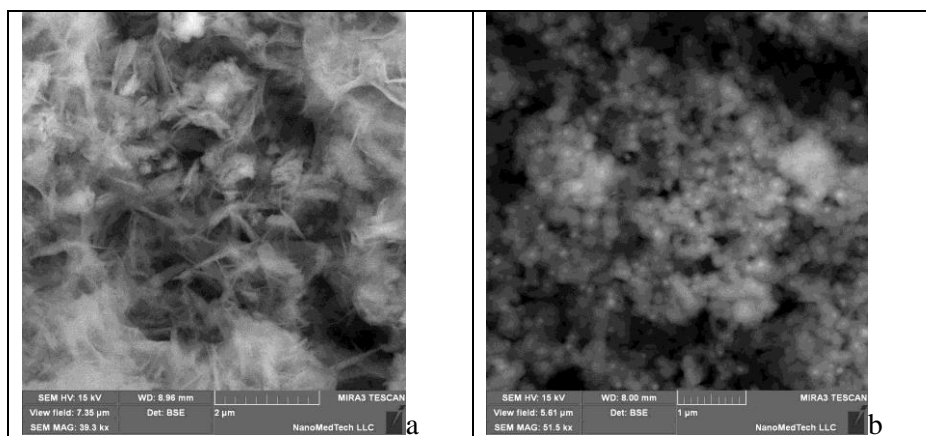


Figure 4. The diagram of distribution by radius of $[\text{Cu}(\text{mphpd})_2]_n$

Powder microphotographs support this assumption. As can be seen from the SEM images (fig.5), the structural units in the monomeric complexes and the polymeric globules have the size of 10 – 20 nm. The sizes of the particles in a chloroform solution and in powder coincide, which makes feasible to use both solutions and powders of the metallopolymers under study depending on a given task.

Conclusions. To sum up, the monomeric and polymer-

ic metal complexes of copper(II) and nickel(II) were synthesized and studied by a number of physicochemical methods in solid state and in solutions. Both monomeric and polymeric complexes were found to be nanosized. It was shown that the structure of the coordination polyhedrons doesn't change after polymerization. The polymeric metal complexes are chemically homogeneous compounds, which are thermally stable up to 220 °C



Figures 5. Microphotography of Cu(mphpd)_2 (a) and $[\text{Cu(mphpd)}_2]_n$ (b).

REFERENCES

- Movchan T.I., Geltvay I.I., Voloshanovskii I.S., Pomogailo A.D., Preparation and reactivity of metal-containing monomers. Posted 24. The study of metal complexes (II) with metakroilacetonom// Izv. AN Ser. Khim. 1992. №9. 2066-2072.
- Ufliand I.E., Vaynshtain E.F., Pomogailo A.D., The chelating effect in metalpolymer systems// Russ.J.organ.Chem. 1991. 61(8). P.1791-1797.
- Zub V.Ya., Berezhnitskaya A.S., Oliynyk N.F., Savchenko I.A. Features of the structure and the polymerization of unsaturated β -diketonates nickel// Ukr. Khim. Journ. 2001. 67(12). P.75-79.
- Zub V.Ya., Berezhnitskaya A.S., Savchenko I.A., Voloshanovskii I.S. et al., Synthesis and polymerization of unsaturated β -diketonates of cobalt// Russ.Journ. Coordin. Chem. 2004. 30(10). P.709-712.
- Ufliand I.E., P'chenko I.A., Starikov A.G., Pomogailo A.D., Preparation and reactivity of metal-containing monomers. Posted 13. Transition metal complexes with metakroilacetofenono// Izv. AN Ser. Khim. 1990. P.451-453.
- Nakamoto K. Infrared Spectroscopy of Inorganic and Coordination Compounds. – M.: Mir. 1991. 536 p.
- Nehoroshkov V.P., Kamalov G.L., Geltvaiy I.I., et al. About the relationship between IR spectral properties of β -diketonates 3d-transition metals and their structure // Russ. J.Coord.chem. 1984. Is.10, №4. P.459-465.
- Thornton A. D. Infrared spectra of metal β -ketoenolates and related complexes// Coordination Chem.Reviews. 1990. V.104. P. 173-243.
- Deepthi T. V., Venugopalan P. Synthesis, characterization and biological studies on Ni(II) and Cu(II) complexes of two novel α,β -unsaturated 1,3-diketones related to curcuminoids// Inorganica Chimica Acta, 2016, j.ica.2016.05.045 Accepted manuscript
- Tsyganova E.I., D'iagileva L.M., Reactivity of β -diketonates of metals in the thermal decomposition reaction// Russ. Chem.Rew. 1996. Is. 65. Is.4. P.252-261.
- Bazuev G.V., Kurbatova L.D. Chemistry of volatile β -diketonates and their use in the synthesis of high-temperature superconducting films// Russian chemical Reviews. 1993. Is.62. Is.10. P.83-87.
- Badea M., Olar R., Marinescu D., Vasile G. and Stoleriu S. Thermal stability of some complex compounds with allylacetate as ligand J. Thermal Analysis And Calorimetry. 2005. Vol. 80. P.679–682
- Krisyuk V.V., Baidina I.A., Korolkov I.V., Semyannikov P.P., Stabnikov P.A., Trubin S.V., Turgambaeva A.E. New volatile heteroleptic complex of copper(II): Comparison of two polymorphs// Polyhedron. 2013. Is.49. P.1–6.
- Zharkova, S.V. Sysoev, A.E. Turgambaeva, I.K. Igumenov G.I. Thermal behavior of a series of monomeric Ni(II) complexes with β -iminoketones//Thermochimica Acta. 2013. Is.560. P.7– 11.
- Pomogailo A.D., Rozenberg A.S., Djardimalieva G.I. Thermolysis of metallopolymers and their precursors as a method to obtain nanocomposites// Russ. Chem. Rew. 2011. V.80. Is.3. P. 56-68.
- Movchan T.I., Soloviova T.I., Petrova L.A., Volocanovskii I.S., Belov G.P., Pomogailo A.D. Preparation and reactivity of metal-containing monomers Post 36 *. Thermal stability metakroilacetates and polimetakroilacetates transition metals // Izv. AN, Ser.Khim. 1994. V.1. P.43-47.
- Phimphaka Harding, David J. Harding, Wasinee Phonsri, Saowanit Saithong, Hirihattaya Phetmung Synthesis and electrochemical studies of octahedral nickel β -diketonate complexes// Inorganica Chimica Acta. 2009. V.362. P.78–82.
- Vigato P. Alessandro, Peruzzo Valentina, Tamburini Sergio The evolution of β -diketone or β -diketophenol ligands and related complexes// Coordination Chemistry Reviews. 2009. V.253. P.1099–1201.
- Skopenko V.V., Amirhanov V.M., Slyva T.Iu., Vasy'chenko I.S., Anpilova E.L., Garnovskiy A.D. Different types of metal complexes based on chelating β -diketonates and their structural analogues// Russ. Chem. Rew. 2004. V.73. Is.8. P.1056-1061.
- Berezhnitska O.S., Zub V.Ya., Savchenko I.O., Mazurenko E.A., Ivakha N.B. The method of producing metallopolymer of nickel, Ukraine patent for utility model №54939, 2010.

β -Дикарбонильные комплексы Cu(II) и Ni(II) как прекурсоры функциональных материалов

А. С. Бережницкая, Н. Б. Иваха, И. А. Савченко, Л. И. Железнова, Е. К. Трунова

Аннотация. Были синтезированы и изучены комплексы меди (II) и никеля (II) с ненасыщенными β -дикарбонильными лигандами метакроилацетофеноном и аллилацетоацетатом. Показано, что комплексы Cu (II) имеют плоскочетырёхугольное строение, а комплексы Ni (II) - тетрагональную искажённую октаэдрическую структуру с двумя молекулами воды в экваториальных позициях. Путём радикальной полимеризации были получены соответствующие металлополимеры и методом дилатометрии изучена кинетика процесса полимеризации. Показано, что реакционная способность мономерных комплексов металлов определяется как электронными, так и структурными факторами.

Ключевые слова: β -дикарбонильные комплексы, полимеры, наноматериалы, термический анализ

Предупреждение столкновений судов методами внешнего управления процессом расхождения

И. А. Бурмака*, Г. Е. Калиниченко, М. А. Кулаков

Национальный Университет «Одесская Морская Академия», Одесса, Украина

*Corresponding author. E-mail: burmaka-mob@ukr.net

Paper received 19.06.17; Accepted for publication 28.06.17.

Аннотация. Рассмотрен принцип внешнего управления процессом расхождения судов и его основные достоинства. Показано, что основными методами внешнего управления процессом расхождения судов являются области опасных курсов сближающихся судов и их опасных скоростей, с помощью которых возможны оценка опасности ситуации сближения и выбор маневра расхождения. При выборе безопасных курсов расхождения судов с помощью области опасных курсов предложена процедура учета точечной навигационной опасности.

Ключевые слова: безопасность судовождения, расхождение судов при опасном сближении, внешнее управление процессом расхождения, области опасных курсов и скоростей, точечная навигационная опасность.

Введение. Обеспечение безопасного расхождения судов в ситуации опасного сближения при плавании в стесненных водах является одной из наиболее актуальных проблем безопасности судовождения. В связи с этим стесненные районы плавания с особенно интенсивным движением для контроля процесса судовождения и управления движением опасно сближающихся судов оборудуются станциями управления движением судов (СУДС), которые должны быть оснащены современными средствами предупреждения столкновения судов, использующими способы безопасного расхождения двух и более судов. Поэтому исследование вопросов управления судами, следующих опасными курсами сближения, в районах контроля СУДС, чему посвящена настоящая статья, является актуальным и перспективным направлением.

Краткий обзор публикаций по теме. В работах [1-6] предложены различные модели формализации взаимодействия судов при расхождении и процедуры расчета безопасного маневра. Применение метода нелинейной интегральной инвариантности предлагается в работе [1], а в работе [2] для описания процесса расхождения используются методы теории оптимальных дискретных процессов. Формализация взаимодействия судов при расхождении в рамках теории дифференциальных игр производится в работах [3, 4]. Обобщению понятия взаимодействия судов при возникновении угрозы столкновения посвящена работа [5], в которой предложена формализация МППСС-72.

В работе [6] глубоко и разносторонне исследована проблема предупреждения столкновений судов и предложен метод гибких стратегий их расхождения, позволяющий формировать оптимальную стратегию расхождения судна с несколькими опасными целями с учетом требований МППСС-72, имеющимися навигационными опасностями и инерционно-тормозными характеристиками судна.

Результаты исследования эффективности парных маневров расхождения приведены в работе [7], а в работе [8] рассмотрено управления тремя судами для безопасного расхождения. Ряд особенностей задачи расхождения судов в море освещен в монографии [9], в которой приведен метод предупреждения столкновения судов путем смещения на параллельную линию пути.

В рассмотренных работах выбор стратегии расхождения судна производится в рамках локально-независимого принципа управления процессом расхождения, который предусматривает возникновение взаи-

модействия между судами при опасном сближении, определяющего их взаимное поведение в процессе расхождения. Взаимодействие судов предлагается формализовать дифференциальной игрой или бинарной координацией, которая, кстати, реализована в МППСС-72 в части маневрирования судов при опасном сближении. Однако, при управлении процессом расхождения судов с помощью СУДС исчезает необходимость во взаимном согласовании маневров судов механизмом взаимодействия, т. е. реализуется принцип внешнего управления процессом расхождения, исследование основных особенностей которого составляет содержание данной статьи.

Цель. Цель настоящей статьи - анализ методов предупреждения столкновений судов при внешнем управлении процессом их расхождения.

Материалы и методы. При управлении процессом расхождения внешний управленец наблюдает ситуацию сближения пары судов и в случае появления угрозы столкновения формирует общую стратегию расхождения для обоих судов, предупреждая их столкновение. Таким управленцем может быть, как СУДС, так и судовая информационная система, с теми же возможностями, установленная на каждом из судов, решающая задачу коллективного расхождения и реализующая полученную в результате решения индивидуальную стратегию. Достоинством полного управления процессом расхождения внешним управленцем является одинаковая интерпретация ситуации опасного сближения при выборе маневров расхождения. Так как при полном управлении в случае опасного сближения выбор стратегии расхождения производится не опасно сближающимися судами, а внешним управленцем, то отсутствует система координации, регламентирующая взаимодействие опасно сближающихся судов (МППСС-72).

В работе [10] показано, что множество состояний пары сближающихся судов целесообразно представлять областью опасных курсов Q_k , которая отображается на расширенной плоскости курсов судов, как показано на рис. 1.

Границами области Q_k являются точки курсов судов (K_1, K_2) , удовлетворяющие уравнению:

$$\sin(K_2 - \theta) = \frac{V_1}{V_2} \sin(K_1 - \theta),$$

где $\theta = \alpha \pm \arcsin \frac{D_d}{D}$; α и D - соответственно пеленг и дистанция между судами;

D_d - предельно-допустимая дистанция сближения судов.

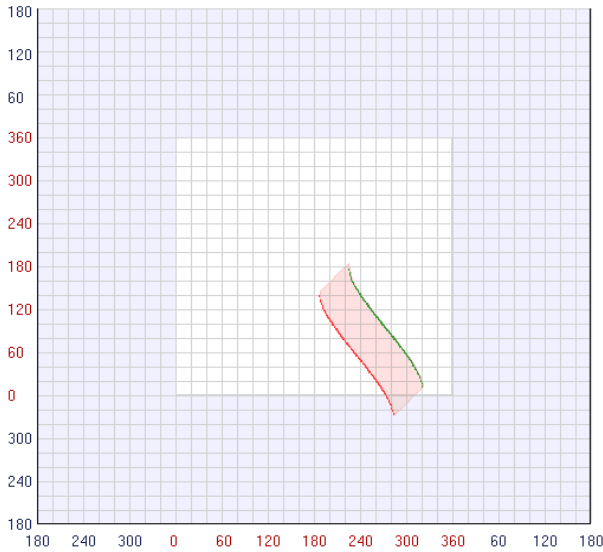


Рис.1. Область опасных курсов Q_k судов

При нахождении точки (K_1, K_2) внутри области опасных курсов Q_k дистанция кратчайшего сближения D_{min} меньше предельно-допустимой дистанции D_d , и сближение судов является опасным. Угроза столкновения отсутствует, если точка (K_1, K_2) находится на границе или вне области Q_k . Если для пары судов точка с программными курсами (K_{1o}, K_{2o}) находится в области Q_k , то необходимо при неизменных скоростях судов изменить их курсы на значения K_{1y} и K_{2y} , при которых точка (K_{1y}, K_{2y}) не принадлежит области опасных курсов, а находится на ее границе. Переход из точки (K_{1o}, K_{2o}) области Q_k в точку (K_{1y}, K_{2y}) , должен соответствовать минимальным изменениям курсов судов.

В ситуации, когда опасно сближающиеся судна не могут изменять свой курс, предупредить столкновение можно изменением их скоростей. В этом случае множество состояний пары сближающихся судов следует графически представить областью опасных скоростей Q_v , которая аналогична области опасных курсов Q_k , с той лишь разницей, что каждой точке (V_1, V_2) парных скоростей судов соответствует дистанция кратчайшего сближения между судами D_{min} . Граница опасной области скоростей, каждая точка которой соответствует дистанции кратчайшего сближения равной предельно-допустимой дистанции, т. е. $D_{min} = D_d$, формализуется выражениями [11]:

$$V_1^* = V_2 \frac{\sin(K_2 - \theta^*)}{\sin(K_1 - \theta^*)}, V_1^* = V_2 \frac{\sin(K_2 - \theta_*)}{\sin(K_1 - \theta_*)},$$

где $\theta^* = \alpha - \arcsin \frac{D_d}{D}$, $\theta_* = \alpha + \arcsin \frac{D_d}{D}$.

При постоянных значениях курсов судов K_1 и K_2 границы опасной области скоростей являются линейными, как показано на рис. 2.

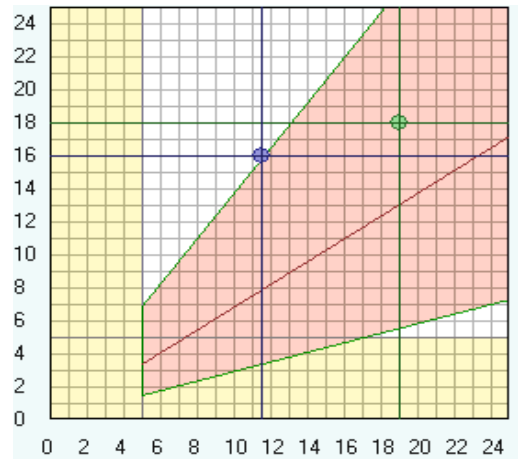


Рис.2. Область опасных скоростей Q_v судов

Область опасных скоростей Q_v судов позволяет оценить опасность их сближения и выбрать скорости, обеспечивающие безопасное расхождение. Как следует из рис. 2, при начальных скоростях судов $V_1 = 18$ узлов и $V_2 = 19$ узлов точка $(V_1, V_2) \in Q_v$ и сближение судов опасно, для безопасного расхождения следует точку (V_{1y}, V_{2y}) выбрать на границе области Q_v , т.е. снизить скорости судов до значений $V_{1y} = 16$ узлов и $V_{2y} = 11,5$ узлов.

Результаты и их обсуждение. При использовании области опасных курсов Q_k судов для выбора маневра расхождения в стесненных условиях плавания во избежание посадки на мель необходимо учитывать имеющиеся в районе маневрирования навигационные опасности. Рассмотрим этот вопрос более подробно. Предположим, что в районе маневрирования судов находится точечная навигационная опасность, которая характеризуется параметрами: пеленгами $\alpha_{n(1,2)}$ с судов на опасность, дистанциями $D_{n(1,2)}$ до опасности и предельно – допустимой дистанцией \hat{D}_n ее прохождения. Чтобы при расхождении избежать посадки на мель, каждое из судов должно избегать курсов уклонения, заключенных между граничными значениями курсов уклонения $K_{yn}^{(p)}$ и $K_{yn}^{(s)}$, которые рассчитываются с помощью выражений:

$$K_{yn1}^{(s)} = \alpha_{n1} + \arcsin \frac{\hat{D}_n}{D_{n1}}, K_{yn1}^{(p)} = \alpha_{n1} - \arcsin \frac{\hat{D}_n}{D_{n1}},$$

$$K_{yn2}^{(s)} = \alpha_{n2} + \arcsin \frac{\hat{D}_n}{D_{n2}}, K_{yn2}^{(p)} = \alpha_{n2} - \arcsin \frac{\hat{D}_n}{D_{n2}}.$$

В качестве примера рассмотрим ситуацию опасного сближения судов при наличии точечной навигационной опасности. Параметры ситуации сближения имеют следующие значения $V_1 = 10$ уз., $V_2 = 20$ уз., $D = 3$ мили, $\alpha = 0^\circ$, $D_d = 1$ мили, $\hat{D}_n = 0,5$ мили, $\alpha_{n1} = 27^\circ$, $D_{n1} = 2,24$ мили, $\alpha_{n2} = 135^\circ$, $D_{n2} = 1,41$ мили. Ситуация отображена на рис. 3.

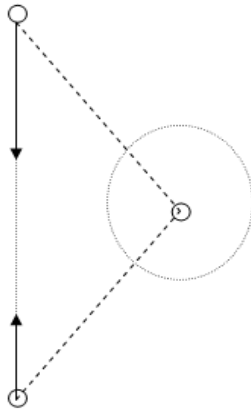


Рис. 3. Исходная ситуация опасного сближения

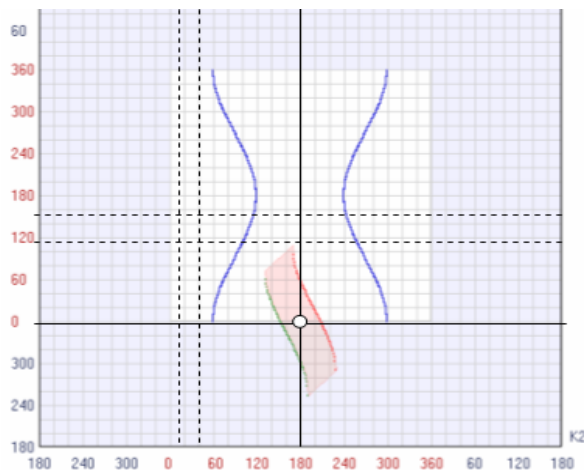


Рис. 4. Область недопустимых курсов с учетом точечной навигационной опасности

Для данной ситуации получены следующие граничные недопустимые курсы: $K_{yn1}^{(s)} = 39,9^\circ$, $K_{yn1}^{(p)} = 14,1^\circ$,

$K_{yn2}^{(s)} = 155,8^\circ$, $K_{yn2}^{(p)} = 114,2^\circ$. Область опасных курсов с учетом точечной навигационной опасности показана на рис. 4.

При следовании судов начальными курсами $K_1 = 0$ и $K_2 = 180$ соответствующая точка, как следует из рис. 4, принадлежит области опасных курсов. При выборе маневра расхождения следует избегать выбора точек, находящихся между параллельными пунктирными линиями.

Выводы

1. Рассмотрен принцип внешнего управления процессом расхождения судов и показано, что главными его достоинствами являются одинаковая интерпретация ситуации опасного сближения при выборе маневров расхождения и отсутствие система координации, регламентирующей взаимодействие опасно сближающихся судов.

2. Приведены основные методы оценки опасности сближения судов и выбора в случае необходимости маневра их расхождения. Показано, что основными методами внешнего управления процессом расхождения судов являются область опасных курсов сближающихся судов и область их опасных скоростей, причем приведены аналитические выражения их границ, что составляет научную новизну статьи.

3. Предложена процедура учета точечной навигационной опасности при выборе безопасных курсов расхождения судов с помощью области опасных курсов, позволяющая безопасно разойтись судам без угрозы посадки на мель.

4. Показана целесообразность использования рассмотренных способов в виде компьютерной информационной системы при внешнем управлении процессом расхождения судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов В.В. Некоторые вопросы алгоритмизации выбора маневра в ситуациях расхождения судов/ В.В. Павлов, Н.И. Сеньшин // Кибернетика и вычислительная техника. – 1985. - № 68. - С. 43-45.
2. Куликов А. М. Оптимальное управление расхождением судов / А. М. Куликов, В. В. Поддубный // Судостроение. – 1984. - № 12. - С. 22-24.
3. Lisowski J. Dynamic games methods in navigator decision support system for safety navigation/ Lisowski J. // Advances in Safety and Reliability. – 2005. - Vol. 2. - London-Singapore, Balkema Publishers. – P. 1285-1292.
4. Кудряшов В. Е. Синтез алгоритмов безопасного управления судном при расхождении с несколькими объектами / В. Е. Кудряшов // Судостроение. – 1978. - №5. – С. 35-40.
5. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Э.Н. Пятаков, Р.Ю. Бужбецкий, И.А. Бурмака, А.Ю. Булгаков – Херсон: Гринь Д.С., 2015.-312 с.
6. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н.Цымбал, И.А.Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
7. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расхождений судов / Э.Н. Пятаков., С.И. Заичко // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, – Вып.15. - Одесса: "Издательство Информ", 2008. – С. 166 – 171.
8. Бурмака И.А. Маневр расхождения трех судов изменением курсов/ И.А. Бурмака, А.Ю. Булгаков // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2014. – Вып. 20. Одесса: ОНМА. - С. 18 -23.
9. Вагущенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л.Л. Вагущенко. – Одесса: Фенікс, 2013. – 180 с.
10. Булгаков А.Ю. Использование опасной области курсов двух судов для выбора допустимого маневра расхождения/ А.Ю. Булгаков// Водный транспорт. – 2014. №2 (20).– С. 12 – 17.
11. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака., Э.Н. Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.

REFERENCES

1. Pavlov V.V. Some questions of choice of maneuver in the situations of divergence of vessels/ Pavlov V.V., Senshin N.I. // Kibernetika i vychislitel'naya tekhnika. - 1985.- №68. - p. 43 - 45.
2. Kulikov A.M. Optimum management by divergence of vessels / Kulikov A.M., and Poddubnyy V.V.// Sudostroenie. -1984.- №12.- p. 22 - 24.

4. Kudryashov V.E. Synthesis of algorithms of safe management by a ship at divergence with a few objects/Kudryashov V.E. //Sudostroenie .- 1978.- №5.- p. 35 - 40.
5. Pyatakov E.N. Cooperation of vessels at divergence for warning of collision / Pyatakov E.N., Buzhbeckij R.Y., Burmaka I.A., Bulgakov A. Y. - Kherson: Grin D. S.- 2015.- 312 p.
6. Tsimbal N.N. Flexible strategies of divergence of vessels/ Tsimbal N.N., Burmaka I.A. and Tyupikov E.E. - Odessa: KP OGT.- 2007.- 424 p.
7. Pyatakov E. N. Estimation of efficiency of pair strategies of going away vessels / Pyatakov E. N., Zaichko S.I.// Sudovozhdenie.- 2008.- №15 .- p. 166 – 171.
8. Burmaka I.A. Maneuver of divergence of three vessels by the change of courses/ Burmaka I.A., Bulgakov A. Y.// Avtomatizatsiya sudovykh tekhnicheskikh sredstv. - 2014.- №20 . - p. 18 - 23.
9. Vagushchenko L.L. Divergence with vessels by displacement on the parallel line of way / Vagushchenko L.L.- Odessa: Feniks.- 2013.- 180 p.
10. Bulgakov A.Y. Use of dangerous region of courses of two vessels for the choice of possible manoeuvre of divergence/ Bulgakov A.Y.// Vodnyy transport.- 2014.- №2 (20).- p. 12 – 17.
11. Burmaka I. Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement / Burmaka I., Pyatakov E., Bulgakov A.- LAP LAMBERT Academic Publishing, - Saarbrücken (Germany), – 2016. - 585 p.

Warning of collisions of vessels by the methods of external control of process of divergence

I. Burmaka, G. Kalynychenko, M. Kulakov

Principle of external control of process of divergence of vessels is considered and his basic dignities. It is shown that the regions of dangerous courses of the drawn together vessels and their dangerous speeds are the basic methods of external control of process of divergence of vessels, which estimation of danger of situation of rapprochement and choice of maneuver of divergence is possible by. At the choice of safe courses of divergence of vessels by the region of dangerous courses procedure of account of point navigation danger is offered.

Keywords: *safety of navigator, divergence of vessels at dangerous rapprochement, external control of process of divergence, region of dangerous courses and speeds, point navigation danger.*

Метод підвищення продуктивності для неоднорідних кластерних систем

Т. В. Дрегалю, В. П. Симоненку, Л. В. Дрегалю, О. Р. Педоренку, М. С. Соловійову

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна
Corresponding author. E-mail: TarasDregalo@gmail.com

Paper received 22.06.17; Accepted for publication 28.06.17.

Анотація. Дана стаття присвячена кластерним системам. Автори статті розглянули загальну архітектуру кластерних систем. Вони пояснили базові поняття та парадигми, що пов'язані з комп'ютерними кластерними системами. Автори запропонували метод оцінки вузлів у неоднорідних кластерних системах. Даний метод базується на двох задачах: proof of work та proof of trust. Перша задача складається з двох етапів. Першим етапом задачі є отримання конфігурацій програмного та апаратного забезпечення кожного вузла в системі. Усі вузли відправляють свої конфігурації центральному управляючому обчислювальному вузлу (ЦУОВ), котрий робив запит. Далі на основі отриманих результатів ЦУОВ приймає рішення, буде вузол займатись обчисленням задачі чи ні. ЦУОВ відправляє типову задачу вузлам, котрі мають необхідну конфігурацію. З отриманих результатів формується рейтингова таблиця вузлів.

Ключові слова: комп'ютерний кластер, вузол, proof of work, proof of trust, закон Амдала

Вступ. Для вирішення задач підвищеної складності зазвичай використовують обчислювальні системи. Обчислювальна система, або кластер – це система, котра складається з n -ої кількості обчислювальних машин, які функціонують як одна система для вирішення певних задач [2].

Зазвичай виділяють декілька типів кластерних систем:

- обчислювальні кластерні системи;
- розподілені обчислювальні системи;
- системи високої доступності;
- системи з розподіленим навантаженням.

Короткий огляд публікацій по темі

Основним елементом кожної обчислювальної системи є обчислювальний вузол (ОВ). У якості вузлів можна використовувати персональні комп'ютери та робочі станції [2]. У кластерних системах виділяють два типи вузлів: ЦУОВ та ОВ. Центральні управляючі обчислювальні вузли – це вузли, котрі назначають задачі на обчислювальні вузли та управляють ними, а обчислювальні вузли виконують команди, які приходять від ЦУОВ. Обчислювальні вузли діляться на декілька типів в залежності від конфігурацій як апаратного так і програмного забезпечення. За архітектурою вузлів кластерні системи діляться на два основні типи:

- однорідні – де всі вузли мають однакове апаратне та програмне забезпечення, завдяки цьому всі вузли мають однакову продуктивність;
- неоднорідні – де всі вузли різної мають різне

апаратне та програмне забезпечення, а отже мають і різну продуктивність.

Зазвичай всі кластерні системи на етапі проектування мають однорідну архітектуру, але коли постає питання про збільшення обчислювальної потужності додаються вузли іншої архітектури. Таким чином, кластерна система перетворюється на систему з неоднорідними вузлами. Варто зазначити, що іноді кластерні системи складаються з декількох обчислювальних систем, котрі локально розташовані в різних частинах світу.

Ціль та постановка задачі. За різних конфігурацій різні вузли мають різну продуктивність, тому для вирішення однієї задачі різні вузли будуть витратити різний час. За законом Амдала [3], якщо задача розділяється на декілька частин, сумарний час її виконання в паралельній системі не може бути менше часу виконання найдовшого фрагмента. За даним законом, продуктивність кожного вузла впливає на продуктивність цілої системи. Кластерні системи з неоднорідними вузлами, а саме система розподілення задач по вузлах - потребують подальшого удосконалення.

Задача "proof of work". У ЦУОВ є дві бази даних, перша з яких – це база типових (tasks_db) задач та відповідей. Типові задачі задаються операторами системи. ЦУОВ обчислює типу задачу декілька разів і після цього записує в базу даних цю задачу та її результат. Іншою базою є база даних вузлів (nodes_db), де зберігається інформація про кожний вузол системи. Архітектура системи показана на Рисунку 1.

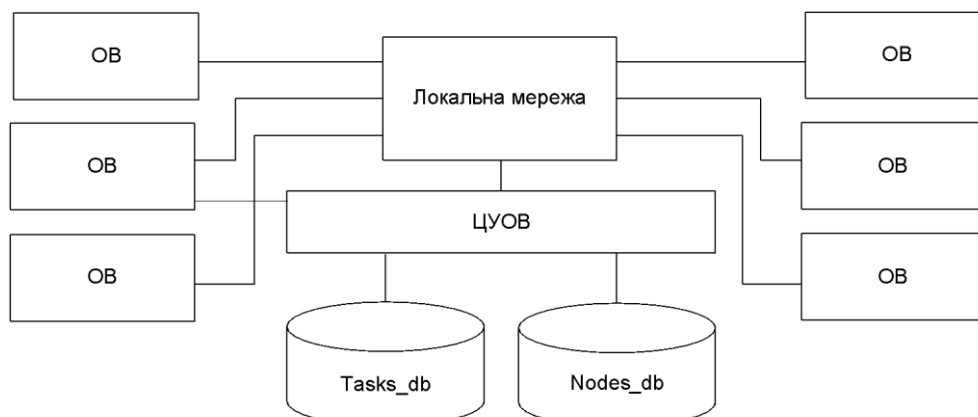


Рисунок 1. Архітектура системи.

Перш за все, кожний обчислювальний вузол повинен підтверджувати свою надійність та продуктивність. Для цього кожному вузлу системи необхідно засвідчити свою працездатність. Для цього ЦУОВ потрібно сформулювати критерії для вузлів, в якості яких зазвичай використовують конфігурацію програмного та апаратного забезпечення. Але цього все ж недостатньо, необхідний критерій продуктивності - найпростішим способом є відправка типової задачі вузлу та отримання результатів задачі. Дану задачу можна назвати proof of work, котра складається з двох етапів:

- етап ініціалізації (initiation step);
- етап обчислення (calculation step).

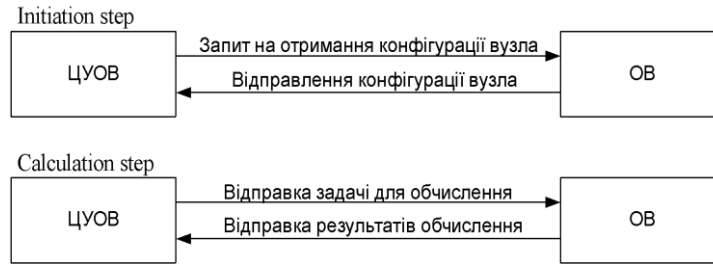


Рисунок 2. Алгоритм роботи задачі proof of work.

Кожний вузол в кластерній системі повинен виконати задачу proof of work. Якщо це не зробив, на нього не може бути назначена обчислювальна задача. Крім того, задача proof of work повинна повторюватись з певною періодичністю або ж у випадку, коли необхідно змінити критерії вузлів, котрі необхідні для системи. Дана задача виконується також у випадку, коли додається нова типова задача.

Задача proof of trust. Після отримання інформації про вузол можна обчислити надійність кожного вузла (P_n) в залежності від апаратного забезпечення. У кожного вузла є свій запис в базі даних nodes_db, який має наступні поля:

- назва вузла;
- конфігурація вузла;
- надійність вузла, що вираховується на основі задачі proof of work;
- версія типової задачі;
- час обрахунку типової задачі;
- результат типової задачі;
- загальний час обрахунку;
- актуальний час обрахунку;
- загальна кількість задач;
- актуальна кількість задач.

Поле «версія типової задачі» повинно співпадати з версією в базі даних tasks_db. Якщо вона не співпадає, це означає, що вузол не виконував задачу proof of work і він не може використовуватись в задачі proof of trust. Після перевірки версії відбувається перевірка результату роботи вузла, який повинен співпадати з результатом, котрий зберігається в базі даних tasks_db.

Кожного разу коли приходиться обчислювальна задача, ЦУОВ розраховує, скільки часу (T_{cal}) необхідно для вузла щоб обчислити його частину задачі. Кожного разу коли вузлу надають обчислювальну задачу його загальний час (T_{total}) збільшується на T_{cal} та вираховується, скільки часу ОВ витратив на підрахунки

На етапі ініціалізації ЦУОВ відправляє запит на отримання конфігурації від кожного вузла, а ОВ відправляє відповідь з своєю конфігурацією. Далі ЦУОВ перевіряє критерії апаратного та програмного забезпечення вузла та записує їх в базу даних вузлів. І приймає рішення передавати вузол на наступний етап чи ні.

На етапі обчислення ЦУОВ відправляє типову задачу обчислювальному вузлу, ЦУОВ фіксує час відправлення задачі та отримання результату. ОВ обчислює типову задачу та відправляє ЦУОВ. А ЦУОВ перевіряє результат та записує його в базу вузлів. Алгоритм роботи задачі proof of work зображений на рисунку 2.

(T_{run}), а N_{total} збільшують на одиницю. Якщо вузол виконав поставлену задачу до його актуального часу (T_{ex}), до загального часу (T_{total}) додають T_{run} , і N_{ex} збільшується на одиницю, після чого необхідно від загального часу відняти (T_{cal}). Якщо вузол новий, всі наступні поля (N_{total} , N_{ex} , T_{total} , T_{ex}) встановлені за замовчуванням як одиниці.

Загальна кількість задач (N_{total}) – це кількість задач, котру вузол повинен був виконати. Актуальна кількість задач (N_{ex}) - це кількість задач, котру вузол виконав. На основі даної інформації можливо порахувати надійність вузла кластерної системи або “proof of trust”, за формулою $P_{pot} = P_n \frac{T_{ex}}{T_{total}} \frac{N_{ex}}{N_{total}}$ (1), де P_n - апаратна надійність вузла (від 0 до 1).

На основі proof of trust можна сформувати таку рейтингову таблицю вузлів, що чим ближче рейтинг вузла до одиниці тим більш надійним він є.

Вибірка вузлів для вирішення поставленої задачі.

З отриманих результатів із попередньої задачі ми отримаємо таблицю вузлів. Якщо вузлів не вистачає для обчислення поставленої задачі, тоді необхідно виконати задачу proof of work, але змінити критерії конфігурації. Якщо ж вузлів більше ніж потрібно, тоді необхідно виконати середнє арифметичне відхилення за P_{pot} , для чого необхідно скористатись формулою $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ (2), де x_i - це P_{pot} для i -го вузла, n - загальна кількість вузлів в таблиці, а \bar{x} - середнє арифметичне.

Далі вирахувати стандартне відхилення за формулою $\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$ (3) [1]. Використовуючи правило 3х сигм, котре стверджує, що практично всі значення нормально розподіленої випадкової величини лежать в діапазоні $\{\bar{x} - 3\sigma; \bar{x} + 3\sigma\}$ [1]. Усі наші вузли також знаходяться в даному діапазоні. Отже, необхідно визначити коефіцієнт k , котрий знаходиться в діа-

пазоні $\{0.1; 3\}$ і підставити його в діапазон $\{\bar{x} - k\sigma; \bar{x} + k\sigma\}$. Цей коефіцієнт необхідно збільшувати з кроком в 0.1 до тих пір, поки кількість вузлів, що знаходиться в заданому діапазоні, не буде більше ніж кількість вузлів, які необхідні для обчислення задачі.

Висновки. Рейтингова таблиця формується з результатів двох задач proof of work та proof of trust. Основа мета цих задач - відсіяти ненадійні вузли або вузли з малою продуктивністю, що в свою чергу збільшить продуктивність неоднорідної кластерної сис-

теми. Використання даного методу зменшить час на обчислення, збільшить швидкість та надійність вирішення задачі. На основі даного методу всі вузли з однаковою продуктивністю будуть зайняті обчисленням задачі. Це значно зменшить час простою систем, що, в свою чергу, є однією з основних проблем в неоднорідних кластерних системах. Проте варто зазначити, що системі потрібен час та ресурси для виконання задач proof of work та proof of trust.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровиков В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В. Боровиков. — СПб.: Питер, 2003. — 688 с.
2. Таненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Таненбаум, М. ван Стеен.. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 877 с.
3. Amdahl, G. (April 1967) «The validity of the single processor approach to achieving large-scale computing capabilities». In Proceedings of AFIPS Spring Joint Computer Conference, Atlantic City, N.J., AFIPS Press, pp. 483-85.
4. Laurie B. "Proof of Work" Proves Not to Work [Электронный ресурс] / B. Laurie, R. Clayton // ALD Ltd, The Stores, 2 Bath Road, London W41LT, United Kingdom 2 University of Cambridge, Computer Laboratory , William Gates Building, 15 JJ Thompson Avenue, Cambridge CB30FD, United Kingdom – Режим доступа до ресурсу: <https://www.cl.cam.ac.uk/~rnc1/proofwork.pdf>.

REFERENCES

1. Borovikov V. STATISTICA. The art of data analysis on a computer: For professionals / V. Borovikov. - St. Petersburg: Peter, 2003. - 688 p.
2. Steen, Maarten van; Tanenbaum, Andrew S. (2007). Distributed systems: principles and paradigms. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall. ISBN 0-13-239227-5
3. Amdahl, G. (April 1967) «The validity of the single processor approach to achieving large-scale computing capabilities». In Proceedings of AFIPS Spring Joint Computer Conference, Atlantic City, N.J., AFIPS Press, pp. 483-85.
4. Laurie B. "Proof of Work" Proves Not to Work / B. Laurie, R. Clayton // ALD Ltd, The Stores, 2 Bath Road, London W41LT, United Kingdom 2 University of Cambridge, Computer Laboratory , William Gates Building, 15 JJ Thompson Avenue, Cambridge CB30FD, United Kingdom

A method for increasing productivity in heterogeneous cluster systems

T. V. Dregalo, V. P. Simonenko, L. V. Dregalo, O. R. Pedorenko, M. S. Soloviova

Abstract. This paper deals with cluster systems. Authors have paid much attention to architecture of these systems. They have also explained all laws and paradigms that are related to computer cluster systems. The authors propose a new method rating of nodes in inhomogeneous cluster systems. This method based on two tasks: proof of work and proof of trust. Task proof of work consists of two steps, on the first server sends requests for all nodes and takes information about software and hardware. After this server makes the decision if server can use this node for calculation or not. If all is ok, the server starts step two and sends simple task for calculation. Using a result of the task server makes rating table with nodes, which can be used for calculation.

Keywords: Computer cluster, node, proof of work, proof of trust, Amdahl's law.

Метод повышения продуктивности для неоднородных кластерных систем

Т. В. Дрегало, В. П. Симоненко, Л. В. Дрегало, О. Р. Педоренко, М. С. Соловьева

Аннотация. В статье рассматриваются кластерные системы. Авторы уделяли большое внимание архитектуре этих систем. Они также объяснили все законы и парадигмы, связанные с компьютерными кластерными системами. Авторы предложили новый метод оценки узлов в неоднородных кластерных системах. Этот метод основан на двух задачах: proof of work и proof of trust. Задача proof of work состоит из двух этапов: на первом этапе сервер отправляет запросы на все узлы и получает информацию о программном и аппаратном обеспечении. После этого сервер принимает решение, можно ли использовать этот узел для расчета или нет. Если все в порядке, сервер начинает второй этап и отправляет простую задачу для расчета. На основе полученных результатов сервер формирует таблицу с рейтингом всех узлов в системе, которые могут использовать для расчета.

Ключевые слова: Компьютерный кластер, вузол, proof of work, proof of trust, закон Амдала.

Rationale use of unmanned aircraft technology as a means of detecting accidents and emergencies situations

A. P. Havrys, A. B. Tarnavsky, M. Z. Lavrivskiy, R. B. Veselivsky

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

Corresponding author. Email: Havrys.AND@gmail.com, andry090880@ukr.net, pozarnik911@mail.ru, roman_veselivskuy@yahoo.com

Paper received 13.06.17; Accepted for publication 25.06.17.

Abstract. In the article the statistics about emergency situations in 2016 and on the number of existing major hazard in Ukraine were analyzed. Based on the analysis introduction in Ukraine of the system for remote monitoring in radioactive and chemical dangerous objects, which includes the use of unmanned aircraft technology was proposed. The research of Ukrainian production "drone" for civil protection and presents its main specifications of which will depend on the success of implementation of its tasks was held. The experience of similar systems used for remote monitoring of certain dangerous objects in Britain was analyzed.

Ключові слова: *monitoring system, civil defense, unmanned aerial vehicle, high risk object, radioactive and chemical danger.*

Introduction. Ensuring the safety of society - a complex scientific and engineering applications, which requires solving complex problems of organization management, forecasting and monitoring of natural and manmade emergency situations (ES).

According to the official website of the State Emergency Service of Ukraine (SESU) in 2016 in Ukraine were happened 149 emergencies. Of these, 56 - manmade, 89 - natural and 4 - social. Due to these emergencies situations killed 183 people (including 37 children) and injured 1,856 people (including 861 children). To the present amount of emergency shows that the largest number of people killed and affected by emergencies is manmade. The total number of emergency situations in 2016, compared with 2015 year increased (148 emergencies situations) and this tendency continues. With the increase in the total number of emergency in Ukraine and increase amount killed and injured as a result of manmade emergencies should focus on new methods and ways of prevention and detection of accidents with the release of dangerous chemicals and radioactive substances in industrial objects.

According to the official report SESU of state supervision of civil protection in the field of technological security for potentially dangerous objects and high risk objects as of December 2016 were registered in Ukraine 6098 high and 22,924 potentially dangerous objects. In addition, in Ukraine there are four active nuclear power plants (Zaporizhska, Rivnenska, Khmelnytska, Yuzhnoukrainska), which has 15 power units with total capacity of 13,880 MW, also in Ukraine carried out the extraction of uranium ore in the Kirovograd and Central Ukrainian uranium areas creating additional radiation hazard country.

Formulation of the problem. Security of dangerous chemically objects (DCO) depends on many factors, including: physical and chemical properties of raw materials, intermediates and products; the nature of the process; design and safety equipment; the storage and transportation of chemicals and other factors. Analysis of the chemically hazardous industries shows that their production lines are small number dangerous chemical items (DCI), and the larger number of dangerous substances is available at the company's warehouses. With the destruction of the substance is distributed outside the company, causing

mass destruction of not only the personnel of the object, but also the population living nearby.

For any emergency phase characterized the emergence, development and decline hazards. In the dangers chemically objects may wake several damaging factors - fire, explosions, chemical pollution of ground and air and outside the facility - pollution. The main damaging factor in the accident in DCO is the chemical pollution of the surface of the atmosphere, which results in destruction of people in the area of materials.

Events in Romania in 2007 with the release of large quantities of cyanide in the river water and contamination from the accident at the mine for the extraction of nickel "Talvivaara" Finland, which occurred in 2012, forced to think about qualitative chemical and radiation reconnaissance and monitoring in the territory our country as according to statistics, in Ukraine there are many dangerous objects, an accident which can cause chemical and radioactive contamination. Especially important was the question that today, as in Ukraine are sabotage groups that perform tasks for disabling of civil protection, critical infrastructure and military installations, as happened at a military base in Balakleya at the end of March 2017 year, where multi-site storage of rocket and artillery exploded (fire) that caused the detonation of ammunition.

In view of the foregoing, the relevance of the study and monitoring areas around dangerous objects is becoming increasingly important. However, for qualitative observation of large areas requires appropriate tools and software by which to implement effective chemical and radiation survey as in case of emergencies and to prevent it.

The main material. For this purpose, monitoring and surveillance in the world gained widespread use of unmanned aerial vehicles (UAV). UAV - aerial vehicle which carries the departure and return without the physical presence of a pilot on board.

With the development of modern technology is gaining increasingly popular use of drones in various areas of civil protection - from the area of remote sensing to identify hazardous chemicals that help in the short term to assess the state of a large area of the study in terms of pollution [1, 2].

In Ukraine there is a one prototype unmanned aerial vehicle that is designed exactly for this purpose - UAV «Viper SM 3» [3].

UAV «Viper SM 3» is designed to perform the tasks assigned to the single state system of civil protection of Ukraine, namely monitoring and observation of hazards in the event of emergencies situations. It has a multi-purpose and can be used for aerial photography areas, with the purpose of security at a certain perimeter, it is also possible to use it for monitoring natural and man-made disasters.

Ukrainian unmanned aerial vehicle «Viper SM 3» is made in an unusual configuration, including rotor unit located on three separate consoles (Fig. 1), which improves the quality of maneuvering drones, providing it with good aerodynamics. Sizes of UAV «Viper SM 3» is quite compact - with length and width of the device 65 cm (without screws), its height is 20 cm, and provides drones weight 5 kg. Thus its load capacity is equal to its weight of 5 kg and at altitudes of up to 2 km. Radius of use UAVs to 6 km with a flight duration of 20 to 50 minutes depending on the workload of the unit.



Fig. 1. General view of the Ukrainian unmanned aircraft «Viper SM 3»

Additionally, the UAV can serve as a carrier of:

- HOES (Hidro stability optoelectronic system) sensor with high resolution visible range;
- HOES sensor with high resolution infrared range, to monitor and identify areas of fire in forest areas [4, 5];
- photo fixation optical system with high resolution;
- suspension system of special use (geodetic, radiometric, gas analyzed, dosimetry).

Prospects of application UAVs in civil protection are obvious, given its characteristics. Although Ukraine in the implementation of "drones" in professional activities



Fig. 2. Universal drones «ImiTec AARM»

AARM has the flight time of 45 min, flight range of 1 km and optimal weight less than 7 kg. Advantages of AARM are minimal risk for the operator, rapid response programmed flight trajectory, fast and detailed research.

Conclusions. Given the characteristics discussed in the article UAV is clear that the prospects for their use are appropriate and reasonable.

SESU still under development, it is necessary to consider and implement the best practices of foreign rescue services, which have long been widely used and such types of industrial monitoring high risk. Also, a big advantage of using the technology of unmanned aerial vehicle is that a man or a rescuer is safe, and that is the top priority in the liquidation of any accidents.

Thus, the British firm ImiTec Limited has developed and implemented remote monitoring system at high risk objects «ImiTec RIAS» and «ImiTec AARM».

The monitoring system Airborne ImiTec Advanced is simple and universal, it has radiation detection antenna and the ability to fly at low altitude. Unique remote isotopic analysis of «ImiTec Radiation isotope analyzer system (RIAS)» is made of lightweight gamma spectrometer, which uses custom software to process data on radiation. It allows getting high-quality image of radiation. The system can be integrated into many different platforms, including ground vehicles and remotely piloted UAV's.

Remote isotopic analysis of «ImiTec RIAS» is a radiation monitoring system that detects, characterizes and displays radiological contamination. It has sensors for data collection, microcontroller and software to interpret the data and create maps showing the location and intensity of the radiation radioactive type.

RIAS system can be used to detect radiation at nuclear energy objects, defense industry, in the mining, in reconnaissance, and so on. Data collected through RIAS, include location, calculations, the radiation intensity and energy, well-characterized danger arose. During the monitoring operations, locations and calculations sent in real time to operators who monitor the results. All data stored on the SD - card with an option to download the Internet. Estimates of the extent of zones and radiation generated maps sent locally on a single central server ImiTec.

The company has also developed a system of autonomous airborne radiation monitoring system that uses accessible and universal UAV «ImiTec RIAS» (Fig. 2). Airborne Advanced Radiation Monitoring (AARM) at low altitude provides radiation detection and can be adapted to regular monitoring of dangers radiation objects to respond to nuclear accidents or incidents related to the release of radioactive substances.

Another important factor that shows the effectiveness of the technology of UAV's is their constant improvement. World remote observation constantly modified to perform effective monitoring, and the introduction of these technologies in radioactive and dangerous chemical objects approved in some countries by law. Implementation of such systems on separate objects according to the UK Official Site Fire and Rescue Service UK [6]

prevented the emergence of five emergency situation, the consequence of which could suffer up to 3000 people. Therefore, the State Emergency Service of Ukraine should begin to introduce world experience using obser-

vation systems at high risk objects bearing radioactive or chemical hazards. In the future it will help reduce the number of emergency situation and, more importantly, to avoid human and material losses.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стародуб Ю.П. Локализация пожароопасных участков с использованием спутниковых данных для сейсмоактивных зон Украины / Ю.П. Стародуб, Б.С. Купльовський, Ю.С. Шелюх, А.П. Гаврись // Сборник научных трудов «Пожарная безопасность». – Львов. – 2013. - №23. – с. 151-158.
2. Стародуб Ю.П. Проект повышения безопасности объектов для территорий, подверженных риску затопления Украины / Ю.П. Стародуб, А.П. Гаврись // Центрально-Европейский журнал по науке и исследованиям “Stredoevropsky Vestnik pro vedu a vyzkum”. - Прага. - 2015. – с.42-46.
3. Лаврівський М.З. Развитие беспилотных летательных аппаратов в Украине и мире для выполнения задач гражданской защиты / М.З. Лаврівський, А.П. Гаврись // Научный вестник НЛТУ Украина. - Львов. – 2017. - т. 27. - № 1. с. 151 – 153.
4. Лаврівський М.З. Использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга чрезвычайных ситуаций в лесной местности/ М.З. Лаврівський, Н.С. Тур // Сборник научно-технических работ «Научный вестник НЛТУ Украины». – Львов. – 2015. - №25.8. – с. 353-359.
5. Веселівський Р.Б. Системы мониторинга и предупреждения пожаров / Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации: Международная научно-практическая конференция. – Гомель: ГУО ГИИ МЧС РБ, 2014. – С. 36.
6. Официальный сайт пожарно-спасательной службы Великобритании. Режим доступа: <http://www.fireservice.co.uk/>.

REFERENCES

1. Starodub, Yu. P., Kuplovskyj, B. Ye., Sheljuh, Yu. Ye., & Havrys, A. P. (2013). Localization fire areas using satellite data for seismic zones Ukraine. Fire safety, 23, pp. 151–158. [In Ukrainian].
2. Starodub Y.P. Increasing areas security project for the risk flooding territories of Ukraine / Y.P. Starodub, A.P. Havrys // Central European Journal for Science and Research “Stredoevropsky Vestnik pro vedu a vyzkum”. - Praha. - 2015. – с.42-46.
3. Lavrivskiy, M., & Havrys, A. (2017). Development of Unmanned Aerial Vehicles in Ukraine and in the World for Civil Protection. Scientific Bulletin of UNFU , 27(1), 151–153. [In Ukrainian].
4. Lavrivskij, M. Z., & Tur, N. Ye. (2015). The Use of Unmanned Aerial Vehicles for Monitoring Emergency in Forest Area. Scientific Bulletin of UNFU, 25(8), pp.353-359. [In Ukrainian].
5. Veselivskij, R. B. (2014). Fire monitoring and prevention systems. Proceedings of the Emergencies: theory, practice, innovation: International Scientific and Practical Conference. Gomel: GUO GII MChS RB, p. 36. [In Russian].
6. Official web-site of fire rescue service of Great Britain. Access: <http://www.fireservice.co.uk/>.

Обоснование использования технологий беспилотных летательных аппаратов, как средства детектирования аварий и аварийных ситуаций

А. П. Гаврись, А. Б. Тарнавский, М. З. Лавривский, Р. Б. Веселивский

Аннотация. В статье проанализированы статистические данные возникновения чрезвычайных ситуаций и данные о количестве объектов повышенной опасности территории Украины на 2016 год. На основе проанализированных данных предложено внедрение в Украине системы дистанционного наблюдения на радиоактивно и химически опасных объектах, которая включает в себя использование беспилотных летательных аппаратов. Проведено исследование «беспилотника» украинского производства для выполнения задач гражданской защиты и его основные технические характеристики. Кроме этого, проанализирован опыт использования аналогичных систем дистанционного наблюдения на отдельных опасных объектах Великобритании.

Ключевые слова: система наблюдения, гражданская защита, беспилотный летательный аппарат, объект повышенной опасности, радиоактивное и химическое опасность.

Методологічні принципи фрактально-текстурного аналізу зображень і поверхонь за даними НЛС

В. М. Мельник, Н. В. Муляр

Paper received 23.06.17; Accepted for publication 28.06.17.

Анотація. У статті розглядаються методологічні принципи фрактально-текстурного аналізу зображень та дискретних масивів координатних точок, які визначаються методами наземного лазерного сканування. Деталізовані питання частотно-контрастної фільтрації напівтонових зображень Марра-Хілдрета. В загальних рисах теоретично висвітлені фотограмметричні аспекти сканів та процесів їх resampling-у. Значна увага надана визначенню фрактальної розмірності дискретного поля координатних точок НЛС за методом спектрального розкладу.

Ключові слова: фрактально-текстурний аналіз, напівтонові зображення і поверхні, наземне лазерне сканування, оператор Марра-Хілдрета, фрактальна розмірність.

Вступ. Одним із важливих питань є коректна і строго науково-обґрунтована характеристика просторового розподілу природних структур, наприклад, сільсько-господарських угідь. Можливим вирішенням цієї проблеми є застосування принципів фрактальної геометрії [1, 2].

За своєю суттю фрактальність враховує ступінь організованості природних структур. У результаті фрактального аналізу космічних знімків різного масштабу доведено доцільність застосування такого підходу. Дослідження виконані для різних фізико-географічних регіонів Росії та Польщі, і є достатньо обґрунтованими.

В останні роки досить широко та успішно застосовується наземне лазерне сканування найрізноманітніших об'єктів, зокрема, будівель, архітектурних пам'яток, скульптур тощо [3, 4]. Для лазерних сканерів різного виробництва важливо встановлювати умови їх оптимального застосування. Неоднозначною є думка серед науковців і практиків щодо впливу текстурних особливостей досліджуваних об'єктів. Важливим та актуальним є питання інтеграції фотограмметричних методів у практику наземного лазерного сканування. В статті розглядаються методологічні принципи фрактально-текстурного аналізу зображень та дискретних масивів точок, які визначаються методами наземного лазерного сканування.

Аналіз останніх публікацій. На сьогодні різними фірмами-виробниками розроблені високоточні та швидкодіючі наземні лазерні сканери третього покоління, застосування яких в інженерно-технічних задачах є надзвичайно перспективним. Однак, немає однозначності стосовно точності і можливостей сканерів різних виробників. Для вирішення цих питань опублікована низка публікацій.

Відзначимо такі дослідження [5, 6, 8, 9, 10]:

– Чибунічев А. Г., Валижев А. Б.: «Автоматическое сопоставление облаков точек, полученных в результате НЛС с использованием ориентационных гистограмм», 2008, с. 112-119;

– Михайлов А. П., Синькова М. Г.: «Применение стереоскопического метода для наблюдения и обработки результатов трехмерного лазерного сканирования», Геодезия и картография, 2003, с. 38-41.

Особливо значимими і вагомими є дослідження д.т.н. Шульца Р. В. «Теорія і практика використання наземного лазерного сканування в задачах інженерної геодезії» (автореферат докторської дисертації), Київ, КНУБА, 28 с.

Варто виділити також і оригінальний навчальний посібник проф. Дорожинського О. Л.: «Наземне лазерне сканування в фотограмметрії», Львів, 2014, 95 с.

Мета. Розглянути концептуальні основи фрактально-текстурного аналізу напівтонових зображень і поверхонь, досліджуваних методами тривимірного лазерного сканування.

Виклад основного матеріалу

1. Попередня обробка. При застосуванні матеріалів наземного лазерного сканування часто використовується диференціальний оператор Марра-Хілдрета, який порівняно з традиційними фільтрами Собеля, Робертса та ін. має ряд переваг. Оператор Марра-Хілдрета має дві особливості. По-перше, він реалізовує диференціальний оператор, який враховує першу або другу просторову похідну зображення. По-друге, він адаптований на роботу на необхідному масштабному рівні для того, щоб оператори, призначені для обробки великих фрагментів зображення, можна було використовувати для виявлення границь на розмитих, затемнених ділянках зображення, і, навпаки, призначені для обробки малих фрагментів зображення – для виявлення малих елементів зображення на його добре сфокусованих ділянках.

Марр і Хілдрет показали, що в найбільш загальному випадку цим вимогам відповідає поєднання Лапласа [7]

$$\nabla^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right), \quad (1)$$

який загострює границі, із згладжуючим фільтром, що задається гаусівською функцією

$$G(x, y) = \exp \left[-\frac{x^2 + y^2}{2\pi\sigma^2} \right], \quad (2)$$

де σ^2 – дисперсія нормального розподілу.

Регулюючий оператор Марра-Хілдрета має вигляд $\nabla^2 G(r) = -1/\pi\sigma^2 \left(1 - r^2/2\sigma^2 \right) \exp \left(-r^2/2\sigma^2 \right)$, (3)

де r – відстань до даної точки від центра фільтра.

Вибір оператора $\nabla^2 G$ -типу здійснюється в основному за рахунок гаусівської кривої G .

Практика застосування оператора Марра-Хілдрета підтвердила його ефективність при аналізі матеріалів лазерного сканування спільно з цифровими зображеннями.

2. Фотограмметрія окремого скана. Математичною основою є рівність координат точок сканування і координат міток калібрувального поля [3, 5, 6]

$$\begin{aligned} F(F_x, F_y, F_z) &= 0, \\ F_x &= X_i - x_i, \\ F_y &= Y_i - y_i, \end{aligned} \quad (4)$$

$$F_z = Z_i - z_i,$$

де X_i, Y_i, Z_i – координати міток калібрування; x_i, y_i, z_i – просторові координати точок сканування.

У лінеаризованому вигляді рівняння (4) матиме вигляд:

$$F = F^0 + \sum_1^n A_i t_i + l_i = 0. \quad (5)$$

Звідси рівняння поправок матиме вигляд:

$$\sum_1^n A_i t_i + l_i = V_i, \quad (6)$$

де A_i – частинні похідні за відповідними змінними

$$A_i = \frac{\partial F}{\partial t_i}.$$

Розв'язок системи рівнянь поправок виконується за стандартною схемою методу найменших квадратів і передбачає отримання матриці напрямних косинусів. Стосовно особливостей НЛС вона має такий вигляд:

$$A \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\varphi - \Delta\varphi) \cos(\chi - \Delta\chi) \\ \sin(\varphi - \Delta\varphi) \cos(\chi - \Delta\chi) \\ \sin(\chi - \Delta\chi) \end{bmatrix} \cdot (r - \Delta r), \quad (7)$$

$$r = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2},$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{y}{x}\right),$$

$$\chi = z / \sqrt{x^2 + y^2}.$$

3. Фотограмметрія пари сканів. Математичною основою фотограмметричної пари сканів може бути рівняння компланарності

$$\varphi = \begin{vmatrix} X_{s_1} & Y_{s_1} & Z_{s_1} & 1 \\ X_{s_2} & Y_{s_2} & Z_{s_2} & 1 \\ X_{m_1} & Y_{m_1} & Z_{m_1} & 1 \\ X_{m_2} & Y_{m_2} & Z_{m_2} & 1 \end{vmatrix} = 0. \quad (8)$$

Рівняння (8) – нелінійне, тому потрібна його лінеаризація. Проте, при сучасній обчислювальній техніці замість лінеаризації можна застосовувати ітеративне растрове перетворення координат Хельмерта

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{s_1} = m \cdot \begin{bmatrix} 1 & -\varepsilon_z & \varepsilon_y \\ \varepsilon_z & 1 & -\varepsilon_x \\ -\varepsilon_y & \varepsilon_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{s_2} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}_{s_1-s_2}, \quad (9)$$

де $S_1(X, Y, Z)$ і $S_2(x, y, z)$ – пара сканів; m – масштабний коефіцієнт; $(\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z)$ – кути Ейлера взаємного орієнтування координатних систем S_1XYZ та S_2xyz сканів S_1 і S_2 .

У випадку спільного опрацювання більше двох сканів фотограмметрична модель модифікується за принципами самокалібрування.

4. Resampling методом RANSAC. Багаточисельні дослідження доктора наук Шульца Р. В. [1] підтвердили ефективність зшивання окремих сканів, отриманих з різних станцій, з використанням ітераційного методу найближчої точки у поєднанні з RANSAC-модулем.

Для реалізації методу зшивання лазерних сканів за ітераційним методом найближчої точки пропонується використовувати сучасний метод математичної статистики, який іменується в літературі як метод вибору випадкової послідовності [5].

Алгоритм RANSAC вперше було запропоновано Fisher та Bolles в 1981 р. для оцінки параметрів моделей, дані для яких були спотворені грубими помилками. Результати їх досліджень підтвердили, що цей метод є надзвичайно стійким і за теоретичними висновками може правильно оцінити параметри моделі,

коли кількість грубих помилок досягає 50 %. Незважаючи на існуючі модифікації RANSAC-методу всі вони працюють в два кроки:

1. **Гіпотеза.** Перший мінімальний тест за випадково вибраними даними, за якими однозначно визначаються моделі.

2. **Тест.** Перевірка всієї множини точок на відповідність їх визначеній в першому кроці моделі.

Робота алгоритму припиняється, коли ймовірність знайти найкращу комбінацію досягає порогового значення.

Ключовим моментом роботи RANSAC-методу є вибір випадкової послідовності. Очевидно, що відрізати грубі помилки від безпомилкових даних однозначно неможливо. Якщо випадковим членом вибрати з усієї множини n точок, за якими будується модель, то з певною ймовірністю можна стверджувати, що така модель є близькою до істинної, для цього виконують \square ітерацій. Якщо відома наближена кількість грубих помилок, то можна обчислити ймовірність, з якою \square вибірок дозволить отримати оптимальну, близьку до істинної моделі. Кількість необхідних вибірок знаходять, виходячи з заданої ймовірності

$$p = 1 - (1 - (1 - \varepsilon)^k)^m, \quad (10)$$

де p – задана ймовірність; k – кількість точок, необхідна для обчислення моделі; ε – відсоток грубих помилок; m – кількість вибірок [5].

Враховуючи перспективність методу RANSAC в останні роки розроблено ряд його модифікацій:

Крок 1. Повторити вибірку m разів.

Крок 1.1. Вибрати підмножину з $s^{(h)}$ елементів.

Крок 1.2. Визначити параметри моделі $\theta^{(h)}$ для поточної підмножини.

Крок 1.3. Визначити відповідність T моделі.

Крок 2. Визначити найбільш відповідну T модель з обчислених.

У схемі виділяються два окремих алгоритми, які й утворюють модифікації при створенні удосконалених RANSAC-подібних методів:

– вибір підмножини;

– визначення відповідності моделі вихідним даним.

У самому RANSAC в якості алгоритму вибору підмножини взято вибір $s^{(h)}$ елементів, кожен з яких вибирається з однаковою ймовірністю з усієї множини точок. А ступінь відповідності моделі і даних визначається за кількістю грубих помилок.

Фрактально-спектральний аналіз. Спектральний аналіз здійснюється на основі Фур'є-перетворення [11]

$$\Phi(u, v) = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} f(i, j) \cdot \exp\left\{\frac{-2\pi i}{M}(ui + vj)\right\}, \quad (11)$$

де u, v – перетворення в i -му та j -му напрямках. При використанні двовимірного спектру кожної величини $\Phi(u, v)$ відповідає еквівалентне радіальне число згідно співвідношення $r = (u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}}$.

Двовимірна спектральна енергетична щільність S_{2j} для кожного хвильового моменту k_j обчислюється за формулою

$$S_{2j} = \frac{1}{N_j} \sum_1^n |\Phi(u, v)|^2, \quad (12)$$

де N_j – число коефіцієнтів $\Phi(u, v)$.

У випадку фрактального аналізу важлива наступна пропорційність

$$S_{2j}(k_j) \propto k_j^{-1-\beta}, \quad (13)$$

де $\beta = 2 \cdot H + D_T$, H – фрактальна розмірність, D_T – топологічна розмірність.

Стосовно фрактально-текстурного аналізу поверхонь за даними НЛС практичне застосування мають пряме і обернене двовимірне Фур'є-перетворення, які в стандартному записі мають вигляд [1, 2]:

$$G_{n,m} = \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{k=0}^{N-1} z_{k,j} W_N^{-n,k} W_M^{-m,j}, \quad (14)$$

$$z_{k,j} = \frac{1}{NM} \sum_{n=0}^{N-1} \sum_{m=0}^{M-1} G_{n,m} W_N^{n,k} W_M^{m,j}, \quad (15)$$

тут Z – висоти рельєф-досліджуваних поверхонь методами НЛС.

6. Приклади застосування. Для ілюстрації оцінок фрактальності геопросторових структур приведено дані, отримані відомими вченими-фотограмметристами [11, 12, 13]. За даними фрактального аналізу космознімків різного масштабу Landsat-TM і МКФ-6 отримані фрактальні розмірності просторових структур розподілу посівних площ с/г культур окремих регіонів Польщі і Росії.

Результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Фрактальні розмірності просторових структур розподілу посівних площ с/г культур окремих регіонів Польщі і Росії

Регіон Росія			Польща		
Клас	D_f	D_i	Клас	D_f	D_i
Пшениця	1,41	1,39	Пшениця	1,75	1,59
Ячмінь	1,18	1,16	Просапні	1,68	1,54
Пар	0,97	0,96	Трави	1,49	1,33
Просапні + трави	1,79	1,67	Рапс	1,35	1,35
			Ліс	1,47	1,45

Для різнотипових геопросторових структур обчис-

лені фрактальні розмірності D_f і D_i (D_f – фрактальна розмірність, D_i – інформаційна розмірність). Всі значення D_f і D_i не цілі числа і більші топологічних розмірностей D_T , що однозначно підтверджує фрактальність просторових геоструктур різних фізико-географічних регіонів та неоднакової організації землекористування.

Геопросторові структури територій Росії та Польщі мають різну фрактальність, для Росії – однорідну, а для Польщі, через нерівномірну територіальну диференціацію, – неоднорідну.

Про вплив текстурних особливостей різних за своїм призначенням об'єктів можна судити за результатами досліджень, виконаними за дорученням ISRPS.

Коротко охарактеризуємо об'єкти дослідження. Перша модель – церква м. Вартбург. Сканування здійснювалось сканером Riegl LMS-Z390i. В процесі вимірювань для кожної точки фіксувались три просторові координати та інтенсивність відбитого сигналу. Друга модель – готичний собор. Сканування виконувалось сканером Trimble GX при двох різних положеннях сканера. Третя модель – грецька церква Самарина. Сканування здійснювалось із використанням сканера Сугах 2500 з восьми станцій, проте в процесі обчислень було використано три найбільш інформативні моделі. Четверта модель – середньовічний замок Вельфеншлос. Особливістю цього об'єкта є наявність великої кількості дерев перед фасадом (15% від усієї кількості точок моделі), які суттєво утруднювали безпосередньо обчислювальний процес. Для отримання необхідної точності точки дерев були успішно відфільтровані. Сканування проводилось лазерним сканером Riegl LMS-Z360.

Досліджувані об'єкти були різної конфігурації і складності, з суттєвою неоднаковою текстурою, однак, до них не застосовувались спеціальні методи текстурної корекції.

Більш детальні відомості про досліджувані об'єкти наведені у таблиці 2.

Таблиця 2. Відомості про досліджувані об'єкти

№	Назва об'єкту	Тип сканера	К-сть моделей НЛС	К-сть точок в одному скані	Крок сканування, см	Швидкість сканування, т/с	Точність, см/к-сть точок
1	Церква м. Вартбург	Riegl LMS-Z390i	4	50000	2,40	11000	2,20/25180
2	Готичний собор	Trimble GX	2	60000	3,10	–	5,10/23400
3	Грецька церква Самарина	Сугах 2500	8(3)	110000	1,00	1000	0,71/49540
4	Замок Вельфеншлос	Riegl LMS-Z360	12	110000	2,40	–	2,12/83443

Висновки. Розглянуті загальні методологічні принципи цифрової фільтрації та фотограмметрії аерокосмозображень та архітектурних будівель за

даними лазерного сканування. Висвітлені особливості комп'ютерного опрацювання надзвичайно великої кількості масивів просторових координат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мельник В. М. Кількісна стереомікрофрактографія (монографія) / В. М. Мельник, А. В. Шостак. – Луцьк: ПВД “Твердиня”, 2010. – 460 с.
2. Федер Е. Фракталы / Е. Федер. – М.; Мир, 1992. – 260 с.
3. Дорожинський О. Л. Наземне лазерне сканування в фотограмметрії: навч. посіб. / О. Л. Дорожинський. – Л.: Вид-во Львів. політехніки, 2014. – 95 с.
4. Monserrat O. Deformation measurement using terrestrial laser scanning data and least squares 3D surface matching / O. Monserrat, M. Crosetto // Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2008. – № 63 (1). – P. 142-154.
5. Шульц Р. В. Теорія і практика використання наземного лазерного сканування в задачах інженерної геодезії: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.24.01 – геодезія, фотограмметрія та картографія / Шульц Р. В. – К.: Київський нац. ун-т буд-ва і архітектури, 2012. – 32 с.

6. Шульц Р. В. Использование нечеткого моделирования для выбора модели наземного лазерного сканера / Р. В. Шульц // Изв. вузов. Серия «Геодезия и аэрофото-съемка». – 2011. – № 2. – С. 103–107.
7. Русин Б. П. Системы синтезу, обробки та розпізнавання складно-структурованих зображень / Б. П. Русин. – Л.: Вертикаль. – 1997. – 264 с.
8. Dold C. Extended Gaussian images for the registration of terrestrial scan data / C. Dold // ISPRS WG III/3, III/4, V/3 Workshop “Laser scanning 2005”, Enschede, the Netherlands, September 12-14. – P. 180-185.
9. Sipahi M. A novel approach for differentiating etiology of gallstone formation: Sistocholedochal angle / M. Sipahi, M. F. Erkoç, H. I. Serin, H. Börekçi, O. Banli // European Review for Medical and Pharmacological Sciences. – 2015. – Vol. 19. – № 6. – P. 1063-1067.
10. Журавель І. М. Аналіз текстури фрактографічних зображень на основі спектра фрактальних розмірностей Реньї / І. М. Журавель // Искусственный интеллект. – 2013. – № 1. – С. 204-208.
11. Леготкин Р. Л. Исследование методов фрактального анализа для целей тематического дешифрирования аэрофотоизображений: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.34 / Р. Л. Леготкин. – М.: Моск. гос. ун-т геод. и картографии, 2002.
12. Васильев Л. Н. Фрактальность пространственных структур геосистем / Л. Н. Васильев, А. С. Тюфлин // Исследование Земли из космоса. – 1991. – № 4. – С. 53-66.
13. Чибуничев А. Г. Автоматическое сопоставление облаков точек, полученных в результате наземного лазерного сканирования, с использованием ориентационных гистограмм / А. Г. Чибуничев, А. Б. Велижев // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2008. – № 3. – С. 112-119.

REFERENCES

1. Melnyk V. M. Kilkisna stereomikrofraktohrafiia (monohrafiia) / V. M. Melnyk, A. V. Shostak. – Lutsk: PVD “Tverdnyia”, 2010. – 460 s.
2. Feder E. Fraktaly / E. Feder. – М.; Myr, 1992. – 260 s.
3. Dorozhynskiy O. L. Nazemne lazernye skanuvannia v fotohrammetrii: navch. posib. / O. L. Dorozhynskiy. – L.: Vyd-vo Lviv. politekhniki, 2014. – 95 s.
4. Monserrat O. Deformation measurement using terrestrial laser scanning data and least squares 3D surface matching / O. Monserrat, M. Crosetto // Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. – 2008. – № 63 (1). – P. 142-154.
5. Shults R. V. Teoriia i praktyka vykorystannia nazemnoho lazernoho skanuvannia v zadachakh inzhenernoi heodezii: avtoref. dys. ... d-ra tekhn. nauk: 05.24.01 – heodeziia, fotohrammetriia ta kartohrafiia / Shults R. V. – К.: Kyivskiy nats. un-t bud-va i arkhitektury, 2012. – 32 s.
6. Shults R. V. Yspolzovanye nechetkoho modelyrovannia dlia vybora modely nazemnoho lazernoho skanera / R. V. Shults // Yzv. vuzov. Seryia «Heodeziya y aэrofotosъemka». – 2011. – # 2. – S. 103–107.
7. Rusyn B. P. Systemy syntezy, obrobky ta rozpoznavannia skladno-strukturovanykh zobrazhen / B. P. Rusyn. – L.: Vertykal. – 1997. – 264 s.
8. Dold C. Extended Gaussian images for the registration of terrestrial scan data / C. Dold // ISPRS WG III/3, III/4, V/3 Workshop “Laser scanning 2005”, Enschede, the Netherlands, September 12-14. – P. 180-185.
9. Sipahi M. A novel approach for differentiating etiology of gallstone formation: Sistocholedochal angle / M. Sipahi, M. F. Erkoç, H. I. Serin, H. Börekçi, O. Banli // European Review for Medical and Pharmacological Sciences. – 2015. – Vol. 19. – № 6. – P. 1063-1067.
10. Zhuravel I. M. Analiz tekstury fraktohrafiichnykh zobrazhen na osnovi spektra fraktalnykh rozmirstei Reni / I. M. Zhuravel // Yskusstvennyy intellekt. – 2013. – # 1. – S. 204-208.
11. Lehotkyn R. L. Yssledovanye metodov fraktalnoho analiza dlia tselei tematycheskoho deshyfyrovannia aэrofotozobrazheniy: avtoref. dyss. ... kand. tekhn. nauk: 25.00.34 / R. L. Lehotkyn. – М.: Mosk. hos. un-t heod. y kartohrafiyy, 2002.
12. Vasylev L. N. Fraktalnost prostranstvennykh struktur heosystem / L. N. Vasylev, A. S. Tiuflyn // Yssledovanye Zemly yz kosmosa. – 1991. – # 4. – S. 53-66.
13. Chybunychев A. H. Avtomatycheskoe sopostavlenye oblakov tochek, poluchennykh v rezultate nazemnoho lazernoho skanyrovannia, s yspolzovanyem oryentatsyonnykh hystohramm / A. H. Chybunychев, A. B. Velyzhev // Heodeziya y aэrofotosъemka. – 2008. – # 3. – S. 112-119.

Методологические принципы фрактально-текстурного анализа изображений и поверхностей по данным НЛС

В. Н. Мельник, Н. В. Муляр

Аннотация. В статье рассматриваются методологические принципы фрактально-текстурного анализа изображений и дискретных массивов координатных точек, определяемых методами наземного лазерного сканирования. Детализированы вопросы частотно-контрастной фильтрации полутонных изображений Марра-Хилдрета. В общих чертах теоретически освещены фотограмметрические аспекты сканов и процессов их resampling-а. Значительное внимание предоставлено определению фрактальной размерности дискретного поля координатных точек НЛС методом спектрального разложения.

Ключевые слова: фрактально-текстурный анализ, полутонные изображения и поверхности, наземное лазерное сканирование, оператор Марра-Хилдрета, фрактальная размерность.

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

V. M. Melnik, N. V. Mulyar

Abstract. The article reveals with the methodological principles of fractal-texture analysis of images and discrete arrays of coordinate points, which are determined by ground-based laser scanning methods. Questions of frequency-contrast filtration of Marra-Hildreth halftone images are detailed. In general, the photogrammetric aspects of scans and their resampling processes are theoretically covered. Considerable attention is given to the fractal dimension definition of the discrete field of the TLS coordinate points according the method of spectral decomposition.

Keywords: fractal-texture analysis, halftone images and surfaces, terrestrial laser scanning, Marra-Hildreth operator, fractal dimension.

Areas of high energy efficiency of energy supply systems with cogeneration heat pump installations of large power and peak fuel-fired boilers for heat supply systems

O. P. Ostapenko

Department of Heat Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine
Corresponding author. E-mail: ostapenko1208@gmail.com.

Paper received 23.06.17; Accepted for publication 30.06.17.

Abstract. The approach, aimed at determination of the areas of high energy efficiency of energy supply systems (ESS) with cogeneration heat pump installations (CHPI) of large power and peak fuel-fired boilers (FB) for heat supply systems (HSS), 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 large 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, peak fuel-fired boiler, heat supply system.

Introduction. 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 β , 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 φ , and efficient factor of gas-piston engine-generator (GPE) η_{EGPE} . Energy efficient operation modes of CHPI correspond to the condition $K_{CHPI} > 1$.

Dimensionless criterion of peak source of heat energy efficiency – hot-water fuel-fired boiler – within ESS K_{PSH} , according to [8], obtained on the base of energy balance equation for the systems «Sources of electric energy and fuel – fuel-fired boiler – heat consumer from ESS» with the account of the impact of the energy sources for peak fuel-fired

boiler and with the account of energy losses in the process of generation and supply of electric energy to the boiler (boiler house). In this case, consumption of electric energy by peak source of heat in ESS – fuel-fired boiler – is not directly connected with the process of heat generation in the boiler and the share of electric energy consumption for auxiliary needs is not great, that is why, it does not greatly influence the value of K_{PSH} index.

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 [12] on conditions of minimal efficiency of GPE and fuel-fired boiler (boiler house), for ESS with CHPI of different power levels and peak fuel-fired boilers the areas of energy efficient operation in heat supply systems, that corresponds to energy efficient operation modes of ESS and CHPI with $\beta = (0,32 \dots 0,37) \dots 0,63$ and $K_{CHPI} = 1,1 \dots 1,6$ are determined. Under these conditions energy efficiency of these ESS exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers.

In research [12] on conditions of maximal efficiency of GPE and fuel-fired boiler (boiler house), for ESS with CHPI of different power levels and peak fuel-fired boilers the areas of energy efficient operation in heat supply systems, that corresponds to energy efficient operation modes of ESS and CHPI with $\beta = (0,16 \dots 0,26) \dots 0,63$ and $K_{CHPI} = 1,1 \dots 2,1$ are determined. The investigated ESS can be competitive

with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in heat supply and energy supply systems.

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 large power and FB for HSS, 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 large power and peak FB for HSS on conditions of optimal operation modes of CHPI, determination of energy efficient operation modes of ESS with large power CHPI and peak FB in HSS 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.

Materials and methods. The research contains the evaluation of high energy efficient operation modes of ESS with CHPI of large power and peak FB for heat supply systems. Energy efficiency of ESS with steam compressor HPI of large power (higher than 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 large 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 for HSS are presented in works [1, 10]. Methodical fundamentals of energy efficiency evaluation of ESS with large power CHPI and peak FB for HSS are given in research [8].

Areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of large power and peak FB for HSS 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 large 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 large power and peak FB for heat supply systems are defined on conditions of optimal operation modes of large power 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 large power and FB high energy efficiency for heat supply systems will be demonstrated on the specific examples.

Figs. 1 – 2 shows the results of research, aimed at determination of the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of large power and FB in HSS for energy efficient operation modes of CHPI, based on the results of the studies [7 – 8]. The values of the dimensionless criterion

of energy efficiency of ESS with large power CHPI and FB in HSS is studied for the cases of seasonal variable loading of CHPI within ESS for optimal values of CHPI loading share the range of $\beta = 0,16 \dots 0,63$ [14 – 16], that corresponds to temperature modes of heat supply system operation. As above mentioned, the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of large 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 large 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 $\phi_r = 2,7 \dots 5,4$ for CHPI of large power, according to [8].

Fig. 1 shows the area of high energy efficiency of ESS with CHPI of large power and peak fuel-fired boiler for HSS, 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 $\eta_{ED} = 0,9$. 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 $K_{ESS} = 1,01 \dots 1,12$ on condition on minimal value of energy efficient criterion of CHPI $K_{CHPI} = 1,3$; for operation modes of ESS with $K_{CHPI} > 1,3$ the values of dimensionless criterion of ESS energy efficiency change within the limits of $K_{ESS} = 1,05 \dots 1,304$. High efficient operation modes of these ESS are provided on conditions of energy efficient modes of CHPI operation with the values of energy efficiency index $K_{CHPI} = 1,3 \dots 1,6$.

As it is seen from Fig. 1, on conditions of $K_{CHPI} > 1,3$ and $K_{ESS} > 1$ [11], dependence, shown in Fig. 1, determine area of high energy efficiency of ESS with CHPI of large power and peak fuel-fired boiler (boiler house) for HSS, on conditions of minimal efficiency of GPE and fuel-fired boiler (boiler house). On such conditions, the above-mentioned ESS can be recommended as high efficient energy supply systems, as their efficiency 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.

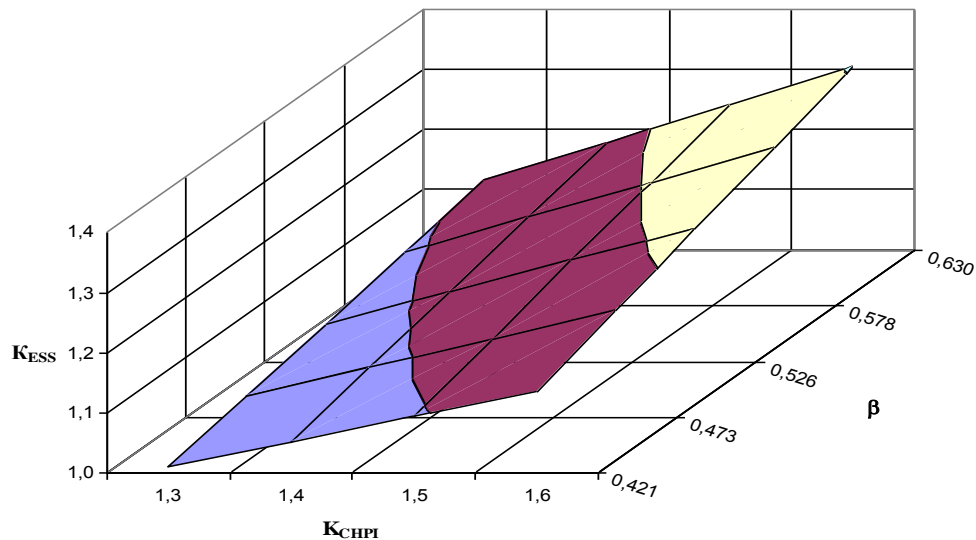


Fig. 1 – Area of high energy efficiency of ESS with CHPI of large power and peak fuel-fired boiler, on conditions of minimal efficiency of GPE and FB for heat supply systems

Fig. 2 shows the area of high energy efficiency of ESS with CHPI of large power and peak fuel-fired boiler for HSS, 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 $\eta_{ED} = 0,9$. 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 $K_{PSH}^{FB} = 0,9$.

As it is seen from Fig. 2, the values of complex dimensionless criterion of ESS energy efficiency are

$K_{ESS} = 1,01 \dots 1,15$ on condition on minimal value of energy efficient criterion of CHPI $K_{CHPI} = 1,3$; for operation modes of ESS with $K_{CHPI} > 1,3$ the values of dimensionless criterion of ESS energy efficiency change within the limits of $K_{ESS} = 1,03 \dots 1,656$. High efficient operation modes of these ESS are provided on conditions of energy efficient modes of CHPI operation with the values of energy efficiency index $K_{CHPI} = 1,3 \dots 2,1$.

As it is seen from Fig. 2, on conditions of $K_{CHPI} > 1,3$ and $K_{ESS} > 1$ [11], dependence, shown in Fig. 2, determine area of high energy efficiency of ESS with CHPI of large power and peak fuel-fired boiler (boiler house) for HSS, on

conditions of maximal efficiency of GPE and fuel-fired boiler (boiler house). On such conditions, the above-mentioned ESS can be recommended as high efficient energy supply systems, as their efficiency almost 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 large power and peak fuel-fired boilers for HSS, suggested in the research, will be high energy efficient, if the share of CHPI loading in ESS will be $\beta > 0,264 \dots 0,421$ (depending on various ESS elements energy efficiency) and the value of energy efficient criterion of CHPI will be $K_{CHPI} > 1,3$; that corresponds to the results of research, shown in Figs. 1-2.

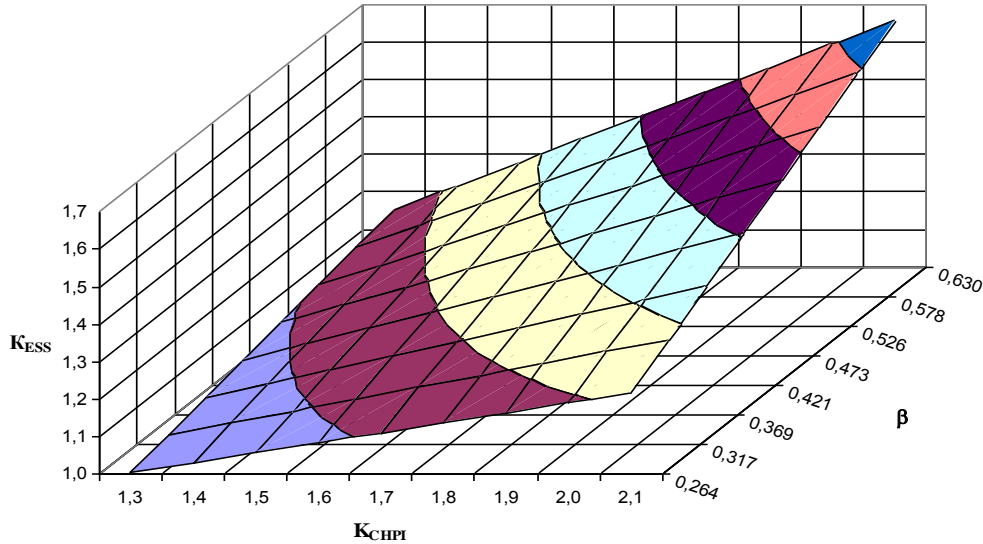


Fig. 2 – Area of high energy efficiency of ESS with CHPI of large power and peak fuel-fired boiler, on conditions of maximal efficiency of GPE and FB for heat supply systems

Dependence, shown in Fig. 1, determine the area of high efficient operation of ESS with CHPI of large power and peak fuel-fired boiler (boiler house) for heat supply, on conditions of minimal efficiency of GPE and fuel-fired boiler (boiler house). On conditions of $\beta = 0,421 \dots 0,63$ and $K_{CHPI} = 1,3 \dots 1,6$ these ESS can be recommended as high efficient energy supply systems for heat supply, as their efficiency exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. Dependence, shown in Fig. 2 determine the area of high efficient operation of ESS with CHPI of large power and peak fuel-fired boiler (boiler house) for heat supply, on conditions of maximal efficiency of GPE and fuel-fired boiler (boiler house). On conditions of $\beta = 0,264 \dots 0,63$ and $K_{CHPI} = 1,3 \dots 2,1$ these ESS can be recommended as high efficient energy supply systems for heat supply, as their efficiency almost two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. The investigated ESS can be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in heat supply and energy supply systems. At these conditions the areas of high energy efficiency of the above-mentioned ESS for HSS 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 for heat supply, as even in case of minimal efficiency of GPE and peak fuel-fired boiler, energy efficiency of ESS 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 large power CHPI and FB for HSS, on conditions of

optimal operation modes of CHPI are determined; energy efficient operation modes of ESS with large power CHPI and FB for HSS 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.

The suggested approach, aimed at determination of the areas of high energy efficiency of ESS with CHPI of large power and FB for HSS has a number of advantages:

- it takes into account variable operation modes of ESS for heat supply during the year with the change of loading share between steam compressor CHPI and peak FB in ESS;
- it enables to determine areas and modes of high energy efficient operation of ESS with large power CHPI and FB for HSS, 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 large power for heat supply, 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 large power CHPI and FB for HSS with different scheme solutions.

Under conditions of $K_{CHPI} > 1,3$ 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 large power and peak fuel-fired boilers for heat supply, for various ESS elements energy efficiency are determined.

It is determined, that ESS with CHPI of large power and peak fuel-fired boilers for HSS, suggested in the research, will be high energy efficient, if the share of CHPI loading in ESS will be $\beta > 0,264...0,421$ (depending on various ESS elements energy efficiency) and the value of energy efficient criterion of CHPI will be $K_{CHPI} > 1,3$. On conditions of $\beta = 0,421...0,63$ and $K_{CHPI} = 1,3...1,6$ ESS with CHPI of large power and peak FB, on conditions of minimal efficiency of GPE and FB, can be recommended as high efficient energy supply systems for heat supply, as their efficiency exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. On conditions of $\beta = 0,264...0,63$ and $K_{CHPI} = 1,3...2,1$ ESS with CHPI of large power and peak FB, on conditions of maximal efficien-

cy of GPE and FB, can be recommended as high efficient energy supply systems for heat supply, as their efficiency almost two times exceeds energy efficiency of high efficient electric and fuel-fired boilers. The investigated ESS can be competitive with modern high efficient electric and fuel-fired boilers in heat supply and energy supply systems.

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 for heat supply. Under these conditions the above-mentioned ESS can be recommended as high efficient energy supply systems for HSS, as their efficiency almost 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, pp. 64-67.
14. Ostapenko, O. P.; Bakum, Y. V.; Yuschishina, A. V. Energy, ecology and economy aspects of the efficiency of heat power stations operating on natural and industrial heat sources; electronic resource, Scientific Works of Vinnytsia National Technical University, 2013, № 3, available at: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/384/382>.
15. Ostapenko, O. P.; Shevchenko, O. V.; Bakum, O. V. Energy efficiency of heat pumping stations with different heat sources on condition of variable operation modes, electronic resource, Scientific Works of Vinnytsia National Technical University, 2013, №4, available at: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/394/392>.
16. Ostapenko, O. P.; Valigura, I. O.; Kovalenko, A. D. Energy ecological efficiency of heat pumping stations, operating on natural and industrial sources of heat at variable operation modes; electronic resource, Scientific Works of Vinnytsia National Technical University, 2013, №2, available at: <http://works.vntu.edu.ua/index.php/works/article/view/376/374>.

Области высокой энергоэффективности систем энергоснабжения с когенерационно-теплонасосными установками большой мощности и пиковыми топливными котлами в системах теплоснабжения О. П. Остапенко

Аннотация. Предложен подход по определению областей высокой энергоэффективности систем энергоснабжения (СЭ) с когенерационно-теплонасосными установками (КТНУ) большой мощности и пиковыми топливными котлами (ТК) для систем теплоснабжения (СТ), при условиях оптимальных режимов работы КТНУ, с учетом комплексного влияния переменных режимов работы, источников приводной энергии для пароконденсационных теплонасосных установок (ТНУ) большой мощности, с учетом потерь энергии при генерировании, снабжении и преобразовании электрической энергии.

Ключевые слова: область высокой энергоэффективности, система энергоснабжения, когенерационно-теплонасосная установка, пиковый топливный котел, система теплоснабжения.

Development of the installation for the binary feed of gelling formulations to extinguishing facilities

K. M. Ostapov, Yu. N. Senchihin, V. V. Syrovoy

National University of Civil Protection of Ukraine

Paper received 14.03.17; Accepted for publication 22.03.17.

Abstract. In this paper, we solve the problem of increasing the efficiency of usage gel-forming compounds (GFC) during extinguishing fires, which is carried out by a dedicated remote (about 10 meters) supply of compact or spray GFC jets with trunks spray into the space above/before the hearth fire so that moving on pre-calculated the trajectories of the drops of compact or atomized jets constituting GFC initially not in contact with each other, and a spent (at the time they reach the space above/before the fire hearth) are mixed, there is a mechanical and chemical interaction between them, in which they are being deposited in layers, liberally coat the surface of the burning objects, locating and stopping combustion.

Keywords: *gel-forming compositions, pilot plant, fire fighting, remotely.*

Introduction. Over the past decade the number of fires in Ukraine was not reduced and for the current period it is about 70 thousand fires per year. In this regard, the development and introduction of new methods of extinguishing agents and their delivery remains relevant. Currently, the most common extinguishing agent is water. [1] It is available, relatively inexpensive and versatile. However, there is a significant disadvantage in relatively large losses due to runoff from the slope (vertical) surfaces of burning objects, which significantly reduces its fire-extinguishing efficiency and leads to additional costs from the water damage to the floors below it. Significantly reduce the loss of fire extinguishing agent, incidental or consequential damages, it allows the usage of gel-forming compounds (GFC) [2, 3], which are firmly good on inclined and vertical surfaces, which in comparison with using only water, significantly reduces the loss of quenching substances related with their runoff.

Analysis of recent research and publications. Modern GFC consists mainly of two separately stored components and simultaneously supplied. One of them is a gelling solution of alkali metal silicate. Other - solution substances that interact with silicates to form a stable non-sag gel. The gel on the surface of the object creates an extinguishing flame retardant layer, which prevents the spread of combustion. This feature of the GFC necessitates the usage of nonstandard means of storage and supply, in particular installations like AUTGOS and AUTGOS-P [4]. They are used as a framework ready frame of insulating mask "Drager" company. For frame mounted two plastic containers with 8 liters and can of compressed air. To install AUTGOS used cylinder capacity of 2 liters, and for installation AUTGOS-P cylinder (ICH 6.8 -139-300) with 6.8 liters. In order to ensure constant pressure in the containers with the components of GFC equal to 0.3 MPa, using reducer direct action. The apparatus AUTGOS-P, compressed air is supplied to the same dispensers pressure of 0.3 MPa. It is in both plants by flexible hose with an internal diameter of the system (5-8) mm.

Developing the idea of studies [2, 3, 4] in terms of extinguishing fires using GFC AUTGOS type structures, it can be stated that they do not always provide the localization and liquidation of fires in distance (about 10 meters) fire fighting. [5] Disadvantages AUTGOS installations and AUTGOS-P arise from the fact that their usage is not regulated data ballistics two jets of water solutions of GFC components [6, 7], which a priori related to the

synergistic effect of mixing jets constituting the GFC. Moreover, their mixing is carried out by spray-hold barrel in manual mode, ie, "By eye" estimated the spatial position of the trunks of spraying, which aim at the seat of fire approximately to the same orientation arbitrarily implemented jointly filing streams CRP components fire-fighting facility.

In other words, the use of plants and AUTGOS AUTGOS-P without proper tactical and technical provision does not exclude the error of premature gel formation of drops in motion bitstream GOS to the fire. As a result of untimely drops to form the mixture is not frozen gel will fall "precipitated" the approaches closer to the fire fighting project, and the effectiveness of supply GFC with these plants will decrease.

Goal. In connection with the above stated, the purpose is to improve the efficiency of the usage of GFC in distance (about 10 meters) fire fighting. Through constructive ensure targeted remote supply of compact or spray jets GFC trunks spray into the space above/before the hearth fire so that moving on pre-calculated trajectories drop GFC components initially not in contact with each other, and on the decline (at the time they reach the space above / front of the hearth fire) are mixed, between them there is a mechanical and chemical interaction in which they are being deposited in layers, abundantly cover the surface of the hearth burning objects, locating and stopping combustion.

Materials and methods. The problem is solved with the help of which we developed installation AUTGOS-M, which is designed to extinguish fires and protect neighboring hearth fire facilities with liquid phase fire extinguishing agents, in particular - aqueous solutions of GFC, and can be used for research purposes when creating instructions to users of autonomous remote fire extinguishing installations (tactical and technical support).

AUTGOS-M comprises a base frame, where installed: two containers with components of GFC, compressed air cylinders with visual indicators of pressure control in tanks, which are combined reducer of direct action. With that, contained in tanks, pressurized air, each GFC component, thanks to the connection of flexible hose system is supplied to the fire-fighting facility with two-spray trunks with one tap for their opening and closing, which is associated with a single or joint submission GFC components. In addition to the support the frame is set to spray-guided device trunks on fire fighting facility with verification at

the corners of the elevation, yaw angles, height and width of the base of a symmetric placement and fixation spray-trunks.

Figure 1 shows a plant designed AUTGOS-M static components with its elements:

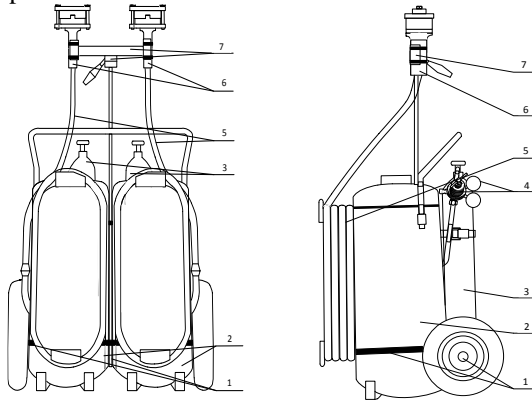


Fig. 1. General view of the installation AUTGOS-M: 1 - frame installation carts; 2 - The tank with the aqueous compounds of the GFC; 3. - compressed air cylinders; 4. - reducer with pressure indicators (gauges); 5. - system of connecting flexible hoses; 6. - Two spray trunk; 7. - Device for putting trunks on fire-fighting facility.

One use of tactics installation AUTGOS-M as outlined in Scheme example (Figure 2) and determines a focus feeding fire sputtered bitstream GFC component of one point two-gun barrels aimed at the hearth elevation at different angles α_1 and α_2 by pre-calculated trajectories of their movement. Whence it follows that the process of moving undrowned jets (GFC components) is naturally divided into three stages: Stage 1 - injection of compact parts make up the GFC in the atmosphere; Stage 2 - the free movement of dividing jets; Step 3 - Contact with object extinguishing sprayed jets of GFC.

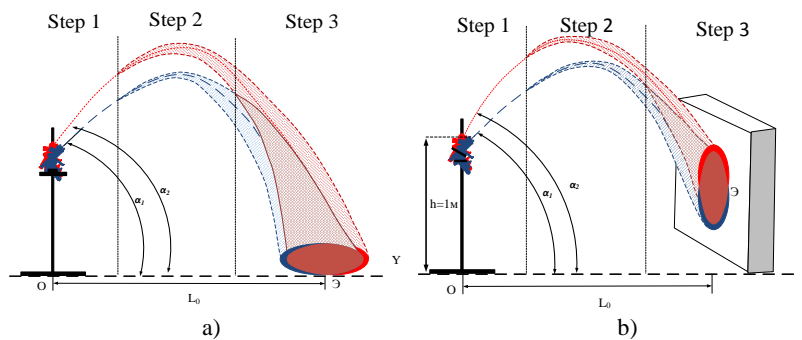


Fig. 2. supply schemes in the hearth fire of two mutually independent sprayed jets bitstream GFC-gun barrels aimed to focus on the independent motion paths for extinguishing burning objects: a) arranged on a horizontal surface; b) arranged perpendicularly or obliquely towards the binary stream jets

It is understood that step 3 is characterized by the fact that there comes a time when the translational velocity of the particles (droplets) of binary stream along the coordinate axes OY become close to zero values. Then their movement is carried out either by the free-fall path to the location on a horizontal surface firefighting objects or stops when a binary stream meets on its way obliquely arranged burning objects. It is in this third step solutions both GFC components expedient form on/before the hearth fire as a gel drops mixture of two components.

Nevertheless, all three phases are external ballistics compact or atomized jets of aqueous solutions and therefore allow prediction of its movement in space by computational methods [8].

Obviously, in both variants of this problem is easy to find the optimal (rational) L_0 distance, and the corresponding pair of angles α_1 and α_2 at which elevation extinguishing efficiency will be achieved well. In some cases (Figure 2a) mixing the components of GFC, it is desirable to carry out at the end of the third stage of the flow path; other (Figure 2b) - the second end (at the beginning of the third) stage [9].

Results and discussion. Tactical and technical support activities and fire-rescue in these cases is as follows:

1) Determine the extinguishing facility with located at a level (above/below) the cutoff type AUTGOS-M installation shafts;

2) Same trunks spray installation "AUTGOS"-M placed and fixed using a special installation device to the starting position with distance L_0 from the epicenter of the fire;

3) Exhibit according to the calculation of the elevation angles α_1 and α_2 trunks in relation to the horizon;

4) Simultaneous opening of cranes barrels of spray given the same initial exhaust velocity V_0 jets were both GFC, which to a certain pressure flow of these trunks.

As already mentioned setting can be used in the development of tactical and technical provision ("firing" of the table) by examining the tactical and technical characteristics of processes of remote supply of water and gelling binary formulations (trajectory, area lesions and others.) Under different operational conditions means the verifying the location of parameters and fixing the trunks of spray due to the presence in the installation of a special device. Then, using the derived table "firing" setting is used to extinguish fires in practice.

This unit has been tested (Figure 3) in conducting numerous experiments, including the extinguishing of model fires of Class A, allowing gain sufficient experimental material for constructing the corresponding mathematical models and develop them tactical and technical support. Some of the design decisions AUTGOS-M is already protected by patents of Ukraine, and the plant itself is adopted for usage in the educational process.



Fig. 3. Tests of elements, components installation AUTGOS-M

Conclusions. 1. A pilot installation AUTGOS-M remote binary extinguishing gel-forming compositions.

2. Proven order of operations regulated in creating tactical and technical maintenance of the new installations AUTGOS-M

3. The basic tactical and technical characteristics of the extinguishing solid flammable materials with the use of a pilot plant AUTGOS-M remote firefighting gel-forming compositions.

4. Proposed tactical techniques filing GFC on fire fighting, using the type "AUTGOS" installations

REFERENCES

1. Rudolph S. Schaum und Wasser / S. Rudolph, U. Braun // Braundwath. – 2002.– B.57, N 2. – P. 58-59.
2. Abramov Yu.A. Gel-forming fire-extinguishing and fire-retardant agents of increased efficiency for fire of Class A: monograph / Yu.A. Abramov, A.A. Kireev. — Kharkiv: NUCPU, 2015. — 254 p.
3. Jones J.C. Commentary on the chemical action of halogenated extinguishants / J.C. Jones // J. Fire Science. – 2005. – V. 23, N 6. – P. 449-450.
4. Kireev A.A. Definition of indicator extinguishing ability gelling compositions for fighting the fire model 1A/ O.O. Kireev, K.V. Zhernoklov, A.V. Savchenko // Problems of Fire Safety. – 2010 – № 28. – P. 74 – 80. – The access mode is to the magazine: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol28/29.pdf>.
5. Ostapov K.M. Remote fire fighting bitstream extinguishing agent / K.M. Ostapov // Scientific herald construction. – 2016. – T. 86, № 4. – C. 276-279. – The access mode is to the magazine: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2016_86_4_62.
6. Determination of parameters of supply and trajectory of streams of fire extinguishing substance by AUTGOS devices / S.V. Rosokha, Y.N. Senchykhin, A.A. Kireev, K.M. Ostapov // Problems of Fire Safety – 2015. – № 38. – P. 146-155. – The access mode is to the magazine: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol38/RosokhaSenchykhinKireevOstapov.pdf>
7. Rosokha S.V. Improving the efficiency of feed fire extinguishing agent bit stream / S.V. Rosokha, Y.N. Senchykhin, V.V. Sirovoy, K.M. Ostapov // Scientific herald construction. – 2016. – № 3. – C. 275-280. – The access mode is to the magazine: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvb_2016_3_63.
8. Gorban Yu.I. Fire robots and barrel technology in fire automatics and fire protection / Gorban Yu.I. - Moscow: Poznauka, 2013. - 352 p.
9. Syrovoy V.V. Features of the binary supply of gel-forming compounds to fire fighting / V.V. Syrovoy, Yu.N. Senchykhin, K.M. Ostapov // "Fire Safety Issues": international scientific conference october 28-29, 2016. : - abstracts, 2016. - Kharkiv, 2016. - P. 255-259.

Разработка установки для бинарной подачи гелеобразующих составов на объекты пожаротушения

К. М. Остапов, Ю. Н. Сенчихин, В. В. Сыровой

Аннотация. В данной статье решается задача повышения эффективности использования гелеобразующих составляющих (ГОС) при пожаротушении, которое осуществляется за счет целенаправленной дистанционной (порядка 10 метров) подачи компактных или распыленных струй ГОС стволами-распылителями в пространство над/перед очагом пожара так, что движущиеся по заранее рассчитанным траекториям капли компактных или распыленных струй составляющих ГОС вначале не контактируют друг с другом, а на излете (в момент достижения ими пространства над/перед очагом пожара) смешиваются, между ними происходит механическое и химическое взаимодействие, в результате которого они, осаждаваясь в виде слоев, обильно покрывают поверхность горящих объектов, локализуя и прекращая горение.

Ключевые слов: гелеобразующие составы, опытная установка, пожаротушение, дистанционно.

Выбор стратегии расхождения при локально-независимом управлении судов в ситуации опасного сближения

Э. Н. Пятаков, С. С. Пасечнюк, Т. Ю. Омельченко

Национальный Университет «Одесская Морская Академия», Одесса, Украина

Paper received 20.06.17; Accepted for publication 28.06.17.

Аннотация. Рассмотрен принцип локально-независимого управления процессом расхождения. Показано, что для безопасного расхождения судов необходима координация их маневров расхождения с помощью обобщенного бинарного координатора, которым является МППСС-72. Предложен способ синтеза полной стратегии расхождения оперирующего судна, которая предусматривает наличие второй цели в ситуации опасного сближения и учитывает возможные варианты развития ситуации сближения и требования системы бинарной координации.

Ключевые слова: безопасность судоходства, процесс расхождения судов, локально-независимое управление, система бинарной координации.

Введение. При опасном сближении судов, когда дистанция кратчайшего сближения меньше предельно-допустимой дистанции, возникает ситуационное возмущение, которое компенсируется маневром расхождения. Основным принципом управления процессом расхождения судов является локально-независимое управление, суть которого заключается в контроле каждым из судов текущей ситуации сближения и при наличии ситуационного возмущения его компенсация производится маневрами обоих судов, причем выбор маневра расхождения производится каждым из них независимо. Для обеспечения безопасности процесса расхождения необходима согласованность маневров расхождения судов, т. е. их координация, позволяющая увеличивать дистанцию кратчайшего сближения. Поэтому для выбора стратегии расхождения каждое из судов должно учитывать требования системы координации, которая в настоящее время реализована в МППСС-72.

Краткий обзор публикаций по теме. В работе [1] рассмотрены принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения опасно сближающихся судов, а также приведен анализ методов их реализации. Подробное исследование методов локально-независимого управления приведено в работе [2], а для расхождения оперирующего судна с несколькими опасными целями предложен метод формирования гибких стратегий расхождения. Вопросы учета навигационных опасностей и инерционности судна при выборе стратегии расхождения судна освещены в работах [3, 4]. Взаимодействие судов в ситуации опасного сближения и выбор стратегии расхождения для предупреждения их столкновения рассмотрены в работе [5]. Описание процесса расхождения судов в терминах дифференциальной антагонистической игры предложено в работе [6], а в работе [7] предложена экстренная стратегия расхождения в ситуации чрезмерного сближения судов. Выбор оптимального стандартного маневра расхождения пары судов рассмотрен в работе [8].

Анализируемые работы вносят значительный вклад в теорию решения проблемы предупреждения столкновений судов, однако при формировании стратегии расхождения они не предусматривают различные варианты протекания процесса сближения и расхождения судов, что снижает эффективность стратегий рас-

хождения, которые формируются рекомендуемыми методами.

Цель. Целью настоящей статьи является формирование стратегии расхождения судна при локально-независимом управлении с учетом возможных вариантов развития процесса сближения с целью и требований системы бинарной координации.

Материалы и методы. При локально-независимом управлении при появлении ситуационного возмущения ω между судами возникает взаимодействие Bz , в результате которого программный участок относительного движения с ситуационным возмущением трансформируется в относительную траекторию без ситуационного возмущения. Оно прогнозирует поведение сближающихся судов в процессе расхождения и предполагает формирование согласованных маневров m_1 и m_2 каждому из взаимодействующих судов, которые обеспечивает увеличение дистанции кратчайшего сближения между судами до величины $D_{\min y}$, превосходящую предельно-допустимую дистанцию D_d , т. е. $D_{\min y} \geq D_d$. При этом стратегия M может содержать маневр расхождения как одного, так и обоих судов. Взаимодействие Bz может быть формализовано следующим образом:

$$M = Bz(\bar{R}),$$

где $\bar{R} = (\alpha, D, V_1, K_1, V_2, K_2)$ - вектор начальной ситуации сближения, который характеризуется соответственно пеленгом, дистанцией между судами, а также параметрами движения судов;

$M = (m_1, m_2)$ - стратегия расхождения.

Взаимодействие судов Bz можно интерпретировать, как оператор или отображение параметров ситуации сближения во множество параметров стратегии расхождения M , причем Bz состоит из оператора Crd координации маневров и оператора Ptm расчета параметров маневров и осуществляется с помощью координатора $c_o(Bz)$, входом которого является вектор \bar{R} , а выходом - сигналы судам θ_1 и θ_2 , как показано на рис. 1. Сигналы θ_i содержат координирующий сигнал γ_i и сигнал связи μ_i , причем координирующие сигналы γ_i предписывают подмножество курсов уклонения каждого судна, обеспечиваю-

щих согласованность маневров расхождения, а сигналы связи μ_i содержат информацию каждому судну о прогнозируемом поведении другого судна. При этом, $\mu_1 = \gamma_2$ и $\mu_2 = \gamma_1$.

Каждый из координирующих сигналов γ_i содержит три составляющие: о наличии приоритета, предписываемого координатором, и сигналы, регламентирующие взаимодействующим судам возможность уклонения вправо и влево.

Исходя из сигнала θ_i и вектора \bar{R} , каждое из взаимодействующих судов C_i производит выбор маневра расхождения m_i из допустимого подмножества курсов уклонения, которое регламентируется координирующим сигналом γ_i .

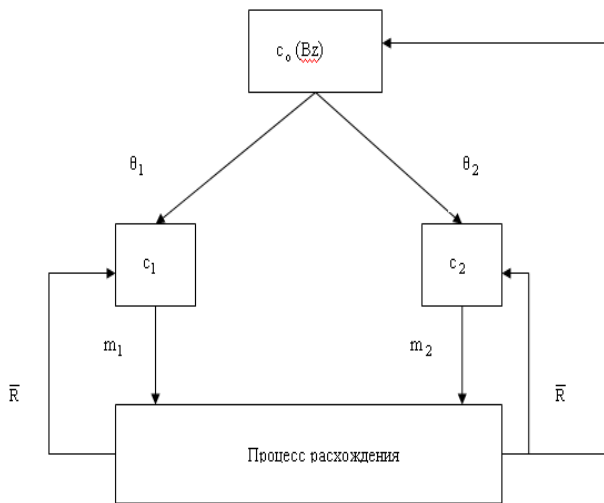


Рис. 1. Принцип локально-независимого управления процессом расхождения

Результаты и их обсуждение. Рассмотрим ситуацию опасного сближения оперирующего судна c_1 с целью c_2 при наличии в районе плавания третьего судна c_3 . Степень опасности ситуации сближения характеризуется матрицей ситуационного возмущения $W = \{\omega_{ij}\}$ [1], которая имеет вид:

$$W = \begin{pmatrix} 0 & \omega_{12} & \omega_{13} \\ \omega_{21} & 0 & \omega_{23} \\ \omega_{32} & \omega_{31} & 0 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где ω_{ij} - ситуационное возмущение, которое характеризует уровень опасности столкновения пары судов c_i и c_j .

Так как по условию начальной ситуации суда c_1 и c_2 сближаются опасно, т. е. $D_{\min 12} \leq D_d$, то значения ситуационных возмущений ω_{12} и ω_{21} не равны нулю. Следовательно, между этими судами возникает взаимодействие, которое предписывается бинарным координатором $c_0(Bz)$, (МППСС-72 в части маневрирования судов при расхождении), и суда предпринимают согласованный маневр расхождения, обеспе-

чивающий обращение значений ситуационных возмущений ω_{12} и ω_{21} в нуль.

При этом координатор $c_0(Bz)$, исходя из относительной позиции судов c_1 и c_2 и их статусов St_1 и St_2 , предписывает взаимодействующим судам координирующие сигналы γ_{12} и γ_{21} . Эти сигналы определяют их поведение в процессе расхождения, предписывая каждому из них взаимные обязанности, что позволяет судам произвести выбор стратегии расхождения, при реализации которой одно из судов сохраняет свои параметры движения, в то время как второе судно выполняет маневр расхождения или оба судна предпринимают согласованные маневры расхождения.

Так как в районе предполагаемого маневрирования находится судно c_3 , то, как видно из матрицы ситуационного возмущения $W(1)$, возникают ситуационные возмущения $\omega_{13} = \omega_{31}$ и $\omega_{23} = \omega_{32}$. Следовательно, обобщенный координатор $c_0(Bz)$ в рассматриваемой ситуации сближения помимо γ_{12} и γ_{21} формирует также координирующие сигналы γ_{13} , γ_{31} , γ_{23} и γ_{32} , значения которых определяют структуру полной стратегии расхождения оперирующего судна c_1 . Под полной стратегией подразумевается совокупность возможных альтернативных частных маневров уклонения судна c_1 в зависимости от значений реализовавшихся сигналов координации γ_{ij} и текущего развития ситуации сближения. Если значение ситуационного возмущения ω_{13} отлично от нуля, то судну c_1 от координатора $c_0(Bz)$ адресуются сигналы координации γ_{12} и γ_{13} , которые могут предписывать ему один тип маневра ($\gamma_{12} = 1, \gamma_{13} = 1$ или $\gamma_{12} = 0, \gamma_{13} = 0$), т. е. уклоняться или сохранять неизменные параметры движения, или же они могут противоречить друг другу ($\gamma_{12} = 1, \gamma_{13} = 0$ или $\gamma_{12} = 0, \gamma_{13} = 1$), т. е. одновременно одному из судов уступать дорогу, а относительно другого сохранять неизменными курс и скорость.

Если реализуются согласованные координирующие сигналы $\gamma_{12} = 1$ и $\gamma_{13} = 1$, то оперирующее судно c_1 должно уступить дорогу судам c_2 и c_3 маневром расхождения, который может реализоваться либо общим маневром для обоих судов, или двумя последовательными маневрами для каждого из них.

При координирующих сигналах $\gamma_{12} = 0$ и $\gamma_{13} = 0$, которые предписывают оперирующему судну сохранять неизменными курс и скорость относительно обоих судов c_2 и c_3 , оперирующее судно выполняет данное требование при условии, что обе цели выполняются предписанные маневры уклонения. Если же хотя

бы одна из целей не уступает дорогу оперирующему судну, то оно следует постоянным курсом и скоростью до некоторого момента времени, после которого вынуждено собственным маневром предотвратить возможное столкновение. Если же координирующие сигналы противоречат друг другу, то оперирующее судно предпринимает маневр расхождения в нулевой момент времени, который является безопасным для обеих судов c_2 и c_3 . В процессе формирования полной стратегии расхождения оперирующее судно учитывает значение ситуационного возмущения ω_{23} и при отличии его от нуля - также и координирующие сигналы γ_{23} и γ_{32} .

В качестве примера рассмотрим формирование полной стратегии расхождения оперирующим судном в случае начальной ситуации сближения, которая характеризуется следующими переменными: параметрами движения оперирующего судна c_1 - $K_1 = 244^\circ$, $V_1 = 20$ узлов, цели c_2 - $K_2 = 52^\circ$, $V_2 = 18$ узлов, цели c_3 - $K_3 = 332^\circ$, $V_3 = 27$ узлов; относительной позицией $\alpha_{12} = 238^\circ$, $d_{12} = 5$ миль, $\alpha_{13} = 176^\circ$, $d_{13} = 4,76$ мили, $\alpha_{23} = 115^\circ$, $d_{23} = 5,0$ миль. Начальная ситуация сближения судов c_1 , c_2 и c_3 показана на рис. 2.

По исходным данным были рассчитаны дистанции кратчайшего сближения судов: $D_{\min12} = 0,0$ мили, $D_{\min13} = 0,0$ мили, $D_{\min23} = 0,9$ мили. Так как все три сближающиеся судна являются судами с механическим двигателем, то имеют одинаковый статус. Координатор с учетом их относительного положения формирует координирующие сигналы $\gamma_{12} = 0$, $\gamma_{21} = 1$, $\gamma_{13} = 0$, $\gamma_{31} = 1$, $\gamma_{23} = 1$ и $\gamma_{32} = 0$.

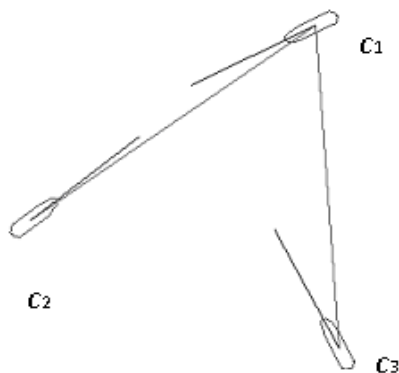


Рис. 2. Начальная ситуация сближения судов

В данном примере координирующие сигналы $\gamma_{12} = 0$ и $\gamma_{13} = 0$ являются согласованными, следовательно, если суда c_2 и c_3 выполняют предписанные координатором маневры уклонения $D_2(1)$ и $D_3(1)$, то оперирующее судно c_1 должно сохранять неизменные параметры движения, реализуя стратегию $D_1(0)$. Когда хотя бы одна из целей не уступает

дорогу оперирующему судну, то оно следует постоянным курсом и скоростью $D_1(0)$ до момента времени \tilde{t} , после чего собственным маневром расхождения $\tilde{D}_1(\tilde{t})$ предотвращает возможное столкновение. В данном примере момент времени \tilde{t} определяется уменьшением дистанций d_{12} и d_{13} до значений $d_{12} = 3,4$ мили и $d_{13} = 2,9$ мили. В этот момент времени оперирующее судно c_1 реализует частную стратегию $\tilde{D}_1(\tilde{t})$, которая заключается в уклонении c_1 на курс $K_{1,y} = 286^\circ$, в результате чего оно безопасно расходится с целями c_2 и c_3 на расстояниях $D_{\min12} = 1,7$ мили и $D_{\min13} = 1,0$ мили.

Таким образом, обобщая вышеизложенное, в рассмотренной начальной ситуации сближения полную стратегию D_1 оперирующего судна можно записать следующим образом:

$$D_1 = \begin{cases} D_1(0), & \text{если } \gamma_{12} = 0, \gamma_{13} = 0, D_2(1), D_3(1); \\ D_1(0), & \text{если } \gamma_{12} = 0, \gamma_{13} = 0, D_2(0), D_3(0), t \leq \tilde{t}; \\ \tilde{D}_1(\tilde{t}), & \text{если } \gamma_{12} = 0, \gamma_{13} = 0, D_2(0), D_3(0), t > \tilde{t}. \end{cases}$$

Обращаем внимание на следующее обстоятельство: если две первые частные стратегии не предусматривают маневрирования оперирующего судна, то реализации частной стратегии $\tilde{D}_1(\tilde{t})$ требует вначале уклонения судна c_1 с программной траектории движения, а после безопасного расхождения, - его возвращения к начальному режиму движения.

Таким образом, преимуществом полной стратегии оперирующего судна является учет возможного изменения процесса сближения с целями и предварительного сформированные частные маневры уклонения, предусматривающие различные исходы меняющейся ситуации сближения, множество которых зависит от действующей системы бинарной координации.

Выводы

1. Рассмотрен принцип локально-независимого управления процессом расхождения и приведена формализация взаимодействия судов при возникновении ситуационного возмущения.
2. Показано, что для безопасного расхождения судов необходима координация их маневров расхождения с помощью обобщенного бинарного координатора, которым является МППСС-72. Координатор анализирует ситуацию опасного сближения и формирует сигналы координации взаимодействующим судам, на основании которых происходит выбор согласованных маневров расхождения.
3. Предложен способ синтеза полной стратегии расхождения оперирующего судна, которая предусматривает наличие второй цели в ситуации опасного сближения и учитывает возможные варианты развития ситуации сближения и требования системы бинарной координации, что составляет научную новизну статьи. Приведен пример формирования полной стратегии расхождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака., Э.Н. Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
2. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
3. Петриченко Е.А. Вывод условия существования множества допустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей / Петриченко Е.А. // Судовождение. – 2003. – №6. – С. 103 - 107.
4. Бурмака И.А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / Бурмака И.А. // Судовождение. – 2005. - №10. – С. 21 – 25.
5. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э.Н., Бужбецкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. - 312 с.
6. Lisowski J. Game and computational intelligence decision making algorithms for avoiding collision at sea/ Lisowski J. // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Technologies for Homeland Security and Safety. - 2005. – Gdańsk. – P. 71 - 78.
7. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А.И., Бужбецкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.
8. Сафин И.В. Выбор оптимального маневра расхождения / И.В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. - №7. - 2002. - С. 115-120.

REFERENCES

1. Burmaka I. Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement / Burmaka I., Pyatakov E., Bulgakov A.- LAP LAMBERT Academic Publishing, - Saarbryukken (Germany), – 2016. - 585 p.
2. Tsymbal N. Flexible strategies of divergence of vessels / N. Tsymbal, I. Burmaka, E. Tyupikov, Odessa: KP OGT, 2007. – 424 p.
3. Petrichenko E.A. Conclusion of condition of existence of great number of possible manoeuvres of divergence taking into account navigation dangers/ Petrichenko E.A. // Sudovozhdenie.- 2003.- №6. - p. 103 – 107.
4. Burmaka Y.A. Results of imitation design of process of divergence of vessels taking into account their dynamics / Burmaka Y.A.// Sudovozhdenye: sb. nauchn. trudov. - 2005.- №10. - P. 21 – 25.
5. Pyatakov E. Cooperation of vessels at divergence for warning of collision / Pyatakov E., Buzhbetskiy R., Burmaka I., Bulgakov A., Kherson: Grin D.S., 2015. - 312 p.
7. Burmaka I. Urgent strategy of divergence at excessive rapprochement of vessels / Burmaka I., Burmaka A., Buzhbetskiy R. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 p.
8. Safin I.V. Choice of optimum maneuver of divergence / I.V. Safin // Avtomatizatsiya sudovykh tekhnicheskikh sredstv. - 2002.- №7. - p. 115 -120.

Choice of strategy of divergence at the locally-independent management of vessels in the situation of dangerous rapprochement

E. N. Pyatakov, S. S. Pasechnyuk, T. Y. Omelchenko

Abstract. Principle of locally-independent process control of divergence is considered. It is shown that for safe divergence of vessels coordination of their maneuvers of divergence by the generalized binary coordinator which CollReg is needed. The method of synthesis of complete strategy of divergence of operating ship, which foresees the presence of the second target the situation of dangerous rapprochement and takes into account the possible variants of development of situation of rapprochement and requirement of the system of binary coordination, is offered.

Keywords: safety of navigator, process of divergence of vessels, locally-independent management, system of binary coordination.

Вплив умов отримання посівного матеріалу на біосинтетичну здатність продуценту рибофлавіну *Eremothecium ashbyi*

В. Ю. Поліщук*, О. М. Дуган

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

*Corresponding author. E-mail: polischukvu@gmail.com

Paper received 21.06.17; Accepted for publication 28.06.17.

Анотація. Досліджено зміну біосинтетичної здатності аскоміцета *Eremothecium ashbyi* за двома показниками: накопичення рибофлавіну та біомаси. У зв'язку зі зниженням рівня біосинтезу вітаміну В₂ запропоновано використання ультрафіолетового опромінення міцелію для підвищення біосинтетичної здатності. Встановлено вік та кількість посівного матеріалу, що вноситься у ферментаційне середовище, які відповідають найбільшому накопиченню рибофлавіну та біомаси.

Ключові слова: рибофлавін, *Eremothecium ashbyi*, посівний матеріал, біомаса, вік інокуляту.

Вступ. *Eremothecium ashbyi*, виділений Guilliermond M.A. у 1935 році з коробочок бавовнику, на яких він паразитує, є одним з відомих продуцентів рибофлавіну, який використовується у промисловості для біотехнологічного отримання вітаміну В₂. *E. ashbyi* здатен до понадсинтезу рибофлавіну, який є одним із найважливіших ростових факторів людини і тварин. Флавонопротеїни грають важливу роль у метаболізмі клітини. Активними групами більшості флавопротеїнів є нековалентно зв'язані флавінові кофактори – флавінмононуклеотид (ФМН) та флавінаденіндинуклеотид (ФАД). *E. ashbyi*, один з небагатьох продуцентів, здатен накопичувати до 30% ФАД від загальної кількості флавінів, що синтезуються. За допомогою *E. ashbyi* можна отримувати як кормовий рибофлавін, так і, при застосуванні певних методів виділення та очистки, рибофлавін медичного призначення.

Короткий огляд публікацій за темою. При здійсненні глибинного культивування стан інокуляту має велике значення для синтезу і накопичення біологічно-активних речовин. Зазвичай для засіву виробничого середовища при глибинному способі культивування посівний матеріал готують також глибинним способом. Етапи отримання посівної культури наступні: 1) оновлення вихідної культури на агаризованому середовищі; 2) вирощування культури на рідкому середовищі в колбах на калці; 3) культивування продуцента в інокуляторі. Посівна доза при засіві глибинною культурою зазвичай порівняно велика - від 1 до 25%. Для продуценту *E. ashbyi* у публікаціях наводяться суперечливі дані.

Так, у роботі [1] було показано, що для досягнення максимальної продуктивності *E. ashbyi* Guilliermond 1935 по рибофлавіну засів ферментаційного поживного середовища повинен проводитися свіжепророслими спорами гриба. У роботі [2] зазначається, що біосинтез рибофлавіну однаково протікає на ферментаційному середовищі, засіяному 1-3 добовою культурою продуценту. Рекомендована кількість посівного матеріалу, що вноситься у поживне середовище, становить 0,75 – 2% [3]. Проте сучасні автори у своїх дослідженнях використовують великі об'єми посівного матеріалу: найчастіше 5 [4] та 10 % [5]. Крім дослідження впливу якості посівного матеріалу на біосинтез рибофлавіну, досліджувався вплив стану посівного матеріалу на утворення компонентів ефірної олії, що продукується *E. ashbyi* [6].

Мета. Дослідити умови отримання посівного матеріалу *Eremothecium ashbyi* Guilliermond F-340 в активному стані, які б забезпечували найвищу біосинтетичну здатність штаму-продуценту.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження був *Eremothecium ashbyi* Guilliermond F-340, отриманий з Всеросійської колекції промислових мікроорганізмів (таксономічне положення відповідно до міжнародної бази систематики грибів SABI Bioscience та бази даних CBS Database of Fungal Names, даний гриб віднесений до *Eremotheciaceae*, *Saccharomycetales*, *Saccharomycetidae*, *Eremothecium*, *Saccharomycetes*, *Saccharomycotina*, *Ascomycota*, *Fungi* [7]).

Штам гриба зберігали при кімнатній температурі на скошеному агаризованому глюкозо-пептонно-дріжджовому (ГПД) середовищі складу (у %): глюкоза – 1,0; пептон – 0,3; дріжджовий екстракт – 0,5; агар – 2,0.

Глибинне культивування *E. ashbyi* на рідкому ГПД середовищі здійснювали при 28°C протягом 6 діб у конічних колбах з 50 мл середовища в умовах постійного перемішування на орбітальній качалці зі швидкістю 180 обертів/хв. Середовища у колбах інокулювались попередньо отриманою на рідкому ГПД середовищі культурою різного віку та у різній кількості.

Кількість біомаси визначали ваговим методом після її відділення від культуральної рідини фільтруванням та висушування до сталої маси при 105°C [8].

Вміст рибофлавіну у культуральній рідині визначали спектрофотометрично при $\lambda = 450$ нм після попереднього гідролізу ФАД до ФМН протягом 12 годин у 10 % ТХО [8, 9].

Для дослідження впливу УФ-опромінення на синтез рибофлавіну вирощену на щільному поживному середовищі культуру *Eremothecium ashbyi* засівали в колби на 100 мл з рідким ГПД середовищем, культивували 3 доби на качалці при 180 об/хв при 28°C. Після чого культуральну рідину відцентрифугували при 3000 об/хв протягом 10 хв. з наступним промиванням стерильною дистильованою водою, таким чином були отримані водні суспензії міцелію культури *Eremothecium ashbyi*.

Водна суспензія продуценту або культура продуценту у середовищі культивування по 3 см³ розливалися у чашки Петрі. Суспензія розподіляється по дну чашки тонким шаром товщиною 0,1 мм. Чашки Петрі поміщали на відстані 25 см від джерела УФ-променів (лампа бактерицидна 15W Electrum G13 A-FG-0495) і знімали кришки в момент включення секундоміра. Через задані проміжки часу (1, 3, 5 хвилин) чашки закривали кришками і опромінену культуральну рідину і водну суспензію міцелію *Eremothecium ashbyi* засівали в колби на 250 см³ з рідким ГПД середовищем у кількості 5% [8, 10].

Результати та їх обговорення. На першому етапі підготовки посівного матеріалу здійснюють оновлення

вихідної культури на агаризованих середовищах. Оскільки штам-продуцент є досить нестабільним при зберіганні, основною вимогою є розсів культури на щільні середовища, та відбір колоній, забарвлених у яскраво жовтий колір, які і використовуються для подальшого отримання посівного матеріалу.

Незважаючи на постійну підтримуючу селекцію при культивування штаму у лабораторних умовах протягом 3 років спостерігалось поступове значне зниження рівня накопичення рибофлавіну та відповідне збільшення рівня накопичення біомаси (рис. 1). Зниження кількості рибофлавіну при збільшенні кількості біомаси можна пояснити тісним зв'язком біосинтезу флавінів з обміном пуринів.

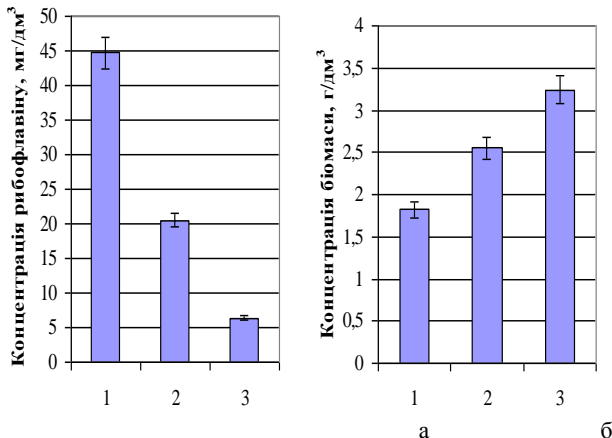


Рис. 1. Біосинтез рибофлавіну (а) та рівень накопичення біомаси (б) штамом *E. ashbyi F-340* протягом 3 років (достовірність відмінностей $p < 0,05$)

Значна втрата штамом здатності до синтезу рибофлавіну (більше ніж на 90%) призвела до необхідності пошуку способів підвищення рівня синтезу рибофлавіну штамом-продуцентом. З літературних джерел відомо, що понадсинтез рибофлавіну грибом *E. ashbyi* у природних умовах здійснюється як захисна реакція на дію сонячних ультрафіолетових променів. Тому нами було запропоновано здійснювати УФ-опромінення продуценту для підвищення синтезу рибофлавіну. Результати проведених досліджень наведені на рис. 2 та 3.

Опромінення культуральної рідини продуценту призводить до збільшення синтезу рибофлавіну на 72-74%, опромінення водної суспензії міцелію штаму-продуценту - до збільшення синтезу на 80%.

На накопичення біомаси УФ-опромінення впливу майже не здійснює, відмінності між показниками накопичення біомаси не є статистично значимими.

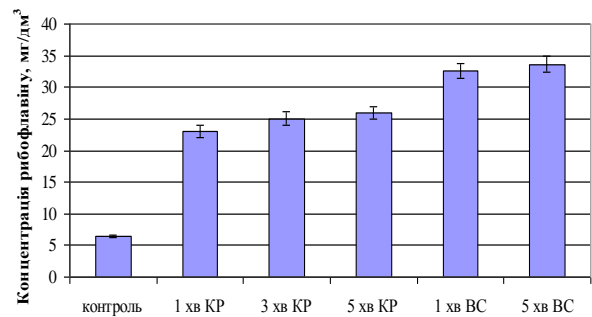


Рис. 2. Біосинтез рибофлавіну штамом *E. ashbyi F-340* після УФ-опромінення (КР – культуральна рідина, ВС – водна суспензія міцелію) (достовірність відмінностей $p < 0,05$)

За результатами проведених досліджень запропоновано додати до технологічної схеми отримання рибофлавіну стадію ультрафіолетового опромінення посівного матеріалу для збільшення виходу рибофлавіну.

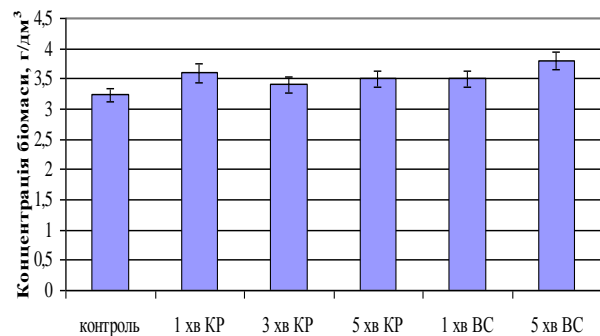


Рис. 3. Накопичення біомаси штамом *E. ashbyi F-340* після УФ-опромінення

Результати ферментації, отримані при використанні посівного матеріалу різного віку, наведені в табл. 1. З наведених даних видно, що сприятливим для накопичення рибофлавіну виявилось вирощування посівного матеріалу протягом 3-4 діб. Мікроскопічний аналіз показав, що у цей момент міцелій гриба представлений гіфами, що сильно розрослися, з великим числом вакуолей та численними включеннями, що відповідає стаціонарній фазі росту культури. проте найбільша кількість біомаси отримується при засіві середовища інокулятом віком 6 діб.

Таблиця 1. Вплив періоду культивування посівного матеріалу на біосинтетичну активність продуценту рибофлавіну

Тривалість вирощування посівного матеріалу, діб	Концентрація рибофлавіну на 6 добу культивування, мг/дм³	Концентрація біомаси на 6 добу культивування, г/дм³
1	11±0,44	2,02±0,078
2	11,1±0,36	1,46±0,038
3	21,05±0,97	1,92±0,087
4	21,73±0,43	1,93±0,085
5	16,45±0,77	2,55±0,077
6	18,46±0,89	2,68±0,111

(достовірність відмінностей $p < 0,05$)

Найбільший рівень накопичення рибофлавіну був досягнутий у тих варіантах, де вносили в ферментаційне середовище посівний матеріал у кількості 1% від його об'єму (табл. 2), що співпадає з літературними даними про необхідність використання невеликого інокуляту, а от для накопичення великої кількості біомаси краще використовувати 5% посівного матеріалу.

Таблиця 2. Вплив кількості посівного матеріалу на біосинтетичну здатність продуценту рибофлавіну

Кількість внесеного посівного матеріалу	Концентрація рибофлавіну на 6 добу культивування, мг/дм ³	Концентрація біомаси на 6 добу культивування, г/дм ³
1 %	21,87±0,7	1,92±0,079
5 %	18,46±0,57	2,68±0,124
10 %	17,74±0,97	1,91±0,078

(достовірність відмінностей $p < 0,05$)

Висновки. Встановлено, що для підтримки культури *Eremothecium ashbyi* в активному стані, на першому етапі підготовки посівного матеріалу, необхідно здійснювати підтримуючу селекцію, відбираючи для подальших досліджень найбільш пігментовані колонії продуценту.

З метою збільшення біосинтетичної здатності штаму-продуценту запропоновано здійснювати ультрафіолето-

ве опромінення міцелію гриба, що призводить до збільшення синтезу рибофлавіну на 70-80%.

Встановлено, що найбільшому виходу рибофлавіну сприяє використання посівного матеріалу у віці 3-4 діб та у кількості 1%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Оптимальные условия для прорастания спор гриба *Eremothecium ashbyi*, продуцента рибофлавіна / Л.А. Минеева, С.М. Розенфельд, А.И. Степанов, В.Г. Жданов // Прикл. биохимия и микробиология. - 1973. - Т. 9, №2. - С. 219-223.
2. О сохранении *Eremothecium ashbyii* в активном состоянии / М.Г. Гольшева, Е.В. Гришанкова, В.Э. Успенская и др. // Микробиология. - 1965. - Т. 34, №4. - С. 661-665.
3. Воробьева Л.И. Промышленная микробиология: Учеб. пособие. - М.: Изд-во МГУ, 1989. - 294с.
4. Kalingan A.E., Chung-Min Liao Influence of type and concentration of flavinogenic factors on production of riboflavin by *Eremothecium ashbyi* NRRL 1363 // Bioresource Technology. - 2002. - Vol. 82. - P. 219-224.
5. Improved riboflavin production by *Eremothecium ashbyii* using glucose and yeast extract / Xin Cheng, Jia Zhou, Lin Huang, Kun-tai Li // African Journal of Biotechnology. - 2011. - 10, № 70. - P. 15777-15782.
6. Шпичка А.И. Биология микромицетов рода *Eremothecium*-продуцентов эфирного масла и рибофлавіна: Дисс. ... канд. биол. наук: 03.01.06. - М., 2013. - 163с.
7. База даних CBS Database of Fungal Names [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.indexfungorum.org>
8. Методы экспериментальной микологии: Справочник / И.А. Дудка, С.П. Вассер, И.А. Элланская и др. - К.: Наук. думка, 1982. - 562 с.
9. Экспериментальная витаминология: Справочное руководство / Под ред. Ю.М.Островского. - Минск: Наука и техника, 1979. - 552 с.
10. Pujari, Venugopal, Chandra T.S. Physio-morphological changes in a riboflavin producer *Eremothecium ashbyii* DT1 and UV mutants in submerged fermentation // Journal of Microbiology and Biotechnology. - 2001. - 11 (4). - P. 552-557.

REFERENCES

1. Optimal conditions for sprouting spores of fungus *Eremothecium ashbyi*, producer of riboflavin / L.A. Mineeva, S.M. Rozenfeld, A.I. Stepanov, V.G. Zhdanov // Applied Biochemistry and Microbiology. - 1973. - V. 9, №2. - P. 219-223.
2. Development of conditions for preservation of *Eremothecium ashbyii* strain in active state and production of inoculate / M.G. Golisheva, E.V. Grishankova, V.E. Uspenskaja et al. // Microbiology. - 1965. - V. 34, №4. - P. 661-665.
3. Vorobeve L.I. Industrial Microbiology: schoolbook. - M.: MGU, 1989. - 294p.
4. Shpichka A.I. Biology of micromycetes of the genus *Eremothecium* - producers of essential oil and riboflavin: Thesis of candidate of biological sciences: 03.01.06. - M., 2013. - 163p.
5. CBS Database of Fungal Names, <http://www.indexfungorum.org>
6. Methods of Experimental Mycology: A Handbook / I.A. Dudka, S.P. Vasser, I.A. Ellanskaia et al. - K.: Nauk. dumka, 1982. - 562 c.
7. Experimental Vitaminology: A Reference Guide / ed. by M. Ostrovskoho. - Minsk: Nauka i tekhnika, 1979. - 552 c.

Influence of reception conditions of seed material on biosynthetic capacity of riboflavin producer *Eremothecium ashbyi*

V. Polishchuk, O. Dugan

Abstract. There was observed a change in the biosynthetic capacity of Ascomycetes *Eremothecium ashbyi* two parameters: accumulation of riboflavin and biomass. Due to the decrease in the level of biosynthesis of vitamin B₂, there was proposed the use of ultraviolet irradiation of mycelium to increase biosynthetic capacity. There were defined the age and number of seed material, which was imputed into the fermentation environment. These established parameters are related into the largest level of riboflavin and biomass accumulation.

Keywords: riboflavin, *Eremothecium ashbyi*, seed material, biomass, inoculum age.

Влияние условий получения посевного материала на биосинтетическую способность продуцента рибофлавіна *Eremothecium ashbyi*

В. Ю. Полищук, А. М. Дуган

Аннотация. Исследовано изменение биосинтетической способности аскомицета *Eremothecium ashbyi* по двум показателям: накопление рибофлавіна и биомассы. В связи со снижением уровня биосинтеза витамина В₂ предложено использование ультрафиолетового облучения мицелия для повышения биосинтетической способности. Установлен возраст и количество посевного материала, вносимого в ферментационную среду, соответствующие наибольшему накоплению рибофлавіна и биомассы.

Ключевые слова: рибофлавін, *Eremothecium ashbyi*, посевной материал, биомасса, возраст инокулята.

Реалізація вершинної мінімізації булевих функцій для моделювання процесів, що не формалізуються

В. М. Рудницький, І. В. Миронець, В. Г. Бабенко, Т. В. Миронюк, С. В. Сисоєнко

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

*Corresponding author. E-mail: irenmir@ukr.net

Paper received 24.06.17; Accepted for publication 30.06.17.

Анотація. При проведенні даного дослідження було визначено та розглянуто особливості мінімізації булевих функцій для моделювання процесів, що не формалізуються. Було розглянуто мінімізацію кінцевих автоматів на основі вершинної мінімізації. Виходячи із запропонованого алгоритму мінімізації, при отриманні оптимального способу керування зручно використовувати поточний псевдооптимальний розв'язок, удосконалений шляхом застосування відповідної сукупності методів локального пошуку. Запропонований алгоритм вершинної мінімізації кінцевих автоматів дає можливість проведення чергового кроку методу гілок та меж, а також дозволяє налаштувати пріоритетність складових, які впливають на керування в соціальній інженерії визначеної сфери.

Ключові слова: мінімізація булевих функцій, недетермінований кінцевий автомат, соціоінженерія, моделювання, процеси, що не формалізуються, евристичний алгоритм.

Вступ. З початком формування інформаційного суспільства, стало ясно, що для багатьох управлінських завдань немає достатньо простого математичного апарату, що дозволяє обробляти отримані соціальні дані, визначати найбільш значимі з них, і проводити оцінку ефективності управління соціумом [1]. Тому важливими сьогодні стали питання дослідження різних математичних методів придатних для використання в соціоінженерії, в тому числі, мінімізації булевих функцій.

Булеві функції традиційно використовуються в якості математичних моделей вирішення різних соціальних задач, а також для прогнозування та проведення оцінки якості та ефективності певної діяльності людства в тій чи іншій сфері.

Процедура мінімізації булевих функцій, як правило, застосовується на етапі логічного синтезу для отримання наочного представлення результатів та їх оцінки при вирішенні соціальних задач.

Соціальна інженерія – є методом управління діями людини без використання технічних засобів. Метод заснований на використанні «слабких місць» людського фактора і вважається дуже руйнівним. Найчастіше соціальну інженерію розглядають як незаконний метод отримання інформації, проте це не зовсім так. Соціальну інженерію можна також використовувати і в законних цілях, і не тільки для отримання інформації, а і для здійснення дій конкретною людиною.

Аналіз останніх досліджень. Провівши аналіз останніх досліджень і публікацій, слід зазначити, що поняття «соціоінженерія» з'явилося досить давно, в 20-40-их років минулого століття. Термін «соціоінженерія» або «інжиніринг» визначається як соціальне регулювання і контроль різних організаційних структур для вирішення соціальних завдань. Прикладні дослідження в цій області проводяться в різних напрямках, зокрема в політиці, менеджменті і т.п. [2]. Однак на даний час не існує математичного апарату для побудови логічної структури відбору найбільш значущих параметрів управління, а також відсутні методи визначення ефективності управління соціоінжинірингом. Саме тому вирішення поставленої задачі є практично необхідним для подальшої розробки теоретичних основ методології оцінки ефективності соціоінжиніринга.

Для розв'язання задач мінімізації застосовують методи законів та тотожностей алгебри логіки, метод Квайна, метод Квайна-Мак-Класкі, метод Блейка-Порецького,

метод карт Карно (діаграм Вейча), а також метод імплікантної таблиці логічних функцій (метод Квайна) [3, 4].

В роботах [1, 5] розглядається можливість застосування математичного апарату мінімізації недетермінованих кінцевих автоматів в оцінці ефективності управління соціоінжинірингом. Недетермінованим кінцевим автоматом (НКА) називається п'ятірка виду: $K = (Q, \Sigma, \delta, S, F)$, де Q – деяка скінченна множина станів (вершин), Σ – алфавіт, що розглядається, δ – функція переходів вигляду $\delta: Q \times (\Sigma \cup \{\epsilon\}) \rightarrow 2Q$ (ϵ – порожнє слово, $2Q$ – булеан множини Q), $S \subseteq Q$ – множина стартових станів (входів), $F \subseteq Q$ – множина фінальних станів (виходів).

Подібні автомати є найпростішим прикладом так званих розпізнавачів, які використовуються в різних сферах теорії формальних мов. НКА знаходять широке застосування в програмах обробки великих масивів тексту і розпізнавання мови, при побудові лексичних аналізаторів, описі і верифікації можливих систем, що складаються зі скінченного числа станів із заданими переходами між ними [5].

Метою дослідження є визначення особливостей мінімізації булевих функцій для моделювання процесів, що не формалізуються.

Виклад основного матеріалу. В якості мінімізації булевих функцій для моделювання неформалізованих процесів розглянемо мінімізацію кінцевих автоматів, оскільки, найпростішим комбінаційним автоматом можна вважати схемну реалізацію будь-якої булевої функції. Алфавіти входів, станів і виходів автоматів задаються як звичайні множини, наприклад, переліком їх елементів. Функції переходів і виходів будь-якого кінцевого автомата можуть бути задані, зокрема, у вигляді матриці та графічно.

Задача мінімізації автомата зводиться до пошуку його мінімальної форми (мінімального автомату). Мінімальний автомат – це автомат, що має найменшу можливу кількість станів і реалізує задану функцію виходів. А, оскільки НКА використовуються в різних областях, зокрема, в синтаксичних, лексичних аналізаторах, тестуванні програмного забезпечення на основі моделей і т.п., для більш ефективного використання кінцевих автоматів в різних областях необхідно, щоб проблема мінімізації кінцевих автоматів вирішувалася в реальному часі з різною кількістю змінних. Для цього необхідно викори-

стовувати евристику і застосовувати евристичні алгоритми для вирішення задач дискретної оптимізації.

В залежності від форми представлення НКА можливо розглядати різні способи їх мінімізації. Тобто можемо розглядати вершинну мінімізацію, маючи мінімальну кількість вершин, або дугову мінімізацію, маючи мінімальну кількість дуг. Також існує ще один варіант мінімізації – зоряно-висотна, це задача побудови кінцевого автомата, що має серед всіх йому еквівалентних мінімальну вкладеність операції «зірка Кліні» [6].

В даному дослідженні будемо розглядати особливості мінімізації НКА на прикладі саме вершинної мінімізації. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити питання щодо знаходження оптимальних рішень. Нехай маємо прямокутну матрицю, що заповнена 0 та 1. Назвемо «блоком» деяку визначену кількість рядків та стовпчиків, якщо на всіх їх можливих перетинах маємо елемент 1, причому дану множину не можливо доповнити іншими рядками чи стовпчиками, не порушивши попереднього правила. Тоді «допустимим розв'язком» називається множина блоків, які перекривають всі елементи 1 в заданій матриці, а «оптимальним розв'язком» - допустимий розв'язок, що містить мінімальну кількість таких блоків. Наприклад, маємо матрицю (табл. 1):

Таблиця 1. Матриця вхідних даних

	X	Y	Z	M
A	0	0	1	1
B	1	0	0	1
C	1	0	1	1
D	1	1	1	1

В даній матриці маємо такі блоки:

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \{A, B, C, D\} \cup \{M\}, \\
 \beta &= \{A, C, D\} \cup \{Z, M\}, \\
 \delta &= \{B, C, D\} \cup \{X, M\}, \\
 \varphi &= \{C, D\} \cup \{X, Z, M\}, \\
 \gamma &= \{D\} \cup \{X, Y, Z, M\}.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Наведені блоки є допустимими розв'язками. А для покриття всіх елементів 1 достатньо лише: β , δ та γ – тому вони є оптимальними розв'язками.

Для проведення мінімізації розглядаються евристичні алгоритми, тобто алгоритми, які в кожен визначений момент роботи мають оптимальне рішення саме на даний момент часу. Отже, для проведення експерименту, нам необхідно вибрати блок з максимальною кількістю елементів 1, який не ввійшов до множини вже вибраних блоків.

Для створення алгоритму реалізації вершинної мінімізації булевих функцій для моделювання процесів, що не формалізуються будемо застосовувати метод гілок та меж [7].

Нехай кожному комірці вхідної матриці позначимо координатами (i, j) , нехай $S(i)$ – кількість елементів 1 в рядку i , $C(j)$ – кількість елементів 1 в стовпчику j . Тоді одержимо:

1. Для кожної пари (i, j) , яка містить елементи 1, підрахуємо значення функції:

$$F(i, j) = G(D(S(i)), D(C(j))), \tag{2}$$

де $G(x, y)$ та $D(x)$ – деякі функції, що обираються за допомогою генетичних алгоритмів, причому вигляд функції $D(x)$ наперед невідомий, а про функцію $G(x, y)$ відомо лише те, що вона є зростаючою.

2. Функції $R(x)$ надамо вигляду:

$$D(x) = e^{-(P_1 x)} + P_2 N(x-1)^{-1} + P_3 x + 1, \tag{3}$$

де N – розмірність таблиці відповідних станів. Такий вигляд функції або близький до вказаного теж є результатом роботи генетичного алгоритму.

3. Із множини отриманих блоків виберемо таку пару (S, C) , для якої результуюча рейтингова сума дорівнює величині $\sum F(S_i, C_i)$, де $S_i \in S, C_i \in C$, а функція F , що отримується згідно (2), є максимально можливою. Розміщуємо обраний блок в результуючу множину.

4. Елементи, які ввійшли в обраний на кроці 3 блок, відмітимо спеціальним чином. Це робиться для того, щоб дані елементи не враховувались при обрахунку $F(S_i, C_i)$, але входили до будь-якого новообраного блоку. Тому, при повторному виконанні 1-3 кроків, дані елементи вже не вважаються відміченими.

5. Кроки 1-4 повторюємо до тих пір, коли будуть переглянуті всі комірки. Відмітимо, що блоки, яким належить хоча б одна комірка, яка не має «сусідів» по вертикалі та горизонталі, обов'язково будуть враховані до шуканої множини, оскільки, згідно вигляду функції (2), їх результуюча сума прямує до нескінченості.

Вибираючи кожного разу роздільний елемент для методу гілок та меж, рішення приймається на основі декількох можливих варіантів і кожен з цих варіантів кількісно оцінюється декількома предикторами (незалежна змінна, прогнозуючий параметр).

Розглянемо застосування описаних вище варіантів алгоритмів кластеризації ситуацій для методу гілок та меж. Кластеризація проводиться на множині підзадач для того, щоб після реалізації одного кроку методу гілок та меж для розв'язку деякої підзадачі застосувати вибір того ж самого елементу. Для застосування звичайних алгоритмів кластеризації необхідно на множині підзадач вибрати метрику наступним чином: нехай X та Y множини, причому $n = |X \cap Y|$ та $N = |X \cup Y|$ – кількість елементів перетину та об'єднання даних множин відповідно. Отже, метрикою матимемо множину вигляду $Q(X, Y) = 1 - \frac{n}{N}$.

Аналогічно для визначення метрики на множині блоків підзадач розглянемо: нехай Z_1 – множина комірок матриці першої підзадачі, які мають значення 1, Z_2 – аналогічна множина для другої підзадачі, тоді в якості метрики утворимо множину $Q(Z_1, Z_2)$.

Отже, на основі розглянутого вище матеріалу, сформулюємо алгоритм, який описує запропонований підхід до задачі мінімізації булевих функцій для моделювання процесів, що не формалізуються, тобто до вершинної мінімізації кінцевих автоматів:

1. На першому кроці визначаємо задачу із списку підзадач, для якої обираємо роздільний елемент, а для отриманого елементу реалізуємо один крок методу гілок та меж, причому алгоритм процесу вибору роздільного елементу для одного кроку методу гілок та меж теж є окремою задачею.

2. Другий крок пов'язаний з кластеризацією ситуацій. Спочатку, при формуванні лівої задачі, необхідно визначити, з якою саме правою задачею вона є спорідненою – визначаємо пару «ліва-права», при чому, якщо вибирається розв'язок (роздільний елемент) для однієї з них, то, по можливості, цей розв'язок використовується і в іншій. Даний алгоритм працює досить швидко, оскільки роздільний елемент вже обрано.

3. Даний крок дає можливість генерації чергового роздільного елемента. На відміну від кроку 1, такий елемент поки що не є роздільним ні для якої підзадачі та і сам алгоритм відповідної генерації є чітко залежним від конкретної задачі. Третій крок виконується за допомогою «жадібних» алгоритмів і випадкового вибору, причому він обов'язково дає результат.

4. Крок для допоміжної задачі, яка використовує метод гілок та меж лише для побудови максимально наближеної побудови (вибору) роздільного елемента. При такому виборі роздільний елемент (розв'язок) може не бути оптимальним, оскільки для подальшої роботи будуть потрібні всі можливі (потенційні) роздільні елементи. Даний крок є необхідним в зв'язку з тим, що запропоновані алгоритми дають кращі результати при досить великих розмірах, оскільки генерація всіх потенційних роздільних елементів не проводиться до виконання першого кроку алгоритму.

Слід відмітити, що запропонований алгоритм є досить зручним та практичним і при паралельній реалізації. При чому паралельна реалізація застосовується також і при виборі чергової підзадачі за різними критеріями [8, 9].

Висновки. При проведенні даного дослідження було визначено та розглянуто особливості мінімізації булевих функцій для моделювання процесів, що не формалізуються. В якості такої мінімізації було запропоновано розглянути мінімізацію кінцевих автоматів, оскільки, найпростішим комбінаційним автоматом можна вважати схемну реалізацію будь-якої булевої функції. Застосування НКА є досить актуальним при проведенні досліджень в соціоінженерії, оскільки, керування тут тісно пов'язано з базами даних великих розмірів. Також актуальним є практичне застосування різних варіантів евристичних алгоритмів мінімізації НКА великих розмірів. Виходячи із запропонованого алгоритму мінімізації, при отриманні оптимального способу керування також зручно використовувати поточний псевдооптимальний розв'язок, удосконалений шляхом застосування відповідної сукупності методів локального пошуку. Запропонований алгоритм вершинної мінімізації НКА дає можливість проведення чергового кроку методу гілок та меж, а також дозволяє налаштовувати пріоритетність складових, які впливають на керування в соціальній інженерії визначеної сфери.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пивнева С.В. Особенности применения математического аппарата минимизации недетерминированных конечных автоматов в оценке эффективности управления социоинженерингом / С.В. Пивнева, Н.В. Лада // Системы обработки информации. - 2014. - Вып. 1. - С. 93-96.
2. Кузнецов М. Социальная инженерия и социальные хакеры [Электронный ресурс] / М. Кузнецов, И. Симдянов. - Режим доступа: <http://hrazvedka.ru/book/socialnaya-inzheneriya.html>.
3. Савельев А.Я. Прикладная теория цифровых автоматов. - М.: Высшая школа, 1987.-455 с.
4. Самофалов К.Г., Романкевич А.М., Валуйский В. Н., Каневский Ю. С., Линкевич М. М. Прикладная теория цифровых автоматов - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987, - 375 с.
5. Пивнева С.В.. Особенности применения мультиэвристического подхода для решения задач минимизации недетерминированных конечных автоматов / С.В. Пивнева // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил, 2014, випуск 1(38) – с. 154-157.
6. Baumgertner S.V. Мультиэвристический подход к проблеме звёздно-высотной минимизации недетерминированных конечных автоматов / С.В. Баумгертнер, Б.Ф. Мельников, С.В. Пивнева // Математические и компьютерные методы в технических, гуманитарных и общественных науках: моногр. – Пенза: Изд-во Приволжский Дом знаний, 2011. – С. 101-112.
7. Melnikov V. Edge-minimization of non-deterministic finite automata / V. Melnikov. – The Korean Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2001. – № 3. – P. 469-479.
8. Крайнюков Н.И. Вычисление конечно-автоматной сложности булевых функций как задача дискретной оптимизации / Н.И. Крайнюков, С.В. Пивнева // Вектор науки. – ТГУ, 2012. – № 4. – С. 30-54.
9. Рудницкий В.Н. Параллельная реализация процесса минимизации систем частично или полностью определенных булевых функций с большим числом переменных / В.Н. Рудницкий, С.В. Пивнева, С.В. Бурмистров // Вектор науки. – ТГУ, 2013. – № 4. – С. 55-59.

REFERENCES

1. Pivneva, S.V. Peculiarities of the application of the mathematical apparatus for minimizing nondeterministic finite automata in evaluating the effectiveness of socioengineering management / S.V. Pivnyova, N.V. Lada // Sistemi obrobki informatsii. - 2014. - Vip. 1. - P. 93-96.
2. Kuznetsov, M. Social Engineering and Social Hackers [Electronic resource] / M. Kuznetsov, I. Simdyanov. - Access mode: <http://hrazvedka.ru/book/socialnaya-inzheneriya.html>.
3. Savelev, A.Ya. Applied theory of digital automata. - M: Higher School, 1987.-455 p.
4. Samofalov, K.G., Romankevich, A.M., Valuiskey, V.N., Kanevsky, Yu. S., Linkevich, M.M., Application theory of digital automata - K. : Vishcha shk. The main publishing house, 1987, - 375 p.
5. Pivneva, S.V. Peculiarities of the application of the multi-heuristic approach for solving problems of minimization of nondeterministic finite automata. S.V. Pivneva // Scientific Proceedings of the Kharkiv University of Air Forces, 2014, Issue 1 (38) - p. 154-157.
6. Baumgertner, S.V. A multi-heuristic approach to the problem of stellar-altitude minimization of nondeterministic finite automata. Baumgertner, B.F. Melnikov, S.V. Pivneva // Mathematical and computer methods in technical, humanitarian and social sciences: monogr. - Penza: Publishing house of the Privolzhsky House of Knowledge, 2011. - P. 101-112.
8. Krainyukov, N.I. Calculation of the finite-automaton complexity of Boolean functions as a discrete optimization problem / N.I. Krainyukov, S.V. Pivnyev // The Vector of Science. - TSU, 2012. - № 4. - P. 30-54.
9. Rudnitsky, V.N. Parallel implementation of the process of minimizing systems of partially or completely defined Boolean functions with a large number of variables. Rudnitsky, S.V. Pivneva, S.V. Burmistrov // Vector of science. - TSU, 2013. - № 4. - P. 55-59.

Implementation of vertex minimization of Boolean functions for modeling non-formalized processes**V. N. Rudnitsky, I. V. Myronets, V. G. Babenko, T. V. Myronyuk, S. V. Sysoienko**

Abstract. In this study were identified and discusses the features of minimization of Boolean functions for modeling non-formalized processes. The minimization of finite automata was considered on the basis of vertex minimization. Proceeding from the proposed minimization algorithm, in obtaining the optimal control method, it is convenient to use the current pseudo-optimal solution, improved by applying the corresponding set of local search methods. The proposed algorithm for vertex minimization of finite automata makes it possible to carry out the next step of the method of branches and boundaries and also allows you to prioritize the components that affect the management of social engineering in a well-defined field.

Keywords: *minimization of Boolean functions, non-deterministic finite automaton, social engineering, modeling, non-formalized processes, heuristic algorithm.*

Реализация вершинной минимизации булевых функций для моделирования неформализованных процессов**В. Н. Рудницкий, И. В. Миронец, В. Г. Бабенко, С. В. Сысоенко**

Аннотация. При проведении данного исследования были определены и рассмотрены особенности минимизации булевых функций для моделирования процессов, которые не формализуются. Было рассмотрено минимизацию конечных автоматов на основе вершинной минимизации. Исходя из предложенного алгоритма минимизации, при получении оптимального способа управления удобно использовать текущее псевдооптимальное решение, усовершенствованное путем применения соответствующей совокупности методов локального поиска. Предложенный алгоритм вершинной минимизации конечных автоматов дает возможность проведения очередного шага метода ветвей и границ, а также позволяет настраивать приоритетность составляющих, которые влияют на управление в социальной инженерии четко определенной сферы.

Ключевые слова: *минимизация булевых функций, недетерминированный конечный автомат, социоинженерия, моделирование, неформализованные процессы, эвристический алгоритм.*

До розрахунку на стійкість пружних анізотропних оболонок обертання в тривимірній постановці при осьовому стисканні

М. П. Семенюк, В. М. Трач, А. В. Подворний

Інститут механіки ім. С.П.Тимошенка НАНУ; Національний університет водного господарства та природокористування
*Corresponding author. E-mail: mikolasem@ukr.net; trach-vm@ukr.net; andrei_podvorniy@ukr.net

Paper received 23.06.17; Accepted for publication 28.06.17.

Анотація. Запропонований підхід до реалізації задачі тривимірної стійкості товстостінних анізотропних оболонок обертання під дією осьового стискання. Для представлення можливості запропонованого підходу, стосовно встановлення величин критичних навантажень, що базується на використанні процедури Бубнова-Гальоркіна та чисельному методі дискретної ортогоналізації проведено розрахунок циліндричної анізотропної оболонки з матеріалу, характеристики якого описуються однією площиною пружної симетрії. Досліджено залежність величин критичних навантажень від кута повороту головних напрямів пружності такого матеріалу відносно ліній головних кривизн конструкції. Результати представлені у вигляді графіків та проведений їх аналіз.

Ключові слова: стійкість, товстостінні анізотропні оболонки, тривимірна постановка

Вступ. Анізотропні товстостінні оболонки з композитів широко використовуються у найрізноманітніших конструкціях сучасної техніки. Найчастіше умови їх експлуатації такі, що в оболонці виникають напруження стискання, що можуть досягати критичних величин. Ці напруження можливо відшукати за попередньо проведеними експериментальними дослідженнями або знайти розрахунковим шляхом. В більшості розроблених, на даний час, методик приймається структурна ідеалізація композиту завдяки чому матеріал має три площини пружної симетрії. Однак, при виготовленні оболонок, наприклад, намотуванням виникає ефект анізотропії, що є наслідком розбіжності між напрямком армування та осями координат оболонки. Тому виникає необхідність в розробці методів розв'язку задач стійкості оболонок з композитних матеріалів із використанням більш загальної моделі композиту з найменшим рівнем симетрії матеріалу.

Скорочений огляд публікацій по темі. На основі двовимірних теорій задача стійкості тонких анізотропних оболонок детально досліджена в роботі [1]. Що стосується тривимірної постановки, то розрахунок напружено-деформованого стану та стійкості товстостінних анізотропних композитних оболонок мало досліджений у зв'язку із складністю побудови аналітичних та чисельних методів розрахунку таких тривимірних систем. Однак необхідно зауважити, що для ізотропних і ортотропних оболонкових конструкцій такі дослідження проведені: в роботах [4, 5, 8] досліджена стійкість циліндрів при розподіленому зовнішньому тиску та осьовому стисканні, а в [2, 3] розглянутий напружено-деформований стан ортотропних та анізотропних циліндрів при зовнішніх діях.

Метою представленої роботи є розв'язок задачі стійкості анізотропних оболонок з композитів на основі тривимірної теорії пружності [7] з використанням залежностей [6] при визначенні докритичного

напружено-деформованого стану. Отримані тривимірні розв'язки зможуть слугувати еталонами в розрахунках на стійкість, чисельними методами, оболонкових конструкцій більш складної геометрії.

Матеріали та методи. Для прикладу, розглядаються пружні анізотропні оболонки, віднесені до циліндричної (криволінійної) системи координат r, z, θ . Вісі r та θ є полярними координатами колового поперечного перерізу циліндра, z – нормальна до цього перерізу вісь, початок якої співпадає з центром основи. Матеріал конструкції має одну площину пружної симетрії, що обумовлено поворотом головних напрямів пружності початкового ортотропного матеріалу відносно осі z розглядуваної системи координат. Геометрія циліндра визначається довжиною твірної L , а також радіусами внутрішньої R_1 та зовнішньої R_2 поверхонь.

В нелінійній теорії пружності [7] умови рівноваги елемента, при використанні циліндричної системи координат, зводяться до трьох рівнянь:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \hat{\sigma}_{rr}}{\partial r} &= -\frac{1}{r} \left[\hat{\sigma}_{rr} + r \frac{\partial}{\partial z} (\hat{\tau}_{rz}) + \frac{\partial}{\partial \theta} (\hat{\tau}_{r\theta}) - \hat{\sigma}_{\theta\theta} + r F_r \right]; \\ \frac{\partial \hat{\tau}_{rz}}{\partial r} &= -\frac{1}{r} \left[\hat{\tau}_{rz} + r \frac{\partial}{\partial z} (\hat{\sigma}_{zz}) + \frac{\partial}{\partial \theta} (\hat{\tau}_{\theta z}) + r F_z \right]; \\ \frac{\partial \hat{\tau}_{r\theta}}{\partial r} &= -\frac{1}{r} \left[\hat{\tau}_{r\theta} + \hat{\tau}_{\theta r} + r \frac{\partial}{\partial z} (\hat{\tau}_{z\theta}) + \frac{\partial}{\partial \theta} (\hat{\sigma}_{\theta\theta}) + r F_\theta \right] \quad (1) \end{aligned}$$

де F_r, F_z, F_θ – проекції вектора питомих об'ємних сил на напрямки дотичних до координатних ліній r, z, θ ; $\hat{\sigma}, \hat{\tau}$ – проекції напружень на вісі прийнятої криволінійної системи координат до деформування оболонки [7].

При цьому лінеаризовані компоненти деформацій та кути повороту оболонок пов'язані з її переміщеннями такими залежностями

$$\begin{aligned} e_{zz} &= \frac{\partial u_z}{\partial z} & e_{\theta\theta} &= \frac{1}{r} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + \frac{1}{r} u_r & e_{rr} &= \frac{\partial u_r}{\partial r} \\ e_{z\theta} &= \frac{\partial u_\theta}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} & e_{rz} &= \frac{\partial u_r}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial r} & e_{r\theta} &= \frac{\partial u_\theta}{\partial r} - \frac{1}{r} u_\theta + \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} \\ \omega_z &= \frac{1}{2r} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} - \frac{1}{2r} u_\theta - \frac{1}{2} \frac{\partial u_\theta}{\partial r} & \omega_\theta &= \frac{1}{2} \frac{\partial u_z}{\partial r} - \frac{1}{2} \frac{\partial u_r}{\partial z} & \omega_r &= \frac{1}{2} \frac{\partial u_\theta}{\partial z} - \frac{1}{2r} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} \quad (2) \end{aligned}$$

Тут u_z, u_θ, u_r – переміщення точок циліндра у напрямках осей z, θ, r відповідно.

Співвідношення узагальненого закону Гука, що пов'язують компоненти деформацій та напружень, при повороті осей ортотропії відносно осі z , запишемо так [6]:

$$\begin{aligned} e_{zz} &= a_{11}\sigma_{zz} + a_{12}\sigma_{\theta\theta} + a_{13}\sigma_{rr} + a_{16}\tau_{z\theta} \\ e_{rr} &= a_{13}\sigma_{zz} + a_{23}\sigma_{\theta\theta} + a_{33}\sigma_{rr} + a_{36}\tau_{z\theta} \\ e_{r\theta} &= a_{44}\tau_{r\theta} + a_{45}\tau_{rz} \\ e_{\theta\theta} &= a_{12}\sigma_{zz} + a_{22}\sigma_{\theta\theta} + a_{23}\sigma_{rr} + a_{26}\tau_{z\theta} \\ e_{z\theta} &= a_{16}\sigma_{zz} + a_{26}\sigma_{\theta\theta} + a_{36}\sigma_{rr} + a_{66}\tau_{z\theta} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_{11} &= a'_{11} \cos^4 \psi + (2a'_{12} + a'_{66}) \cos^2 \psi \sin^2 \psi + a'_{22} \sin^4 \psi ; \\ a_{22} &= a'_{22} \cos^4 \psi + (2a'_{12} + a'_{66}) \cos^2 \psi \sin^2 \psi + a'_{11} \sin^4 \psi ; \\ a_{12} &= a'_{12} + (a'_{11} + a'_{22} - 2a'_{12} - a'_{66}) \sin^2 \psi \cos^2 \psi ; \\ a_{66} &= a'_{66} + 4(a'_{11} + a'_{22} - 2a'_{12} - a'_{66}) \cos^2 \psi \sin^2 \psi ; \\ a_{16} &= [2a'_{22} \sin^2 \psi - 2a'_{11} \cos^2 \psi + (2a'_{12} + a'_{66})(\cos^2 \psi - \sin^2 \psi)] \cos \psi \sin \psi ; \\ a_{26} &= [2a'_{22} \cos^2 \psi - 2a'_{11} \sin^2 \psi - (2a'_{12} + a'_{66})(\cos^2 \psi - \sin^2 \psi)] \cos \psi \sin \psi ; \\ a_{13} &= a'_{13} \cos^2 \psi + a'_{23} \sin^2 \psi ; \quad a_{23} = a'_{23} \cos^2 \psi + a'_{13} \sin^2 \psi ; \quad a_{36} = 2(a'_{23} - a'_{13}) \cos \psi \sin \psi ; \\ a_{33} &= a'_{33} ; \\ a_{44} &= a'_{44} \cos^2 \psi + a'_{55} \sin^2 \psi ; \quad a_{55} = a'_{55} \cos^2 \psi + a'_{44} \sin^2 \psi ; \quad a_{45} = (a'_{44} - a'_{55}) \cos \psi \sin \psi , \end{aligned} \quad (4)$$

де ψ – кут повороту головних напрямків пружності попередньо волокнистого ортотропного матеріалу відносно осі z прийнятої системи координат.

Співвідношення узагальненого закону Гука, для матеріалів з однією площиною пружної симетрії (3), запишемо в оберненому вигляді [2], який використаємо при розв'язку системи (1):

$$\begin{aligned} \sigma_{zz} &= b_{11}e_{zz} + b_{12}e_{\theta\theta} + b_{16}e_{z\theta} + c_1\sigma_{rr} \\ \tau_{z\theta} &= b_{16}e_{zz} + b_{26}e_{\theta\theta} + b_{66}e_{z\theta} + c_3\sigma_{rr} \\ e_{rz} &= a_{45}\tau_{r\theta} + a_{55}\tau_{rz} \\ \sigma_{\theta\theta} &= b_{12}e_{zz} + b_{22}e_{\theta\theta} + b_{26}e_{z\theta} + c_2\sigma_{rr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} &= -\frac{1}{r} \left[\sigma_{rr} + r \frac{\partial}{\partial z} \left(\tau_{rz} + \sigma_{zz}^0 \left(\frac{\partial u_r}{\partial z} \right) + \tau_{z\theta}^0 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} - \frac{1}{r} u_\theta \right) \right) \right] + \\ &+ \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\tau_{r\theta} + \tau_{z\theta}^0 \left(\frac{\partial u_r}{\partial z} \right) + \sigma_{\theta\theta}^0 \left(\frac{1}{r} \left(\frac{\partial u_r}{\partial \theta} \right) - \frac{1}{r} u_\theta \right) \right) - \left(\sigma_{\theta\theta} + \sigma_{\theta\theta} \left(\frac{1}{r} \left(\frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r} u_r \right) + \tau_{z\theta}^0 \left(\frac{\partial u_\theta}{\partial z} \right) \right) \Bigg] ; \\ \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} &= -\frac{1}{r} \left[\tau_{rz} + r \frac{\partial}{\partial z} \left(\sigma_{zz} + \sigma_{zz}^0 \frac{\partial u_z}{\partial z} + \tau_{z\theta}^0 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} \right) \right) \right] + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\tau_{z\theta} + \tau_{z\theta}^0 \frac{\partial u_z}{\partial z} + \sigma_{\theta\theta} \frac{1}{r} \left(\frac{\partial u_z}{\partial \theta} \right) \right) \Bigg] ; \\ \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial r} &= -\frac{1}{r} \left[\tau_{r\theta} + \left(\tau_{r\theta} + \tau_{z\theta}^0 \frac{\partial u_r}{\partial z} \right) + r \frac{\partial}{\partial z} \left(\tau_{z\theta} + \tau_{z\theta}^0 \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} + \frac{1}{r} u_r \right) + \sigma_{zz}^0 \frac{\partial u_\theta}{\partial z} \right) + \right. \\ &\left. + \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sigma_{\theta\theta} + \sigma_{\theta\theta}^0 \left(\frac{1}{r} \left(\frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r} u_r \right) + \tau_{z\theta}^0 \frac{\partial u_\theta}{\partial z} \right) \right] , \end{aligned} \quad (6)$$

де $\sigma_{zz}^0, \sigma_{\theta\theta}^0$ и $\tau_{z\theta}^0$ – докритичні напруження отримані відповідно до методу запропонованого в [6].

Замінюючи в (6) напруження $\sigma_{zz}, \sigma_{\theta\theta}, \tau_{z\theta}$ їх виразами (5) з урахуванням (2) і, використовуючи спів-

$$\frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial r} = \frac{c_2 - 1}{r} \sigma_{rr} - \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} - \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial \theta} + \frac{b_{22}}{r^2} u_r + \frac{b_{12}}{r} \frac{\partial u_z}{\partial z} + \frac{b_{26}}{r^2} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} + \frac{b_{26}}{r} \frac{\partial u_\theta}{\partial z} + \frac{b_{22}}{r^2} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta} -$$

$$e_{rz} = a_{45}\tau_{r\theta} + a_{55}\tau_{rz} . \quad (3)$$

Зауважимо, що напруження $\sigma_{zz}, \sigma_{\theta\theta}, \sigma_{rr}, \tau_{z\theta}, \tau_{r\theta}, \tau_{rz}$ пов'язані з $\hat{\sigma}_{zz}, \hat{\sigma}_{\theta\theta}, \hat{\sigma}_{rr}, \hat{\tau}_{z\theta}, \hat{\tau}_{r\theta}, \hat{\tau}_{rz}$ в (1) за допомогою співвідношень [7]. В (3) a_{ij} ($i, j=1,6$) – механічні константи матеріалу, що має одну площину пружної симетрії, зв'язок яких з константами матеріалу, чий вісі ортотропії співпадають з координатними a'_{ij} , запишемо відповідно [6]:

$$\begin{aligned} e_{rr} &= -c_1 e_{zz} - c_2 e_{\theta\theta} - c_3 e_{z\theta} + c_4 \sigma_{rr} \\ e_{r\theta} &= a_{44} \tau_{r\theta} + a_{45} \tau_{rz} , \end{aligned} \quad (5)$$

де b_{ij} ($i, j=1, 2, 6$), c_i ($i=1,4$) – характеристики, що визначаються з використанням механічних констант a_{ij} ($i, j=1,3,5,6$) матеріалу оболонки [2].

Для розв'язку задачі стійкості циліндричних анізотропних оболонок, згідно до статичного критерію Ейлера, проведемо лінеаризацію системи (1), записаної відносно похідних за змінною r :

відношення для деформації $e_{rz}, e_{r\theta}, e_{rr}$ (2), отримаємо систему рівнянь стійкості для анізотропних циліндричних оболонок:

$$\begin{aligned}
 & -\sigma_{zz}^0 \frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} - \frac{2}{r} \tau_{z\theta}^0 \frac{\partial^2 u_r}{\partial z \partial \theta} + \frac{2}{r} \tau_{z\theta}^0 \frac{\partial u_\theta}{\partial z}; \\
 \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} = & -c_1 \frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial z} - \frac{1}{r} \tau_{rz} - \frac{b_{12}}{r} \frac{\partial u_r}{\partial z} - b_{11} \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} - \frac{b_{66}}{r^2} \frac{\partial^2 u_z}{\partial \theta^2} - \frac{b_{12} + b_{66}}{r} \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial z \partial \theta} - \frac{c_3}{r} \frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial \theta} \\
 & - \frac{b_{26}}{r^2} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} - \frac{2b_{16}}{r} \frac{\partial^2 u_z}{\partial z \partial \theta} - b_{16} \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial z^2} - \frac{b_{26}}{r^2} \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial \theta^2} - \sigma_{zz}^0 \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} - \frac{2}{r} \tau_{z\theta}^0 \frac{\partial^2 u_z}{\partial z \partial \theta}; \\
 \frac{\partial \tau_{r\theta}}{\partial r} = & -\frac{c_2}{r} \frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial \theta} - \frac{2}{r} \tau_{r\theta} - \frac{b_{22}}{r^2} \frac{\partial u_r}{\partial \theta} - \frac{b_{12} + b_{66}}{r} \frac{\partial^2 u_z}{\partial z \partial \theta} - b_{66} \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial z^2} - \frac{b_{22}}{r^2} \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial \theta^2} - c_3 \frac{\partial \sigma_{rr}}{\partial z} \\
 & - \frac{b_{26}}{r} \frac{\partial u_r}{\partial z} - b_{16} \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} - \frac{b_{26}}{r^2} \frac{\partial^2 u_z}{\partial \theta^2} - \frac{2b_{26}}{r} \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial z \partial \theta} - \sigma_{zz}^0 \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial z^2} - \frac{2}{r} \tau_{z\theta}^0 \frac{\partial u_r}{\partial z} - \frac{2}{r} \tau_{z\theta}^0 \frac{\partial^2 u_\theta}{\partial z \partial \theta}; \\
 \frac{\partial u_r}{\partial r} = & c_4 \sigma_{rr} - \frac{c_2}{r} u_r - c_1 \frac{\partial u_z}{\partial z} - \frac{c_3}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \theta} - c_3 \frac{\partial u_\theta}{\partial z} - \frac{c_2}{r} \frac{\partial u_\theta}{\partial \theta}; \\
 \frac{\partial u_z}{\partial r} = & a_{55} \tau_{rz} + a_{45} \tau_{r\theta} - \frac{\partial u_r}{\partial z} \quad (7)
 \end{aligned}$$

Одним з напрямів розв'язку отриманої тривимірної задачі (7) є можливість у перетворенні її в одновимірну, для чого скористаємось процедурою Бубнова-Гальоркіна. У відповідності з нею, розкладемо всі функції у тригонометричні ряди за координатою уздовж твірної циліндра z так, щоб вони задовольняли крайовим умовам на торцях оболонки

$$\sigma_{zz} = -\sigma_{zz}^0, u_r = u_\theta = 0,$$

а також врахуємо періодичність функцій за коловою координатою θ :

$$\begin{aligned}
 \sigma_{rr}(r, z, \theta) &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} [y_{1,pk}(r) \cos k\theta + y'_{1,mk}(r) \sin k\theta] \sin l_m z; \\
 \tau_{rz}(r, z, \theta) &= \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} [y_{2,pk}(r) \cos k\theta + y'_{2,mk}(r) \sin k\theta] \cos l_m z; \\
 \tau_{r\theta}(r, z, \theta) &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} [y_{3,pk}(r) \sin k\theta + y'_{3,mk}(r) \cos k\theta] \sin l_m z; \\
 u_r(r, z, \theta) &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} [y_{4,pk}(r) \cos k\theta + y'_{4,mk}(r) \sin k\theta] \sin l_m z; \\
 u_z(r, z, \theta) &= \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} [y_{5,pk}(r) \cos k\theta + y'_{5,mk}(r) \sin k\theta] \cos l_m z; \\
 u_\theta(r, z, \theta) &= \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} [y_{6,pk}(r) \sin k\theta + y'_{6,mk}(r) \cos k\theta] \sin l_m z \quad (8)
 \end{aligned}$$

Після деяких математичних перетворень та розділення змінних в рівняннях (7) за допомогою співвідношень (8), отримаємо нескінчену систему звичайних диференціальних рівнянь стійкості в нормальній формі Коші:

$$\frac{d\bar{y}}{dr} = T(r)\bar{y}, \quad T(r) = t_{i,j}(r), \quad (9)$$

де $\bar{y} = \{y_{1,pk}; y_{2,pk}; y_{3,pk}; y_{4,pk}; y_{5,pk}; y_{6,pk}; y'_{1,mk}; y'_{2,mk}; y'_{3,mk}; y'_{4,mk}; y'_{5,mk}; y'_{6,mk}\}$ – розв'язуюча вектор-функція. Ненульові елементи матриці $T(r)$ приведені в роботі [9].

Реалізація отриманої системи рівнянь (9) при граничних умовах на внутрішній $r = R_1$ та на зовнішній $r = R_2$ поверхнях оболонки

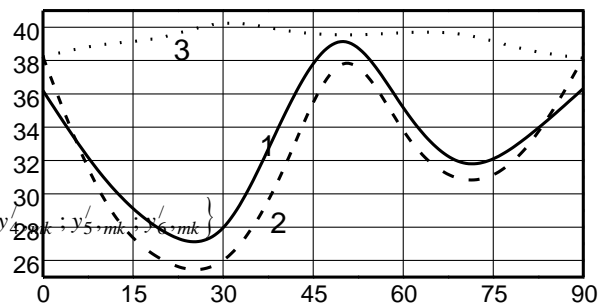
$$\sigma_{rr} = \tau_{rz} = \tau_{r\theta} = 0 \quad (10)$$

проводиться з використанням чисельного методу дискретної ортогоналізації [3]. Алгоритм розв'язку задачі стійкості оболонок обертання, що знаходяться

під дією осевого стискання, реалізований у вигляді пакетів прикладних програм для ПК.

Результати та їх обговорення. В якості тестування та реалізації можливостей запропонованого підходу розглянемо стійкість, при осьовому стискаючому навантаженні, циліндричної оболонки, утвореної намотуванням, з такими геометричними та механічними характеристиками: радіусами внутрішньої $R_1 = 0.59$ м та зовнішньої $R_2 = 0.61$ м поверхонь, довжиною твірної $L = 1.2$ м, $E_z = 1900$ МПа, $E_\theta = 1200$ МПа, $\sigma_{zz}^{cr} = 450$ МПа, $G_{z\theta} = 300$ МПа, $G_{zr} = G_{\theta r} = 230$ МПа, $\nu_{z\theta} = 0.15$, $\nu_{r\theta} = 0.3$, $\nu_{rz} = 0.07$. На рис. 1 приведені графіки в осях $\sigma_{zz}^{cr} - \psi$, де σ_{zz}^{cr} – критичне значення осевого напруження оболонки з гвинтовим армуванням кут якого визначається величиною ψ . При цьому суцільна крива 1 отримана при використанні теорії Кірхгофа-Лява [1], криві 2 та 3 відповідають запропонованому підходу, але 3 отримана без урахування в співвідношеннях пружності (3) констант матеріалу $a_{16}, a_{26}, a_{36}, a_{45}$, тобто оболонка є ортотропною.

Рис.1. Залежність осевих стискаючих напружень від кута повороту напрямків пружності матеріалу



Висновки. Отриманий розв'язок задачі стійкості циліндричних оболонок з урахуванням анізотропії, обумовленої наявністю однієї площини пружної симетрії. Докритичний напружено-деформований стан описується на основі використання залежностей [6]. Розв'язуюча система диференціальних рівнянь стійкості отримана на основі тривимірних співвідношень теорії пружності. Для задоволення крайових умов на

торця використовується процедура Бубнова-Гальоркіна.

На цій основі досліджена залежність критичних значень осевих стискаючих напружень від напрямку армування стінок оболонки. Видно, що отримані за запропонованим підходом результати добре узго-

джуються з визначеними на основі класичної теорії. Це дозволяє використовувати розроблену методику при розрахунку товстостінних циліндричних конструкцій, де двовимірні підходи призводять до наближених результатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баженов В.А., Семенюк М.П., Трач В.М. Нелінійне деформування, стійкість і закритична поведінка анізотропних оболонок: Монографія. – К.: Каравела.- 2010. – 352 с.
2. Григоренко Я.М., Василенко А.Т., Панкратова Н.Д. Задачі теорії пружості неоднородних тел – К.: Наук. думка, 1991. – 216 с.
3. Григоренко Я. М., Влайков Г. Г., Григоренко А. Я. Численно-аналитическое решение задач механики оболочек на основе различных моделей: Монография – К.: Академперіодика, 2006. – 472 с.
4. Гузь А.Н. Основы трехмерной теории устойчивости деформируемых тел. – Киев: Вища школа, 1986. – 511 с.
5. Гузь А.Н., Бабич И.Ю. Пространственные задачи теории пружости и пластичности. Т.4. Трехмерная теория устойчивости деформируемых тел. – Киев: Наук. думка, 1985. – 280 с.
6. Лехницький С.Г. Теория упругости анизотропного тела. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Наука, 1977. – 415 с.
7. Новожилов В.В. Основы нелинейной теории упругости. – Л. - М.: ОГИЗ, 1948. - 211 с.
8. Kardomateas G.A. Bifurcation of Equilibrium in Thick Orthotropic Cylindrical Shells Under Axial Compression. – Journal of Applied Mechanics, March 1995, Vol. 62/43.
9. Semenuk M.P., Trach V.M., Podvornyi A.V. Stability of cylindrical anisotropic shells under axial pressure in three-dimensional statement // 36. наук. пр. “Опір матеріалів і теорія споруд”/ КНУБА. -№94, -2015.- С. 192-206.

REFERENCES

1. Bazenov V.A., Semenuk M.P., Trach V.M. Nonlinear deformation, stability and overcritical behavior of anisotropic shells: Monograph. – K.: Karavela.- 2010. – 352 p.
2. Grigorenko Ya.M., Vasilenko A.T., Pankratova N.D. Tasks of the theory of elasticity of non-uniform bodies – K.: Nauk. dumka, 1991. – 216 p.
3. Grigorenko Ya.M., Vlaykov G.G., Grigorenko A.Ya. The numerical and analytical solution of problems of mechanics of shells on the basis of various models: Monograph. – K. : Akademperіodika, 2006. – 472 p.
4. Guz A.N. Bases of the three-dimensional theory of stability of deformable bodies. – Kiev: Vischa shkola 1986. – 511 p.
5. Guz A.N., Babich I.U. Spatial tasks of the theory of elasticity and plasticity. T.4. Three-dimensional theory of stability of deformable bodies. – K.: Nauk. dumka, 1985. – 280 p.
6. Lehnitskiy S.G. Theory of elasticity of an anisotropic body. – the 2nd edition corrected and additional. – M.: Nauka, 1977. – 415 p.
7. Novozilov V.V. Bases of the nonlinear theory of elasticity. – L. - M.: OGIZ, 1948. - 211 p.

To calculation on stability of elastic anisotropic shells of rotation in three-dimensional statement at axial compression

M. P. Semenuk, V. M. Trach, A. V. Podvornyi

Abstract. Approach to realization of a problem of three-dimensional stability of thick-walled anisotropic shells of rotation under the influence of axial compression is offered. For representation of a possibility of the offered approach, on establishment of sizes of critical loadings, Bubnov-Galerkina based on use of the procedure and a numerical method of discrete orthogonalization calculation of a cylindrical anisotropic shell from material which characteristics are described by one plane of elastic symmetry is carried out. Dependence of sizes of critical loadings on an angle of rotation of the main directions of elasticity of such material concerning lines main curvatures designs is investigated. Results are presented in the form of schedules and the analysis is carried out them.

Keywords: stability, thick-walled anisotropic shells, three-dimensional statement

К расчету на устойчивость упругих анизотропных оболочек вращения в трехмерной постановке при осевом сжатии

Н. П. Семенюк, В. М. Трач, А. В. Подворный

Аннотация. Предложен подход к реализации задачи трехмерной устойчивости толстостенных анизотропных оболочек вращения под действием осевого сжатия. Для представления возможности предлагаемого подхода, по установлению величин критических нагрузок, основанного на использовании процедуры Бубнова-Галеркина и численном методе дискретной ортогонализации проведен расчет цилиндрической анизотропной оболочки из материала, характеристики которого описываются одной плоскостью упругой симметрии. Исследована зависимость величин критических нагрузок от угла поворота главных направлений упругости такого материала относительно линий главных кривизн конструкции. Результаты представлены в виде графиков и проведен их анализ.

Ключевые слова: устойчивость, толстостенные анизотропные оболочки, трехмерная постановка

Использование виртуальных областей при плавании судна в стесненных водах

А. Н. Волков, А. А. Голиков, А. Ю. Булгаков

Национальный Университет «Одесская Морская Академия», Одесса, Украина
Corresponding author. E-mail: burmaka-mob@ukr.net

Paper received 21.06.17; Revised 26.06.17; Accepted for publication 28.06.17.

Аннотация. Получены аналитические выражения преобразования границы безопасной области с пространства относительного движения в пространство истинного движения. Приведены результаты исследования свойств виртуальных областей, позволяющие использовать их в процессе расхождения. Предложена процедура отображения виртуальных областей на электронной карте и разработан способ расхождения судна с несколькими опасными целями при наличии мешающих судов и навигационных опасностей, отличающийся наглядностью, оперативностью и простотой.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, предупреждение столкновения судов, виртуальная область, пространства относительного и истинного движения, расхождение изменением курса.

Введение. Морские суда значительную часть своего эксплуатационного времени работают в стесненных водах, под которыми понимаются районы, где ширина свободного прохода для судов ограничена в навигационном отношении опасностями, или интенсивным судоходством. К плаванию в стесненных водах относится плавание в проливах, каналах, шхерах, реках, вблизи побережья и навигационных опасностей, в районах с установленными путями, системами разделения движения и т. д.

Основными особенностями плавания в стесненных водах являются: малый запас воды под килем, в результате чего многие суда становятся "стесненными своей осадкой"; ограниченность безопасного судоходного пространства, близость навигационных опасностей, резкое ограничение возможных отклонений судна от линии заданного пути, что требует максимально точной навигации и требует расхождения судов на минимальных траверзных расстояниях; сочетание "транзитного" движения судов вдоль узкости с пересекающимися его местными судами (особенно в районах паромных переправ) и частое следование малых судов курсами, отличными от рекомендованных.

В силу этих особенностей при плавании в стесненных водах требуются особенно высокая точность, четкость, безошибочность, быстродействие всей системы управления движением судна. Основные задачи - наблюдение, навигация, предупреждение столкновений - должны решаться одновременно и взаимосвязано.

В случае опасного сближения судов в стесненных водах при выборе маневра расхождения оперирующим судном помимо опасной цели необходимо учитывать мешающие суда и навигационные опасности в районе маневрирования. Существующие методы одновременного учета опасных целей и навигационных опасностей носят аналитический характер и являются громоздкими и малоэффективными [1-3]. Поэтому существует необходимость разработки оперативных и наглядных методов предупреждения столкновений судов при плавании в стесненных водах.

Краткий обзор публикаций по теме. В работах [1-3], в частности, рассмотрен вопрос учета имеющихся в районе предстоящего расхождения навигационных опасностей. Причем в работе [1] получена процедура оценки возможности расхождения судна с опасной целью при наличии навигационной опасности, для чего получено условие существования множества допусти-

мых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей. Разные типы навигационных опасностей (точечная, линейно распределенная и т.п.) формализованы в работе [2] и предложены процедуры выбора безопасного маневра расхождения для каждого типа навигационных опасностей. В работе [3] предложена аналитическая процедура учета навигационных опасностей при достижении возможного поворота судна на курс выхода в сторону программной траектории движения. Анализ предложенных процедур в указанных работах показал, что их реализация в судовых навигационных системах потребует значительных усилий и затрат для аппроксимации границ навигационных опасностей.

В работе [4] обращается внимание на необходимость формализации взаимодействия судов в ситуации опасного сближения и показано, что основным способом описания взаимодействия пары опасно сближающихся судов является бинарная координация, которая реализована в МППСС-72, причем в данной работе предложена их формализация. Вопросы бинарной координации и мера их эффективности рассмотрены в работа [5, 6].

В ситуациях чрезмерного сближения судов правилами МППСС-72 их взаимодействие не координируется, однако, для предупреждения их столкновений в работе [7] подробно рассмотрены экстренные стратегии расхождения, структура которых зависит не только от особенностей ситуации сближения, но и от поведения цели в процессе расхождения.

Следует отметить, что в работе [3] предлагается навигационные опасности учитывать путем использования электронных карт, на которых отображать процесс расхождения. Такой подход является перспективным и в настоящей статье предлагается обсуждение его использования при плавании судов в стесненных водах.

Цель. Целью настоящей статьи является анализ использования виртуальных областей, с помощью которых выбор безопасного маневра расхождения осуществляется с учетом навигационных опасностей.

Материалы и методы. В работе [8], указывается, что безопасная область судна задается в пространстве относительного движения определенной фигурой, граница которой задается относительно цели и показано, как производится преобразование границы области из пространства относительного движения в пространство истинного движения. Положение точек границы безопасной области в пространстве относительного движения задаются углами α , а расстояния отрезками D относи-

тельно судна, находящегося в начале координат.

Пространство истинного движения, которое отображается на обычной или электронной карте содержит навигационные опасности, однако области безопасности цели не могут иметь форму, заданную в пространстве относительного движения.

Конкретная точка границы безопасной области, связанная с целью, может быть достигнута судном в пространстве относительного движения, если относительный курс будет равен направлению α и точка будет достигнута через время $t = D/V_{ot}$, где V_{ot} - относительная скорость. Указанное условие достижения каждой точки границы безопасной области.

является определяющим для ее преобразования в пространство истинного движения. В пространстве истинного движения направлению α соответствует истинное направление движения судна β , а время достижения точки остается неизменным, поэтому:

$$L = \frac{V_o}{V_{ot}} D, \quad (1)$$

где V_o - скорость судна.

В работе [3] показано, что отображение множества относительных направлений α в множество истинных направлений β описывается зависимостью:

$$\beta = \alpha + \arcsin [P^{-1} \sin (K_c - \alpha)], \quad (2)$$

где K_c - курс цели.

Поэтому каждой точке границы безопасной области судна, заданной в пространстве относительного движения полярными координатами D и α , соответствует точка границы в пространстве истинного движения с полярными координатами L и β . Множество точек с полярными координатами L и β составляет границу безопасной области в пространстве истинного движения, которая называется виртуальной областью.

Рассмотрим случай, когда безопасная область имеет форму круга в пространстве относительного движения, в этом случае уравнение ее границы можно записать в параметрическом виде:

$$x = D_d \sin \varphi, \quad y = D_d \cos \varphi \quad (\varphi \in (0, 360)),$$

где D_d - предельно-допустимая дистанция кратчайшего сближения.

С учетом пеленга α_o с судна на цель и дистанции D_o между судном и целью, точки (x, y) границы безопасной области преобразуются в полярные координаты (D, α) , а затем с помощью выражений (1) и (2) формируется граница виртуальной области в пространстве истинного движения. На рис. 1 показаны безопасная область, связанная с целью и имеющая форму круга, а также соответствующая ей виртуальная область. Параметры начальной ситуации сближения имеют значения: $D_o = 3,5$ мили, $\alpha_o = 350^\circ$, $K_o = 75^\circ$, $K_c = 105^\circ$, $V_o = 20$ уз, $V_c = 17$ уз, $D_d = 1$ мили.

Результаты и их обсуждение. При исследовании виртуальных областей установлены следующие их основные свойства, которые следует учитывать при выборе безопасного маневра расхождения судна:

1. При сближении судна с целью, когда дистанция кратчайшего сближения меньше заданной предельно-допустимой дистанции, признаком опасного сближения

является попадание текущего участка программной траектории движения судна в виртуальную область цели.

2. Дистанция кратчайшего сближения судна с опасной целью будет равна заданной предельно-допустимой дистанции, если текущий участок программной траектории движения судна является касательным к границе виртуальной области.

3. Равенство дистанции кратчайшего сближения судна с целью и заданной предельно-допустимой дистанции сближения сохраняется при следовании судна по касательной к границе виртуальной области до момента кратчайшего сближения.

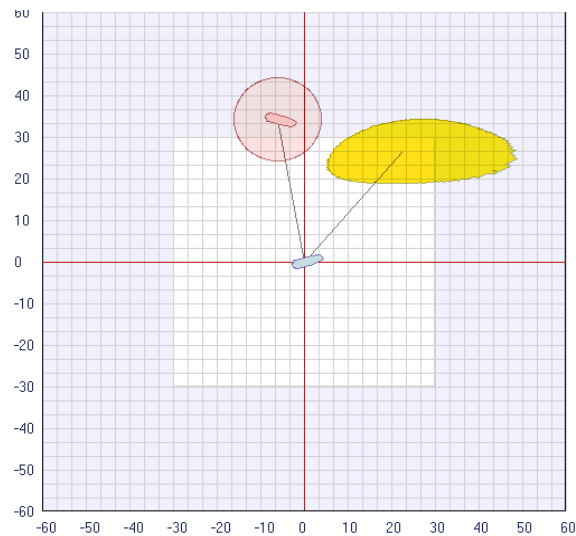


Рис. 1. Отображение безопасной области круговой формы

Поэтому для выбора маневра расхождения необходима разработка процедуры отображения виртуальных областей целей на электронной карте и их изменение во времени при заданных параметрах движения судна и цели.

В качестве примера рассмотрим начальную ситуацию сближения судна с тремя целями при наличии навигационных опасностей, границы которых имеют формы окружности, эллипса и прямоугольника (рис. 2). Причем на рисунке показана нумерация целей и их виртуальных областей, а также отображена программная траектория движения судна, которая состоит из двух участков. Программная траектория проложена между двумя навигационными опасностями.

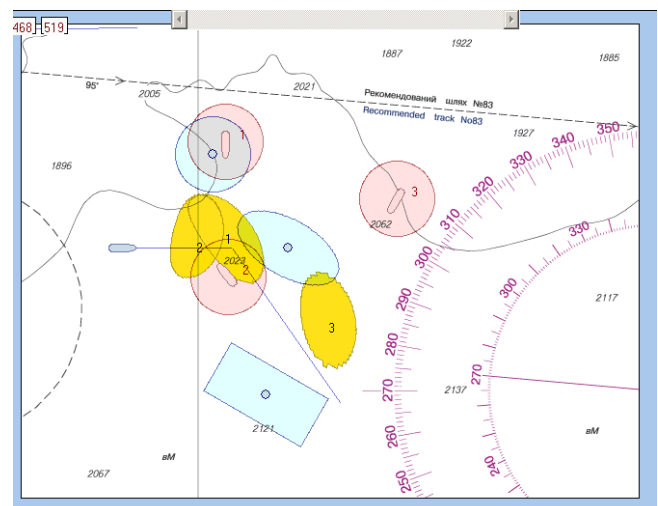


Рис. 2. Исходная ситуация опасного сближения

Так как текущий участок программной траектории движения судна пересекает виртуальные области целей 2 и 1, то сближения с этими целями является опасным. Учитывая, что опасность столкновения возникает раньше с целью 2, необходимо вначале выполнить уклонение от этой цели. Анализ исходной ситуации показывает, что при уклонении по касательной к виртуальной области цели 2 влево возникает опасность попадания на первую навигационную опасность, которая имеет форму круга, а при уклонении вправо по касательной судно чисто проходит относительно навигационных опасностей.

Поэтому выбирается первый участок уклонения вправо на курс 115° , как показано на рис. 3. При этом первый участок уклонения является касательным к виртуальной области цели 2. Судно следует этим курсом, пока не сблизится минимально с целью 2, в этот момент судно выбирает второй участок

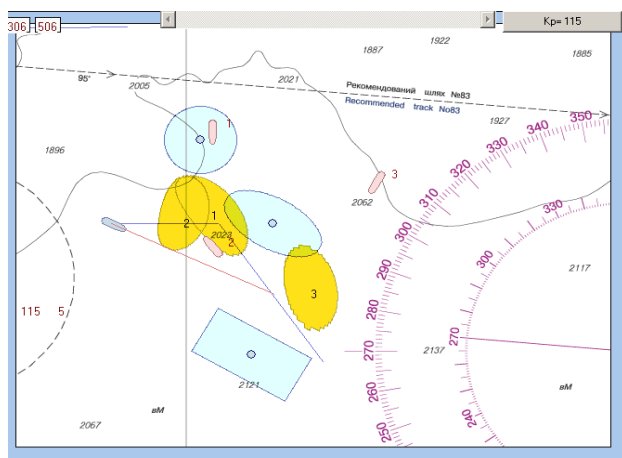


Рис. 3. Выбор первого участка уклонения

уклонения касательный к виртуальной области цели 3 и следует курсом 126° , как показано на рис. 4, и продолжает следовать в направлении программной траектории движения. При достижении программной траектории движения судно поворачивает на курс второго участка и дальше следует им.

Таким образом, отображая виртуальные области целей на электронной карте, можно оценивать опасность сближения с ними и при необходимости выбирать безопасные курсы уклонения с учетом имеющихся навига-

ционных опасностей.

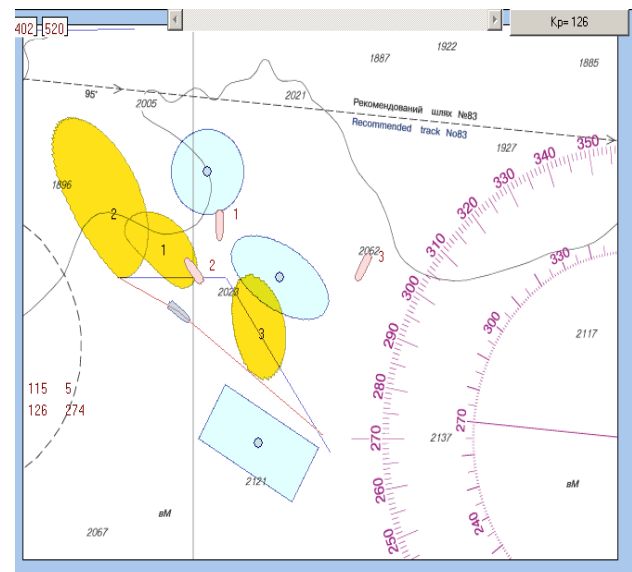


Рис. 4. Выбор второго участка уклонения

Выводы

1. Получены аналитические выражения преобразования границы безопасной области с пространства относительного движения в пространство истинного движения, обеспечивая формирование виртуальной области цели. Приведен пример формирования виртуальной области для безопасной области, имеющей форму круга.

2. Приведены результаты исследования свойств виртуальных областей, позволяющие использовать их для оценки опасности сближения встречных судов и выбора безопасных курсов расхождения с учетом навигационных опасностей.

3. Предложена процедура отображения виртуальных областей на электронной карте и изменение их в зависимости от времени и параметров движения судна и целей. Разработан способ расхождения судна с несколькими опасными целями при наличии мешающих судов и навигационных опасностей, отличающийся наглядностью, оперативностью и простотой. Приведен пример выбора безопасной стратегии расхождения при сближении судна с тремя целями и наличии в районе плавания нескольких навигационных опасностей.

ЛИТЕРАТУРА

- Петриченко Е.А. Вывод условия существования множества допустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей / Петриченко Е.А. // Судовождение. – 2003. – №6. – С. 103 – 107.
- Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
- Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака, Э.Н. Пятаков, А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
- Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э.Н., Бужбецкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. - 312 с.
- A. Volkov. Appraisal of the Coordinability of the Vessels for Collision Avoidance Maneuvers by Course Alternation / A. Volkov, E.Pyatarov & A. Yakushev// Activites in Navigation.-Adam Weintrit/ - 2015, P. 195 – 200.
- Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Э.Н. Пятаков., С.И. Заичко // Судовождение: Сб. науч. трудов. / ОНМА, – Вып.15. - Одесса: "ИздатИнформ", 2008. – С. 166 – 171.
- Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А. И., Бужбецкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.
- Волков А.Н. Применение судовой безопасной области для учета опасной цели и навигационного препятствия / Волков А.Н.// Водный транспорт. – 2014. №2 (20).– С. 29 – 35.

REFERENCES

- Petrichenko E.A. Conclusion of condition of existence of great number of possible manoeuvres of divergence taking into account

- navigation dangers/ Petrichenko E.A. // Sudovozhdenie.- 2003.- №6 .- p. 103 – 107.
2. Tsymbal N. Flexible strategies of divergence of vessels / N. Tsymbal, I.Burmaka, E. Tyupykov, Odessa: KP OGT, 2007. – 424 p.
 3. Burmaka I. Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement / Burmaka I., Pyatakov E., Bulgakov A.- LAP LAMBERT Academic Publishing, - Saarbrücken (Germany), – 2016. - 585 p.
 4. Pyatakov E.Cooperation of vessels at divergence for warning of collision / Pyatakov E., Buzhbetskiy R., Burmaka I., Bulgakov A., Kherson: Grin D.S., 2015. - 312 p.
 5. A. Volkov. Appraisal of the Coordinability of the Vessels for Collision Avoidance Maneuvers by Course Alternation / A. Volkov, E.Pyatarov & A. Yakushev// Activites in Navigation.-Adam Weintrit/ - 2015, P. 195 – 200.
 6. Pyatakov E. N. Estimation of efficiency of pair strategies of going away vessels / Pyatakov E. N., Zaichko S.I.// Sudovozhdenie.- 2008.- №15 .- P. 166 – 171.
 7. Burmaka I. Urgent strategy of divergence at excessive rapprochement of vessels / Burmaka I., Burmaka A., Buzhbetskiy R. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 p.
 8. Volkov A.N. Application of ship safe region for the account of dangerous target and navigation obstacle / Volkov A.N.// Vodnyj transport. – 2014. №2 (20).– P. 29 – 35.

Use of virtual regions at sailing of ship in the straitened waters

A. N. Volkov, A. A. Golykov, A. Y. Bulgakov

Abstract. Analytical expressions of transformation of border of safe region from space of relative motion in space of veritable motion are got. The results of research of properties of virtual regions are resulted, allowing to use them in the process of divergence. Procedure of reflection of virtual regions is offered on an electronic card and the method of divergence of ship with a few dangerous targets at presence of preventing vessels and navigation dangers is developed, different evident, operative and simplicity.

Keywords: *safety of navigation, preventing of collision of vessels, virtual region, spaces of relative and veritable motion, divergence by the change of course.*

Выбор маневра расхождения судна изменением курса с помощью области недопустимых параметров движения

Е. Л. Волков

Национальный Университет «Одесская Морская Академия», г. Одесса, Украина
Corresponding author. E-mail: yevvolkov@gmail.com

Paper received 07.06.17; Revised 12.06.17; Accepted for publication 15.06.17.

Аннотация. Для ситуаций сближения судна с каким-либо объектом предложена процедура оценки опасности сближения с помощью области недопустимых параметров движения судна. Если скорость судна больше скорости цели, то при опасном сближении с помощью упомянутой области можно выбрать маневр расхождения изменением курса судна. В случае, когда скорость судна меньше скорости цели, рассмотрен способ определения курса уклонения судна для предупреждения возможного столкновения. Показана реализация предлагаемых процедур с помощью компьютерной программы.

Ключевые слова: безопасность судоходства, предупреждение столкновения судов, область недопустимых параметров, оценки опасности сближения, расхождение изменением курса.

Актуальность исследования. Направлению совершенствования вопросов оценки ситуации опасного сближения и предупреждения возможного столкновения посвящен ряд работ [5-8], выполненных в последние годы. Формированию гибких стратегий расхождения в зависимости от значения ситуационного возмущения посвящена работа [5], а в работе [6] рассмотрена реализация определенного типа взаимодействия судов в случае возникновения ситуационных возмущений различного типа. Экстренная стратегия расхождения в ситуации чрезвычайного сближения судов предложена в работе [7].

В работе [8] исследована проблема выбора оптимальной структуры системы бинарной координации взаимодействия пары опасно сближающихся судов при расхождении. Доминирующей характеристикой системы бинарной координации в работе принята согласованность, или координируемость маневров опасно сближающихся судов, предпринимаемых для безопасного расхождения, причем в качестве оценки координируемости маневров судов при расхождении выбрана скорость изменения дистанции кратчайшего сближения в зависимости от маневра расхождения судов.

Анализируемые работы вносят значительный вклад в теорию решения проблемы предупреждения столкновений судов, однако они не содержат рекомендаций по оперативному выбору маневров расхождения. В последнее время появились исследования по проблеме обеспечения безопасного расхождения судов методами внешнего управления с использованием недопустимых областей курсов или скоростей судов [9]. Предлагаемый подход к решению проблемы предупреждения столкновения судов целесообразно использовать и при локально независимом управлении процессом расхождения [9] с использованием недопустимых областей параметров движения судна, которые могут быть реализованы с помощью компьютера в виде оперативной процедуры выбора маневра расхождения судна. Этому вопросу посвящена настоящая статья.

Целью настоящей статьи является рассмотрение процедуры оценки опасности сближения судна с целью и, в случае необходимости, выбор судном маневра расхождения изменением курса с помощью области недопустимых параметров движения судна.

Если при сближении судна с целью дистанция кратчайшего сближения $\min D$ меньше предельно-допустимой дистанции d_d , то сближение является опасным. Так как значение $\min D$ зависит от пеленга на

цель α и дистанции D между судном и целью, а также от параметров движения судна (курса K_1 , скорости V_1) и цели K_2 , V_2 [5], то при заданных значениях α , D , K_2 и V_2 существует множество сочетаний параметров движения судна K_1 и V_1 , при которых имеет место неравенство $\min D \leq d_d$. Если сочетания K_1 и V_1 рассматривать, как точки (K_1, V_1) координатной плоскости $K_1 \times V_1$, то область Ω_d , для каждой точки (K_1, V_1) которой выполняется неравенство $\min D \leq d_d$, будем называть областью недопустимых параметров движения судна.

Очевидно, границей области Ω_d является совокупность точек (K_1, V_1) , для каждой из которой достигается равенство $\min D = d_d$. Учитывая, что данное равенство достигается при относительном уклонении судна как вправо так и влево относительно направления пеленга, то имеется две границы, которые ограничивают область недопустимых параметров движения судна Ω_d . В этом случае если точка (K_{1i}, V_{1i}) принадлежит области Ω_d , то сближение судна с целью является опасным, так как $\min D < d_d$. В противном случае при сближении опасность столкновения не возникает. Найдем аналитическое выражение для границ области Ω_d . Для этого в равенство $\min D = d_d$ следует подставить выражение для $\min D$ [5]:

$$\Delta D \sin(\alpha - K_{ot}) = d_d,$$

где K_{ot} - относительный курс; Δ - относительное уклонение, знак которого обеспечивает положительное значение $\min D$.

Очевидно:

$$K_{ot} = \alpha - \arcsin \frac{d_d}{\Delta D}. \quad (1)$$

Обозначим $\gamma = \alpha - \arcsin \frac{d_d}{\Delta D}$. В зависимости от знака $\Delta(\pm)$ получим:

$$\gamma^{(1,2)} = \alpha \mp \arcsin \frac{d_d}{D}.$$

Из выражения (1) следует:

$$\operatorname{tg} K_{ot} = \operatorname{tg} \gamma^{(1,2)},$$

или в развернутом виде [9]:

$$\operatorname{tg}K_{ot} = \frac{V_1 \sin K_1 - V_2 \sin K_2}{V_1 \cos K_1 - V_2 \cos K_2} = \frac{\sin \gamma^{(1,2)}}{\cos \gamma^{(1,2)}}$$

Из полученного выражения несложно получить уравнения границ области Ω_d , связующих курс судна K_1 с его скоростью V_1 , при которых справедливо равенство $\min D = d_d$, причем для сближения судна с целью на встречных курсах:

$$K_{11}^{(1)} = \gamma^{(1)} + \arcsin \frac{V_2 \sin(K_2 - \gamma^{(1)})}{V_1}, \quad (2)$$

$$K_{11}^{(2)} = \gamma^{(2)} + \arcsin \frac{V_2 \sin(K_2 - \gamma^{(2)})}{V_1}, \quad (3)$$

при этом необходимо учитывать ограничения на значения скорости судна V_1 . Так при расчете границы (2) $V_1 \geq V_2 \sin(K_2 - \gamma^{(1)})$, а в случае расчета границы (3) $V_1 \geq V_2 \sin(K_2 - \gamma^{(2)})$.

С помощью области недопустимых параметров движения судна Ω_d можно оценить, является ли опасным сближение судна с целью. Для этого достаточно проверить принадлежность точки с параметрами движения судна (K_1, V_1) области Ω_d . Если $(K_1, V_1) \in \Omega_d$, то сближение является опасным, в противном случае судно и цель сближаются безопасно. В случае опасного сближения с помощью области Ω_d можно выбрать маневр расхождения изменением курса судна при неизменной его скорости. Такому маневру соответствует точка (K_{1y}, V_1), находящаяся на границе области Ω_d .

Отметим следующее принципиальное обстоятельство. Как указывается в работе [9], в зависимости от соотношения скоростей судна V_1 и цели V_2 при изменении курса судна K_1 возникает особенность изменения относительного курса K_{ot} . В случае $V_1 > V_2$ величина первой производной $\frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}$ положительна для всех значений K_1 , поэтому при изменении курса K_1 относительный курс K_{ot} может принимать любые значения от 0 до 2π . Если же $V_1 < V_2$ отображение множества относительных курсов в множество истинных курсов судна не является однозначным, так как первая производная $\frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}$ может иметь как положительный, так и отрицательный знаки, т. е. каждому относительному курсу, кроме экстремальных, соответствует два значения истинного курса судна, а при изменении курса K_1 судна в диапазоне от 0 до 2π относительный курс K_{ot} будет принимать значения из диапазона $[K_{otmin}, K_{otmax}]$, причем:

$$K_{otmin} = \pi + K_2 - \arcsin \frac{V_1}{V_2} \quad \text{и}$$

$$K_{otmax} = \pi + K_2 + \arcsin \frac{V_1}{V_2}.$$

Поэтому выбор маневра расхождения изменением курса при опасном сближении судна с целью с помощью области Ω_d возможен в ситуации, когда $V_1 > V_2$. В слу-

чае $V_1 < V_2$ использование области Ω_d для выбора судном маневра уклонения от опасной цели не является корректным, так как не все относительные курсы могут быть достигнуты изменением курса судна. Поэтому при $V_1 < V_2$ для выбора маневра расхождения изменением курса можно предложить следующую процедуру.

Подмножество относительных курсов $Mn1_{ot}$, при которых сближение судна и цели опасно, ограничено значениями $K_{ot*} = \gamma^{(1)} = \alpha - \arcsin \frac{d_d}{D}$ и $K_{ot*} = \gamma^{(2)} = \alpha + \arcsin \frac{d_d}{D}$, т.е. $Mn1_{ot} = [\gamma^{(1)}, \gamma^{(2)}]$. В свою очередь, подмножество всех возможных относительных курсов уклонения при $V_1 < V_2$ определяется подмножеством $Mn2_{ot} = [K_{otmin}, K_{otmax}]$. Если имеется подмножество относительных курсов $Mn3_{ot}$, которое одновременно удовлетворяет условиям $Mn3_{ot} \in Mn2_{ot}$ и $Mn3_{ot} \notin Mn1_{ot}$, то в качестве относительного курса уклонения K_{oty} может быть выбран любой относительный курс подмножества $Mn3_{ot}$, т.е. $K_{oty} \in Mn3_{ot}$. По выбранному K_{oty} можно найти соответствующий истинный курс судна K_{1y} [9].

Результаты и их обсуждение. Предложенная процедура оценки опасности сближения судна с целью и выбор маневра расхождения уклонением с помощью области Ω_d в случае $V_1 > V_2$, как и процедура определения курса уклонения судна K_{1y} при $V_1 < V_2$, были реализованы на компьютере в виде программы, что обеспечило оперативность и простоту решения поставленной задачи. Покажем формирование области Ω_d для ситуации сближения с параметрами (рис.1): $\alpha = 128^\circ$, $D = 3,5$ мили, $K_1 = 100^\circ$, $V_1 = 22$ узла, $K_2 = 350^\circ$, $V_2 = 17$ узлов, $d_d = 1$ мили.

С помощью уравнений (2) и (3) компьютерной программой были рассчитаны границы области недопустимых параметров движения судна Ω_d , которая показана на рис. 2

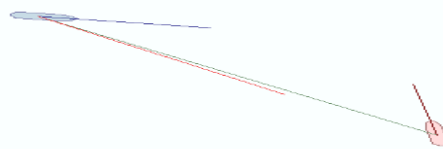


Рис.1. Ситуация сближения при $V_1 > V_2$.

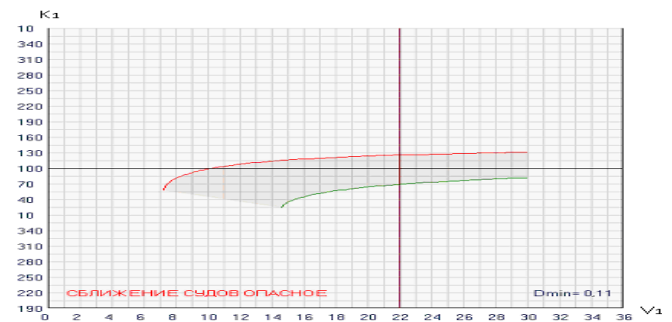


Рис. 2. Оценка опасности ситуации сближения с помощью области Ω_d

Область задана в системе координат параметров движения судна. Каждая точка (K_1, V_1) параметров движения судна, которая находится между границами области Ω_d , характеризуется дистанцией кратчайшего сближения $\min D$ меньшей предельно-допустимой дистанции d_d и свидетельствующей об опасном сближении. Так для рассматриваемого примера, точка с начальными параметрами движения судна ($K_1=100^\circ$, $V_1=22$ узла), находящаяся на пересечении соответствующих горизонтальной и вертикальной линий, принадлежит области Ω_d , причем $\min D=0,11$ мили, что существенно меньше значения d_d .

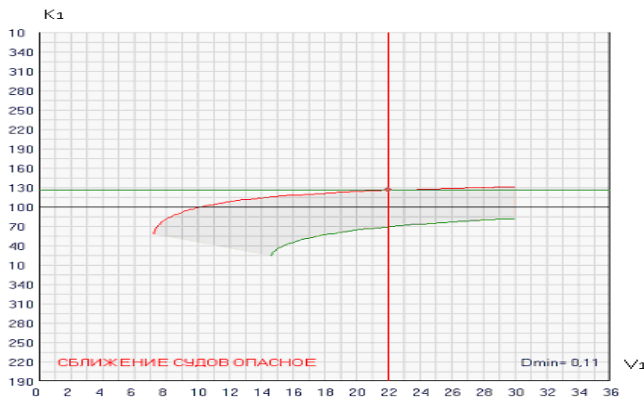


Рис. 3. Выбор курса уклонения судна K_{1y} при $V_1 > V_2$

Поэтому возникает необходимость определить курс уклонения K_{1y} судна, при котором $\min D$ достигает значения d_d , для чего снова обращаемся к области Ω_d . В программе с помощью линейки прокрутки (Scroll Bar) предусмотрен интерактивный ввод курса уклонения K_{1y} судна, в результате чего помимо индикации вводимого значения K_{1y} происходит изменение положения горизонтальной линии в зависимости от значения K_{1y} . Ввод K_{1y} производится до тех пор, пока горизонтальная линия не достигнет границы области Ω_d , как показано на рис. 3. В рассматриваемом примере граница области Ω_d достигается при $K_{1y}=126^\circ$, при этом $\min D=1$ мили. Таким образом, введя исходные параметры ситуации сближения в описываемую компьютерную программу, получаем графическое изображение области Ω_d и положение точки (K_1, V_1) начальных параметров движения судна. Визуально оцениваем принадлежность точки области Ω_d и делаем вывод о наличии опасности сближения и необходимости выбора курса уклонения судна. В случае необходимости перемещением ползунка линейки прокрутки совмещаем горизонтальную линию с выбранной границей области Ω_d , получая курс уклонения судна.

Для выбора курса уклонения судна при опасном сближении с целью в случае $V_1 < V_2$ рассмотрим следующую ситуацию сближения: $\alpha = 106^\circ$, $D = 3,0$ мили, $K_1 = 45^\circ$, $V_1 = 15$ узла, $K_2 = 317^\circ$, $V_2 = 20$ узлов, $d_d = 1$

миля. Ситуация сближения показана на рис. 4, значение $\min D = 0,34$ мили.

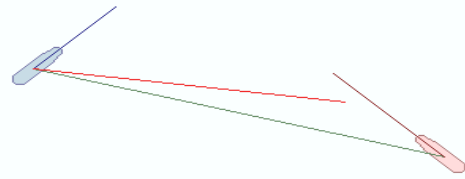


Рис.4. Ситуация сближения при $V_1 < V_2$

Графические представления подмножества опасных относительных курсов $Mn1_{ot}$ и подмножества всех возможных относительных курсов уклонения $Mn2_{ot}$ в системе координат относительных курсов и скоростей судна, полученные с помощью компьютерной программы, показаны на рис. 5. Границы подмножества $Mn1_{ot}$ не зависят от скорости судна и равны $K_{ot}^* = 87^\circ$ и $K_{ot}^* = 125^\circ$, на рис. 5 они представлены горизонтальными параллельными линиями. Подмножество $Mn2_{ot}$ ограничено экстремальными относительными курсами K_{otmin} и K_{otmax} , которые изменяются в зависимости от величины V_1/V_2 , достигая при $V_1=15$ узлов значений $K_{otmin} = 89^\circ$ и $K_{otmax} = 185^\circ$. Точка с начальным относительным курсом $K_{oto} = 99^\circ$ и скоростью судна $V_1 = 15$ узлов принадлежит $Mn1_{ot}$.

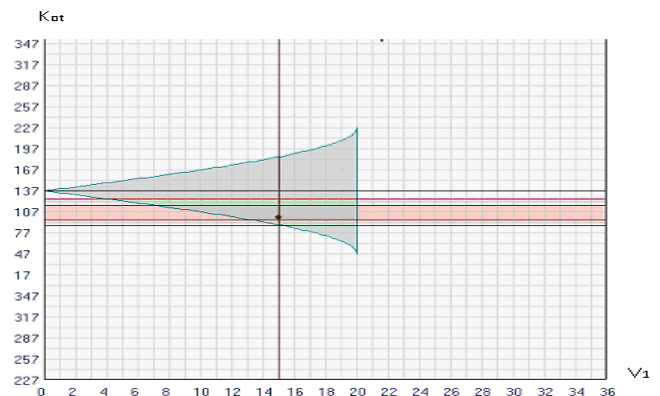


Рис.5. Оценка опасности начальной ситуации сближения при $V_1 < V_2$

Так как $K_{ot}^* < K_{otmin}$, то уклонением судна влево невозможно увеличить $\min D$ до значения d_d . Поэтому вводом значения курса уклонения судна K_{1y} поворотом вправо с помощью линейки прокрутки изменяем величину относительного курса K_{oty} и положение горизонтальной линии, соответствующей ему, до тех пор пока не совместим ее с верхней границей K_{ot}^* подмножества $Mn1_{ot}$, как показано на рис. 6. Из рисунка видно, что $K_{oty} = K_{ot}^* = 125^\circ$. При этом вводимое значение курса уклонения судна составило $K_{1y} = 109^\circ$, а значение $\min D = 0,99$ мили.

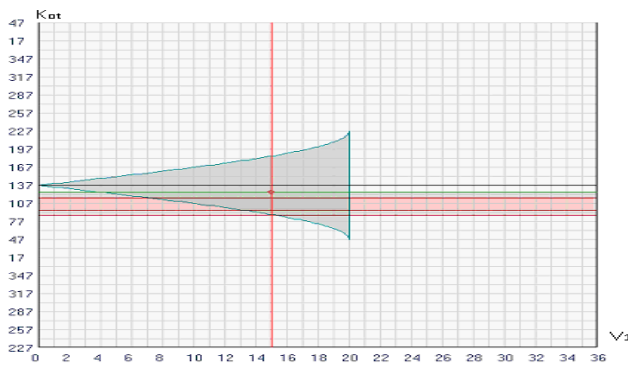


Рис. 6. Выбор курса уклонения судна K_{1y} при $V_1 < V_2$

Таким образом, в случае $V_1 < V_2$ процедура оценки опасности сближения судна с целью и выбора курса уклонения судна, реализованная в компьютерной программе, позволяет оперативно визуально оценить опасность ситуации сближения и в случае необходимости с помощью линейки прокрутки элементарно определить курс уклонения, при котором $\min D = d_d$.

Выводы. Получены аналитические выражения формализации области недопустимых параметров движения судна, с помощью которой возможна оценка опасности сближения судна с целью и выбор маневра расхождения изменением курса судна в ситуации, когда скорость судна больше скорости цели, что является научной новизной исследования. Для ситуации, когда скорость судна меньше скорости цели, предложена процедура выбора курса уклонения судна для предупреждения столкновения с целью, используя подмножества опасных относительных курсов и всех возможных относительных курсов с учетом отношения скоростей судна и цели, которая также содержит научную новизну в тематике предупреждения столкновения судов. Предложена реализация предложенных процедур с помощью компьютерной программы и приведены примеры определения курса уклонения судна при его сближении с целью. Обоснована оперативность и простота оценки опасности сближения и выбор маневра уклонения судна. Предложенный компьютерный вариант реализации рассмотренных процедур целесообразно использовать в перспективных навигационных информационных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lisowski J. Game and computational intelligence decision making algorithms for avoiding collision at sea/ Lisowski J. // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Technologies for Homeland Security and Safety, 2005. – Gdańsk. – P. 71-78.
2. Lisowski J. Game control methods in navigator decision support system / Lisowski J. // The Archives of Transport. – 2005. – No 3-4. – Vol. XVII. – P. 133-147.
3. Lisowski J. Dynamic games methods in navigator decision support system for safety navigation/ Lisowski J. // Advances in Safety and Reliability. – 2005. – Vol. 2. – London-Singapore: Balkema Publishers. – P. 1285-1292.
4. Statheros Th. Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques / Thomas Statheros, Gareth Howells, McDonald-Maier Klaus // J. Navig, 2008. - № 1. – P. 129-142.
5. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
6. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э.Н., Бужбецкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. - 312 с.
7. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А. И., Бужбецкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.
8. A. Volkov. Appraisal of the Coordinability of the Vessels for Collision Avoidance Maneuvers by Course Alternation / A. Volkov, E.Pyatarov & A. Yakushev// Activites in Navigation: Adam Weintrit, 2015. – P. 195 – 200.
9. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака., Э.Н. Пятаков., А.Ю. Булгаков. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 585 с.

REFERENCES

5. Tsymbal N. Flexible strategies of divergence of vessels/N. Tsymbal, I.Burmaka, E.Tyupikov, Odessa: KP OGT, 2007.–424 p.
6. Pyatakov E.Cooperation of vessels at divergence for warning of collision / Pyatakov E., Buzhbetskiy R., Burmaka I., Bulgakov A. – Kherson: Grin D.S., 2015. – 312 p.
7. Burmaka I. Urgent strategy of divergence at excessive rapprochement of vessels / Burmaka I., Burmaka A., Buzhbetskiy R. – LAP LAMBERT: Academic Publishing, 2014. – 202 p.
8. A. Volkov. Appraisal of the Coordinability of the Vessels for Collision Avoidance Maneuvers by Course Alternation / A. Volkov, E.Pyatarov & A. Yakushev // Activites in Navigation: Weintrit, 2015. – P. 195 – 200.
9. Burmaka I. Management by vessels in the situation of dangerous rapprochement / Burmaka I., Pyatakov E., Bulgakov A. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016.–585 p.

Choosing the maneuver of vessels rapprochement by course alternation with the help of unacceptable parameters of movement

Ye. L. Volkov

Abstract. The paper focuses on the problem of choosing the maneuver of vessels rapprochement by course alternation with the help of unacceptable parameters of movement. For getting effectiveness in such kind of situations the paper suggests the way of calculating the degree of a danger in the case of vessels rapprochement taking into account unacceptable parameters of movement. Such kind of calculation is based on the data of vessels speed, the determining the alternation course of the vessels and choosing the maneuver of vessels rapprochement by course alternation. The paper illustrates the applying of the suggested procedure with the help of the computer program.

Keywords: maneuver of vessels rapprochement, the field of unacceptable parameters, calculating the danger of vessels rapprochement, rapprochement by course alternation

Траекторная погрешность поворота судна и способы снижения ее величины

И. И. Ворохобин, Ю. В. Казак, В. В. Северин

Национальный Университет «Одесская Морская Академия», Одесса, Украина
Corresponding author. E-mail: burmaka-mob@ukr.net

Paper received 20.06.17; Revised 26.06.17; Accepted for publication 28.06.17.

Аннотация. Предложена процедура определения величины векториальной погрешности поворота судна, возникающая из-за погрешности перекладки пера руля и зависящая от выбранной динамической модели вращательного движения судна. Получены аналитические выражения для оценки величины векториальной погрешности для двух динамических моделей вращательного движения судна и приведены численные примеры. Показано, что суммарная векториальная погрешность поворота в случае использования модели второго порядка в четыре раза меньше, чем при простейшей динамической модели.

Ключевые слова: безопасность судовождения, векториальная погрешность поворота, динамическая модель вращательного движения, погрешность перекладки пера руля.

Введение. При плавании в стесненных районах судну следует удерживаться на заблаговременно выбранной программной траектории движения, которая обеспечивает его безопасное следование относительно навигационных опасностей. При этом непрерывно осуществляется контроль места судна относительно программной траектории и периодически корректируется его курс для минимизации отклонений обсервованного места от программного пути. Влияние неизбежных погрешностей обсервации и счисления, а также возмущающих факторов, ведет к тому, что истинное положение судна не совпадает с программной траекторией, вследствие чего и возникает случайная позиционная векториальная погрешность. Наличие такой погрешности может повести, например, к посадке судна на мель или к дугой навигационной аварии. Поэтому одним из аспектов, способствующих повышению безопасности судовождения, является снижение величины позиционной погрешности судна, чем уменьшается риск возникновения навигационной аварийности.

Краткий обзор публикаций по теме. Рост грузоподъемности современных судов для обеспечения их безопасного плавания, как отмечается в работе [1], вызывает необходимость применения усовершенствованных компьютерных систем, в которых используются средства прогноза движения судов, успешно применявшиеся в течение длительного времени, однако отличающиеся упрощением моделей прогноза движения судна. Указанное обстоятельство ограничивает их использование в части немедленного отображения движения судна при изменении положения руля и оборотов двигателя. Требуемая точность реализации криволинейной траектории движения судна может быть обеспечена более усовершенствованными прогнозными моделями движения судна.

Вопросам идентификации судовых моделей маневрирования, которые являются ключом к исследованию маневренности судна, проектированию систем управления движением судов и развитию систем управления судовыми тренажерами, посвящена работа [2]. В данной работе на основе анализа гидродинамики судна сформирована нелинейная модель маневрирования судна. Теория идентификации систем используется для оценки параметров модели, для расчета которых предлагается алгоритм, основанный на расширенной теории фильтра Калмана. Для получения входных и выходных данных системы, которые необходимы для идентификации параметров эксперимента, использовались циркуляция и

зигзагообразный маневр, которые выполняются на имитаторе управления судном. С помощью этого алгоритма устраняются погрешности, внесенные во время процесса измерения.

В работе [3] автор рассматривает интеллектуальную систему прогнозирования движения судна, которая имитирует процесс обучения автономного блока управления, созданного с помощью искусственной нейронной сети. Блок управления наблюдает входные сигналы и вычисляет значения требуемых параметров маневрирования судна в стесненных водах. Основной задачей системы является непрерывный контроль навигационных параметров судна и прогноз их значений после определенного интервала времени. Результат прогнозирования может использоваться, как предупреждение судоводителя о возникающей угрозе.

В работе [4] освещается вопрос разработки информационной системы имитационного моделирования движения судов со сложными динамическими моделями, которые учитывают угол кладки пера руля и обороты двигателя. Указывается, что данная система позволит обеспечить новый тип планирования маневров судна и контроль реализации заданного маневра. В процессе маневрирования предусмотрено отображение заданного маневра одновременно с фактическим движением судна и с индикацией прогнозируемой траектории, которая определяется реальными входными данными от датчиков судна. Следует отметить, что такая система решает прямую задачу отображения прогнозируемой траектории по заданным параметрам маневра, хотя актуальной является обратная задача определения параметров предстоящего маневра по заданной программной траектории движения с учетом динамической модели прогноза движения судна. По динамической модели рассчитываются параметры поворота судна, а после его завершения возникает векториальная погрешность поворота, величина которой в определяющей мере зависит от степени адекватности динамической модели реальному криволинейному движению судна в процессе маневра.

Оценка влияния позиционной погрешности судна на навигационную безопасность впервые рассматривались в работе [5], причем учитывалась только позиционная векториальная погрешность определения места судна. Дальнейшее развитие этого вопроса получило в работах [6, 7], причем в работе [6] обоснован критерий навигационной безопасности, а в работе [7] рассмотрены разные подходы к оценке вероятности безаварийного плавания судна по заданному стесненному маршруту и по

казана их эквивалентность. В анализируемых работах для оценки навигационной безопасности учитывается только позиционная погрешность при следовании судна на прямолинейных участках программной траектории. Однако помимо позиционной погрешности при плавании в стесненных водах следует также учитывать и векториальную погрешность поворота судна.

Цель. Цель настоящей статьи - описание механизма возникновения векториальной погрешности поворота судна и оценка ее возможной величины.

Материалы и методы. При повороте судна векториальная погрешность относительно прогнозируемой точки выхода судна на новый курс может появиться из-за погрешности перекладки пера руля $\Delta\beta_k$ или погрешности в определении момента времени начала поворота [8]. Рассмотрим векториальную погрешность S , которая возникает из-за погрешности перекладки пера руля $\Delta\beta_k$. Для этого обратимся к рис. 1. Если угол кладки руля β_k не содержит погрешности, то к концу маневра поворота судно окажется на новом участке программной траектории в точке M и векториальная погрешность S будет отсутствовать.

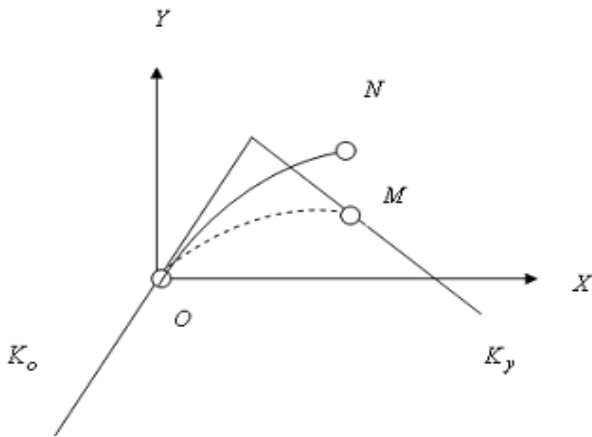


Рис. 1. Векториальная погрешность S

В случае наличия погрешности $\Delta\beta_k$, кладка пера руля составит угол $\beta_k + \Delta\beta_k$ и в завершении маневра, когда судно ляжет на курс K_y , оно оказывается в точке N . Погрешность S определяется величиной отрезка MN с координатами x и y :

$$x = x_N - x_M \text{ и } y = y_N - y_M, \quad (1)$$

где x_M и y_M - координаты точки M ; x_N и y_N - координаты точки N .

Очевидно, величина векториальной погрешности поворота $S = \sqrt{(x_N - x_M)^2 + (y_N - y_M)^2}$.

Для оценки величины погрешности S необходимо найти ее составляющие x и y , которые определяются динамической моделью вращательного движения судна при повороте. В работе [9] анализируются динамические модели вращательного движения судна с разной степенью адекватности реальному процессу поворота. Здесь же для демонстрации механизма формирования векториальной погрешности S рассмотрим две наиболее простые модели вращательного движения судна.

Приведем простейшую динамическую модель первого порядка, которая описывает поворот судна с постоян-

ной угловой скоростью и характеризуется следующим уравнением изменения курса:

$$\dot{K} = k_{\omega} \beta_k,$$

где k_{ω} - коэффициент эффективности руля.

Очевидно, с учетом обозначения $k_{\omega} \beta_k = a_{\omega}$ данное уравнение имеет следующее решение:

$$K = K_o + a_{\omega} t, \quad (2)$$

причем длительность поворота судна

$$\tau = \frac{\Delta K}{k_{\omega} \beta_k},$$

где $\Delta K = K_y - K_o$.

Рассмотрим случай, когда поворот судна прогнозируется по более адекватной реальному процессу поворота динамической модели вращательного движения судна, которая описывается дифференциальным уравнением второго порядка:

$$T_1 \dot{\dot{K}} + \dot{K} = k_{\omega} \beta_k,$$

где T_1 - постоянная времени, характеризующая инерционные свойства судна.

Решение приведенного дифференциального уравнения имеет следующий вид:

$$K = K_o + \omega_r t - T_1 (\omega_r - \omega_o) [1 - \exp(-t/T_1)], \quad (3)$$

где ω_o и ω_r - соответственно начальное значение угловой скорости поворота и частное решение исходного дифференциального уравнения.

Поворот судна содержит две фазы кладки пера руля. На первой фазе, в начальный момент времени производится перекладка руля на угол β_k и руль удерживается

в таком положении в течение интервала времени Δt_k . Затем руль переключается на противоположный борт на ту же величину и гасится инерция поворота судна в течение интервала времени Δt , по истечению которого судно выходит на заданный курс, угловая скорость поворота обращается в нуль, а перо руля приводится в диаметрально плоскость судна.

На первой фазе поворота начальное ω_o и установившееся ω_r значения угловой скорости: $\omega_o = 0$ и $\omega_r = k_{\omega} \beta_k = a_{\omega}$.

В этом случае выражение (3) приобретает следующий вид:

$$K = K_o + a_{\omega} \{ t - T_1 [1 - \exp(-t/T_1)] \}. \quad (4)$$

На второй фазе поворота происходит перекладка руля на противоположный борт на угол $-\beta_k$ и происходит одерживание судна. Для этой фазы поворота значение текущего курса:

$$\tilde{K} = K + a_{\omega} \{ T_1 [2 - \exp(-\Delta t_k/T_1)] [1 - \exp(-t/T_1)] - t \}. \quad (5)$$

Интервалы времени Δt_k и Δt вычисляются с учетом требований поворота на заданное приращение курса ΔK , а также обращение в нуль угловой скорости на момент времени выхода на новый курс и аналитически выражается следующим образом:

$$\Delta K = K(\Delta t_k) + \tilde{K}(\Delta t); \quad (6)$$

$$\omega(\Delta t_k, \Delta t) = 0. \quad (7)$$

Уравнение (6) с учетом выражений (4) и (5) принимает вид:

$$\Delta K = a_{\omega} \{ \Delta t_k - T_1 [1 - \exp(-\Delta t_k / T_1)] \} + a_{\omega} \{ T_1 [2 - \exp(-\Delta t_k / T_1)] \} \times \rightarrow [1 - \exp(-t / T_1)] - \Delta t \},$$

из которого получаем выражение расчета методом простых итераций:

$$\Delta t_k = T_1 [1 - \exp(-\Delta t_k / T_1)] + \Delta t - T_1 [2 - \exp(-\Delta t_k / T_1)] [1 - \exp(-\Delta t / T_1)] + \Delta K / a_{\omega} \quad (8)$$

В качестве начального приближения принимаем из простейшей модели $\Delta t_k = \Delta K / a_{\omega}$.

Из уравнения (7) с учетом угловых скоростей на второй фазе поворота $\omega_{\omega} = a_{\omega} [1 - \exp(-\Delta t_k / T_1)]$ и $\omega_r = -a_{\omega}$ получим:

$$[2 - \exp(-\Delta t_k / T_1)]^{-1} = \exp(-\Delta t / T_1).$$

Логарифмируем обе части последнего уравнения

$$\Delta t = T_1 \ln [2 - \exp(-\Delta t_k / T_1)].$$

Последнее полученное уравнение позволяет связать переменные Δt_k и Δt , чем обеспечивается итерационное вычисление длительностей каждой из фаз поворота судна, а также длительности поворота τ с одного заданного курса судна на другой.

Результаты и их обсуждение. Найдем выражения для расчета координат точек M и N в зависимости от рассмотренных динамических моделей вращательного движения судна. В случае простейшей динамической модели с учетом выражения (2) координаты точки M :

$$x_M = \int_0^{\tau} V_o \sin [K_o + a_{\omega} t] dt = V_o \sin K_o \int_0^{\tau} \cos(a_{\omega} t) dt + V_o \cos K_o \int_0^{\tau} \sin(a_{\omega} t) dt;$$

$$y_M = \int_0^{\tau} V_o \cos (K_o + a_{\omega} t) dt = V_o \cos K_o \int_0^{\tau} \cos(a_{\omega} t) dt - V_o \sin K_o \int_0^{\tau} \sin(a_{\omega} t) dt.$$

Так как

$$\int_0^{\tau} \sin(a_{\omega} t) dt = -\frac{1}{a_{\omega}} \cos a_{\omega} t \Big|_0^{\tau} = -\frac{1}{a_{\omega}} [\cos a_{\omega} \tau - 1]$$

$$\int_0^{\tau} \cos(a_{\omega} t) dt = \frac{1}{a_{\omega}} \sin a_{\omega} t \Big|_0^{\tau} = \frac{1}{a_{\omega}} \sin a_{\omega} \tau$$

то с учетом $a_{\omega} \tau = \Delta K$ и $K_o + \Delta K = K_y$, окончательно получим:

$$x_M = \frac{V_o}{k_{\omega} \beta_k} (\cos K_o - \cos K_y),$$

$$y_M = \frac{V_o}{k_{\omega} \beta_k} (\sin K_y - \sin K_o).$$

аналогично находим координаты точки N :

$$x_N = \frac{V_o}{k_{\omega} (\beta_k + \Delta \beta_k)} (\cos K_o - \cos K_y),$$

$$y_N = \frac{V_o}{k_{\omega} (\beta_k + \Delta \beta_k)} (\sin K_y - \sin K_o).$$

Согласно (1) составляющие x и y векториальной погрешности принимают вид:

$$x = \frac{V_o}{k_{\omega}} (\cos K_o - \cos K_y) \left[\frac{1}{(\beta_k + \Delta \beta_k)} - \frac{1}{\beta_k} \right],$$

$$y = \frac{V_o}{k_{\omega}} (\sin K_y - \sin K_o) \left[\frac{1}{(\beta_k + \Delta \beta_k)} - \frac{1}{\beta_k} \right].$$

Учитывая, что $\beta_k \gg \Delta \beta_k$,

$$x = \frac{-V_o}{k_{\omega} \beta_k^2} (\cos K_o - \cos K_y) \Delta \beta_k,$$

$$y = \frac{-V_o}{k_{\omega} \beta_k^2} (\sin K_y - \sin K_o) \Delta \beta_k. \quad (9)$$

В случае описания вращательного движения судна при повороте второй динамической моделью координаты точки M определяются выражениями:

$$x_M = \int_0^{\Delta t_k} V_o \sin K dt + \int_0^{\Delta t} V_o \sin \tilde{K} dt, \quad (10)$$

$$y_M = \int_0^{\Delta t_k} V_o \cos K dt + \int_0^{\Delta t} V_o \cos \tilde{K} dt, \quad (11)$$

причем в выражениях (4), (5) и (8) применяем $a_{\omega} = k_{\omega} \beta_k$.

Аналогично находятся выражения для координат x_N и y_N точки N , только при их расчете по формулам (10) и (11) выбираем значение $a_{\omega} = k_{\omega} (\beta_k + \Delta \beta_k)$. При расчете координат определенные интегралы, которые входят в эти формулы, не выражаются в элементарных функциях и их значения находятся методами численно-го интегрирования.

Произведем количественную оценку величины векториальной погрешности поворота S в зависимости от выбранной модели прогноза поворота судна. Допустим, судно следует со скоростью $V_o = 20$ узлов курсом $K_o = 15^\circ$ и выполняет поворот на курс $K_y = 105^\circ$. Угол перекладки пера руля выбран $\beta_k = 15^\circ$ и судно выполняет поворот с угловой скоростью $a_{\omega} = k_{\omega} \beta_k = 2,7$ град/с с постоянной времени $T = 10,23$ с [10]. При пере-

кладке руля была допущена погрешность $\Delta \beta_k = 1^\circ$. Рассчитаем векториальную погрешность S в случае прогноза поворота по простейшей модели первого порядка, для чего воспользуемся выражениями (9). Переводя градусную меру в радианную и выражая скорость судна в м/с, рассчитываем проекции x и y векториальной погрешности S :

$$x = \frac{-0,514 \cdot 20}{0,262 \cdot 0,1745 \cdot 2,7} (1,225) 0,1745 = -17,80 \text{ м},$$

$$y = \frac{-0,514 \cdot 20}{0,262 \cdot 2,7} (0,7071) = -10,27 \text{ м}.$$

Продолжительность поворота равна $\tau = 33,3$ с, а величина векториальной погрешности составляет $S = 20,6$ м.

При этих же исходных данных при прогнозе поворота судна по динамической модели второго порядка вначале методом простых итераций были рассчитаны продолжительности первой и второй фаз поворота судна $\Delta t_k = 38$ с и $\Delta t = 7$ с и продолжительностью поворота $\tau = 45$ с. Численным интегрированием были определены координаты точки M : $x_M = 348$ м и $y_M = 235$ м, а также координаты точки N : $x_N = 333$ м, $y_N = 222$ м. Проекция векториальной погрешности $x = -15$ м, $y = -13$ м, а погрешность $S = 19,8$ м.

Следует отметить, что реальное значение векториальной погрешности значительно больше, что обуславливается отличием реальной угловой скорости поворота судна от значений, рассчитанных с помощью моделей прогноза поворота судна. Так, в работе [9] указывается, что были выполнены натурные наблюдения траекторий поворота судна, на базе которых производилось имитационное моделирование поворота на 90° и было уста-

новлено, что при использовании для прогноза криволинейного участка математической модели с постоянной угловой скоростью траекторная погрешность, т. е. максимальное расхождение экспериментальной и модельной траекторий, составила порядка 150 ... 200 м, для модели второго порядка эта величина составила 35 ... 40 м.

Таким образом, в приведенном примере значения векториальной погрешности, рассчитанные при прогнозе поворота судна по простейшей модели первого порядка и модели второго порядка, незначительно отличаются друг от друга, однако с учетом реальной криволинейной траектории поворота суммарная векториальная погрешность в первом случае прогноза может достигать до 220 м, а случае прогноза поворота по модели второго порядка - до 60 м, т. е. примерно в четыре раза меньше. Следовательно, для прогноза поворота судна предпочтительно пользоваться моделью второго порядка.

Выводы

1. Получена процедура определения величины векториальной погрешности поворота судна, возникающая

из-за погрешности в переключке пера руля и зависящая от выбранной динамической модели вращательного движения судна.

2. Для оценки влияния динамической модели вращательного движения судна на величину векториальной погрешности поворота приведены две динамические модели, описывающие изменение курса судна при повороте, и позволяющие получить основные характеристики поворота.

3. Получены аналитические выражения для оценки величины векториальной погрешности поворота судна в зависимости от погрешности переключки пера руля для двух динамических моделей вращательного движения судна и приведены численные примеры.

4. Показано, что суммарная векториальная погрешность поворота судна в случае прогноза вращательного движения по простейшей динамической модели может достигать до 220 м, а случае прогноза поворота по модели второго порядка - до 60 м, т. е. примерно в четыре раза меньше. Рекомендуется для прогноза поворота судна использовать модель второго порядка.

ЛИТЕРАТУРА

1. K. Benedict. Manoeuvring Simulation on the Bridge for Predicting Motion of Real Ships and as Training Tool in Ship Handling Simulators/ K. Benedict, M. Kirchhoff, M. Gluch, S. Fischer, M. Baldauf // TransNav, International magazine on marine navigation and safety of marine transport, Vol. 3, № 1, page 25-30, 2009.
2. C.J. Shi. Identification of Ship Maneuvering Model Using Extended Kalman Filters/ C.J. Shi, D. Zhao, J. Peng, C. Shen// TransNav, International magazine on marine navigation and safety of marine transport, Vol. 3, № 1, page 105-110, 2009.
3. M. Ljacki. Intelligent Prediction of Ship Maneuvering / M. Ljacki // International magazine on marine navigation and safety of marine transport, Vol. 10, № 3, page 511-516, 2016.
4. K. Benedict. Simulation Augmented Manoeuvring Design and Monitoring – a New Method for Advanced Ship Handling/ K. Benedict, M. Kirchhoff, M. Gluch, S. Fischer, M. Schaub, M. Baldauf, S. Klaes// TransNav, International magazine on marine navigation and safety of marine transport, Vol. 8, № 1, page 131-141, 2014.
5. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / Кондрашихин В.Т. - М.: Транспорт, 1989. – 230 с.
6. Мельник Е.Ф. Обоснование выбора критерия навигационной безопасности судовождения/ Мельник Е.Ф.// Судовождение. – 2002. - № 5. – С. 65 - 73.
7. Ворохобин И.И. Эквивалентность оценки вероятности безаварийного плавания судна в стесненном районе / И.И.Ворохобин, В.В. Северин, Ю.В. Казак // Судовождение: сб. научн. трудов ОНМА, - 2015. - Вып. 25. – С. 47 - 55.
8. Ворохобин И.И. Векториальные погрешности, возникающие при повороте судна/ И.И.Ворохобин, Ю.В. Казак // Судовождение: сб. научн. трудов ОНМА, - 2016. - Вып. 26. – С. 56 - 59.
9. Kalinichenko Y. Analysis of mathematical models of changing the vessel's course when turning./ Y. Kalinichenko, I. Burmaka//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.- 2016. -6/9 (84). - P. 20 - 31.
10. Бурмака И.А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / И.А. Бурмака // Судовождение: сб. научн. трудов. – 2005. – №10. – С. 21 – 25.

REFERENCES

5. Kondrashikhin V.T. Location of ship / Kondrashikhin V.T. - M.: Transport, 1989. – 230s.
6. Melnik E.F. Ground of choice of criterion of navigation safety of navigator/ Melnik E.F.// Sudovozhdenye. – 2002. - № 5. – P. 65 - 73.
7. Vorokhobin I.I. Equivalence of estimation of probability of the accident-free sailing of ship in the straitened district / I.I.Vorokhobin, V.V. Severin, Y.V. Kazak// Sudovozhdenye: sb. nauchn. trudov. - 2015.- Vyp. 25. - P. 47 – 55.
8. Vorokhobin I.I. Vektor's errors arising up at the turn of ship/ I.I. Vorokhobin, Y.V. Kazak // Sudovozhdenye: sb. nauchn. trudov. - 2016. - Vyp. 26. - P. 56 – 59.
9. Kalinichenko Y. Analysis of mathematical models of changing the vessel's course when turning./ Y. Kalinichenko, I. Burmaka//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.- 2016. -6/9 (84). - P. 20 - 31.
10. Burmaka Y.A. Results of imitation design of process of divergence of vessels taking into account their dynamics / Burmaka Y.A.// Sudovozhdenye: sb. nauchn. trudov. - 2005.- №10. - P. 21 – 25.

Trajectory error of turn of ship and methods of decline of its size

I. I. Vorokhobin, Y. V. Kozak, V. V. Severin

Abstract. Procedure of determination of size of vector's error of turn of ship is offered, arising up from the error of position of helm and depending on the chosen dynamic model of rotator motion of ship. Analytical expressions are got for estimation of size of vector's error for two dynamic models of rotator motion of ship and numeral examples are resulted. It is shown that total vector's error of turn in the case of the use of model of the second order in four times less, than at the simplest dynamic model.

Keywords: safety of navigator, vector's error of turn, dynamic model of rotator motion, error of position of feather helm.

Increasing the Accuracy of the Center of Mass Stabilization of Space Probe with Partially Invariant System

N. Zosimovych

Shantou University, Shantou, China
Corresponding author. E-mail: nzosimovych@gmail.com

Paper received 16.03.17; Revised 19.03.17; Accepted for publication 20.03.17.

Abstract. The publication provides analysis of stability of the synthesized control algorithms, proves availability of stability margins in partially invariant systems sufficient for practical implementation. We propose an algorithm for selection of parameters of the stabilization controller, which facilitates minimization of maximum error during stabilization of the tangential velocity of the spacecraft center of mass while ensuring adequate stability margins in the system.

Keywords: Space probe (SP), stabilization controller (SC), on-board computer (OC), gyro-stabilized platform (GSP), propulsion system (PS), angular velocity sensor (AVS), operating device (OD), space vehicle (SV), feedback (FB), control actuator (CA), control system (CS), angular stabilization (AS), center of mass (CM)

Introduction. The thriving space technology is characterized by an increasing complexity of the tasks to be solved by modern space vehicles (SV). The efficiency in solution of such tasks significantly depends upon technical characteristics of the on-board systems ensuring the functioning of the spacecraft. In particular, the flight control profile of the spacecraft, its power performance, dynamic and accuracy characteristics largely determine the type of tasks to be solved and the quality of their solution by a specific spacecraft.

In some cases, when using a control system built according to the principle of program control (the "robust trajectories" method) the efficiency of task solution is much influenced by the accuracy of the spacecraft stabilization system in the powered portion of flight. This concerns, for example, the trajectory correction phases during interplanetary and transfer flights, when the rated impulse execution errors during trajectory correction resulting from various disturbing influences on the spacecraft in the active phase, greatly affect the navigational accuracy. Hence, reduction of the cross error in the control impulse on the final correction phase during the interplanetary flight, facilitates almost proportional reduction of spacecraft miss in the "perspective plane". For example, in some space probes (SP) like Deep Impact [1, 2] and Rosetta mission [3, 4] reduction of cross error by one order during the execution of correction impulse (for modern stabilization systems this value shall be 0.5 m/s) results in reduction of spacecraft miss in the "perspective plane" from 200 to 20 km. Such reduction of the miss accordingly increases a possibility of successful implementation of the flight plan, as well as the accuracy of the research and experiments conducted.

Besides improvement of the navigational accuracy, reduction of spacecraft stabilization cross errors in the active phase, it also results in lower total characteristic velocity of corrective impulses, and, consequently, in reduction of fuel required for the correction. So, when the correction speed impulse reaches 30 m/s reduction of cross error during the correction maneuver results in proportional reduction of the required characteristic velocity during the next correction. The data referred to in [5, 6] show that improved accuracy of roll stabilization in the active phase by one order results in reduction of total characteristic correction velocity for Mars interplanetary probe (Mars-96, Russian Federation) from about 20 to 2 m/s , which corresponds to fuel savings approximately by 30 kg , or to increase of the payload mass by 4%. Due to the relatively small weight of modern scientific

instruments (about $3\text{-}8 \text{ kg}$), even such seemingly small increase of payload weight can significantly extend the program of research and experiments implemented by the spacecraft.

Objectives: to solve the task of significant increase in stabilization accuracy of center of mass tangential velocities during the trajectory correction phases when using the "rigid" trajectory control principle.

Since the time of the active phase in correction maneuvers, which is to be determined by the required velocity impulse, shall not be clearly determined in advance, and quite limited, and because a guaranteed approach enabling to estimate the accuracy, is always used in practice for solving the targeting tasks, we shall understand the maximum dynamic error of the transition process as concerns the drift velocity of the spacecraft to mean the accuracy of the spacecraft center of mass movement stabilization.

Subject of research: The center of mass movement stabilization system in the transverse plane, which is used during the trajectory correction phases.

In order the control actions could be created during the spacecraft trajectory correction phase, a high-thrust service propulsion system with a tilting or moving in linear direction combustion chamber shall be used.

Technique. Functioning of the spacecraft movement stabilization channel in the transverse plane is based on the feedback principle, and together with the spacecraft this channel forms a closed deviation control system. We can consider two channels in this control system: an angular stabilization channel and center of mass movement stabilization channel (Fig. 1).

The angular stabilization channel facilitates angular position of the spacecraft when exposed to disturbing moments. The center of mass movement stabilization channel is to ensure proximity to zero of normal \dot{y} and lateral \dot{z} velocities of the spacecraft under the influence of disturbing moments and forces. In most of the known (model) spacecraft stabilization systems [7-9] the control signal in the center of mass movement stabilization channel is generated according to proportional plus integral control law based on the measurements of tangential velocity of the center of mass $\dot{y}(\dot{z})$ and its integral-linear drift $y(z)$. In the angular stabilization channel, the control signal shall be generated in proportion to the spacecraft deviation angle in the transverse plane $g(\psi)$ and the angular velocity of the spacecraft rotation in this plane $\dot{g}(\dot{\psi})$.

The required dynamic accuracy of stabilization of tangential velocities in this system shall be achieved through the choice of the gain in the stabilization controller $k_y, k_{\dot{y}}, k_g, k_{\dot{g}}$. If the requirements to the accuracy of center

of mass movement stabilization are stiff, the coefficients k_y and $k_{\dot{y}}$ shall be necessarily significantly increased [7].

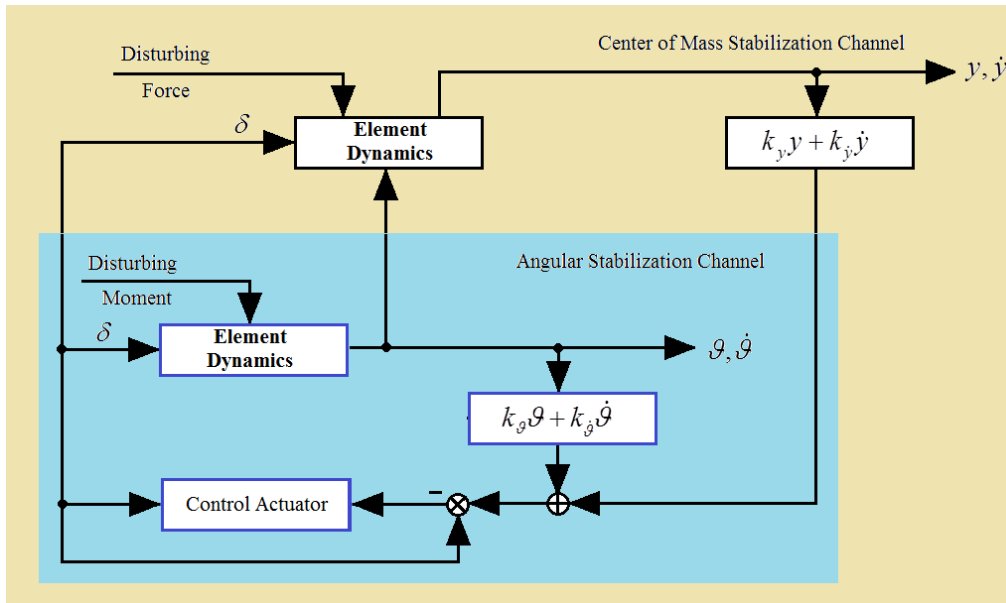


Fig. 1. Functional diagram of model spacecraft stabilization

However, if these coefficients are increased up to desired saturation, the system shall lose its motion stability, and further improvement of the accuracy of the spacecraft center of mass movement stabilization shall be impossible when this method of control is applied. This can be explained by the fact that the increase in the gain values in the center of mass movement stabilization channel results in improved performance of the channel, and the frequencies of the processes occurring in it become close to the frequencies of the angular stabilization channel, which fact enhances interaction of these two channels and makes it impossible to significantly improve the stabilization accuracy of the spacecraft center of mass tangential velocities in the control system concerned.

Results and Discussion. To improve the correction accuracy, the following additional algorithm shall be used in practice [9, 10]. The position of the steering control (turning PS) at the end of the previous active phase shall be memorized and set in its original position before PS is activated during next correction. The improvement of accuracy in this case shall be achieved by partial compensation of the main disturbing factors: eccentricity and thrust misalignment in the propulsion system already in the initial moment of operation of the propulsion system. This algorithm is based on the assumption that eccentricity and thrust misalignment in PS change slightly towards the end of the active phase during the previous correction, and PS setting before a new active phase sets in progress, ensures that the thrust vector goes approximately through the center of mass of the spacecraft, thereby considerably offsetting the disturbing moment.

A similar algorithm was applied in the stabilization system of the Apollo spacecraft [11]. For its implementation, the control system was complemented with a so-called compensation circuit of thrust misalignment influence. The purpose of the referred circuit was to form a component to offset the total control signal so that the thrust vector could pass

approximately through the center of mass at zero output signals from the correction filter.

The two main elements of the thrust misalignment compensation circuit are (Fig. 2) a summing register, which is responsible for control signal offset in the correcting filter, and a digital low pass filter, which tracks composite signals from the stabilization system. The difference between the offset and output signals shall be entered into the summing register every 0.5s in order to slowly correct control errors caused by thrust misalignment. The initial value of the offset signal shall be entered into the summing register once, before the correction starts, and based on the information on the results of the previous correction, or shall be determined from special tables, which specify dependence of the position of the center of mass from the spacecraft configuration.

The stabilization systems of Titan IIC, Kosmos-3M launchers also used subsystems tracking the center of mass positional history, and providing the thrust vector's passage through the center of mass [12].

It should be pointed out that the process of implementation of the described algorithm is confronted by a number of challenges:

- Difference in disturbing factors (moments and forces) during the previous and subsequent corrections results in additional errors in the stabilization of the tangential velocities of the spacecraft center of mass.
- Due to the limited time of the active phase, deactivation of PS during the previous correction may occur even before the completion of the transition processes in the stabilization system, and as a result, the system will remember the deviation of the steering control, which was not final.

Besides introduction of additional control algorithms, there are other ways to increase the accuracy of the center of mass movement stabilization. It is a commonly known fact that one of the ways to achieve high accuracy in automatic control systems, is to use the so-called invariant theory [13-15]. The theory was developed by G. V. Shchipanov (1939),

a Soviet scientist, who formulated the task "on compensation of external disturbances" [16]. Now, thanks to research conducted by the Soviet scientists G.V. Shchipanov, B.N. Pe-

trov, V.S. Kulebakin, A.I. Kukhtenko and others the invariant theory represents a developed approach in the general theory of automatic control.

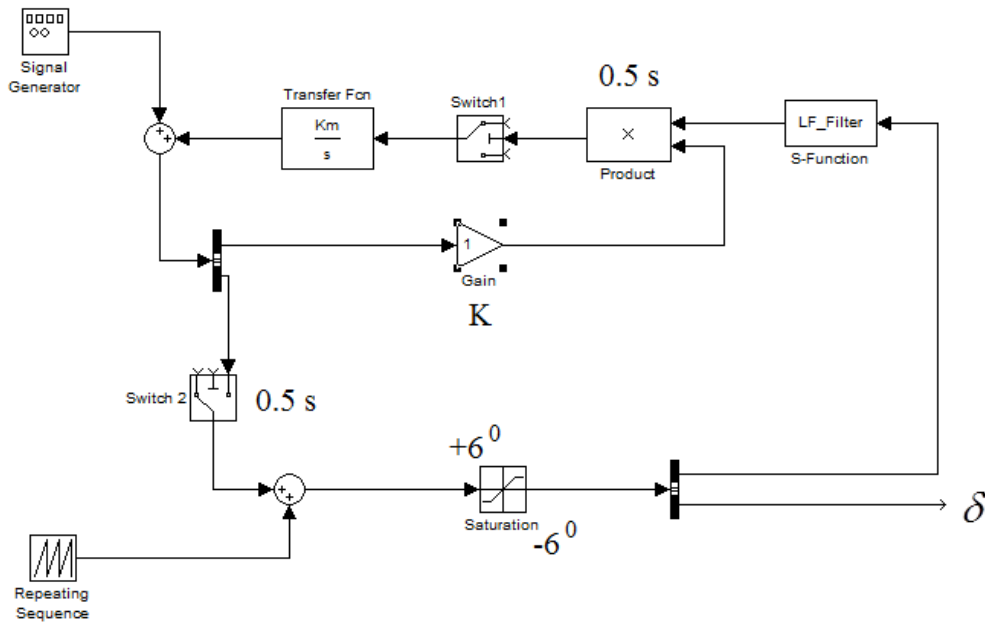


Fig. 2. Block diagram of the compensation circuit of thrust misalignment influence in the Apollo spacecraft

One of the problems inherent in the synthesis of invariant control systems, is the ability for the implementation of such systems in most cases through the use of the deviation control principle, as the simplest one and most widely used in practice (Fig. 3). The publications [17-20] consider the possibility of constructing an invariant deviation control system

with one adjustable parameter including an inertial element and a servo control with feedback. The general provisions of the invariant theory prove that no absolutely invariant system can be implemented in this case because this requires that the circuit with feedback should have an infinitely great gain.

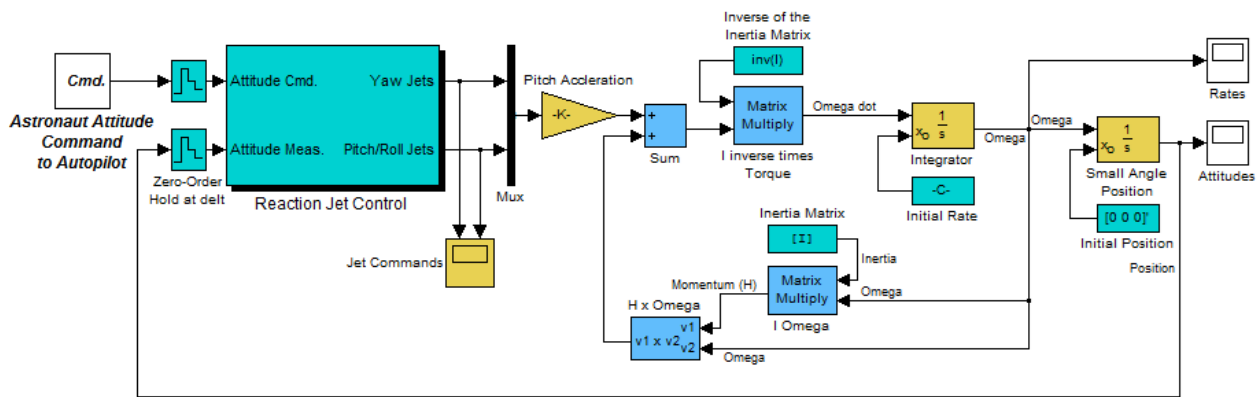


Fig. 3. The Lunar Module Digital Autopilot Design (from MATLAB library)

As a rule, most invariant control systems are based on the use of the information about external influences. Such control systems belong to the class of combined regulatory systems. In particular, the combined systems constitute the majority of invariant systems [21-27].

There is still another method to enforce implementation of invariance conditions without application of combined regulatory techniques [28]. This method is based on the dual-channel principle, which means that in order to ensure the absolute invariance of some adjustable value towards external influence, invariance with respect to the above influence should be ensured between the point of influence application and the measuring point. To implement such a system, it is necessary that two influence distribution channels should be present in the controlled element.

However, the referred task, i.e. stabilization of the spacecraft center of mass movement in the active phase provides

no possibility to measure disturbing influence, and the two influence distribution channels exist in the controlled element only for one of the disturbances, namely, for the disturbing moment. Therefore, this publication proposes a way to build a highly accurate stabilization system. We suggest that the requirements to comply with the conditions of invariance should be replaced with conditions of partial invariance when considering implementation of the invariance system. This method shall enable the synthesis of a highly accurate stabilization system, where the drift velocity of the spacecraft is a partially invariant value in respect to the disturbing moment and forces influencing the spacecraft in flight.

The concept of partial invariance in this case means that the invariance conditions for drift velocity shall be met regarding external influences themselves, and not their derivatives.

Meeting the conditions of partial invariance significantly reduces interaction between the angular stabilization channels and the center of mass movement stabilization channel, which is present in the known (applied in practice) stabilization systems [12, 27, 29-34] and does not allow significant improvement of stabilization accuracy of the spacecraft drift velocity.

In order to improve the accuracy of the synthesized algorithms, we propose the application of self-configuring elements, which turn the operating device and X-axis of the spacecraft at angles recorded at the end of the previous active phase before a new active phase begins. The use of the above self-configuring elements in the synthesized invariant algorithms produces the maximum effect in increasing of the dynamic accuracy of tangential velocities stabilization as compared to similar techniques in the existing systems. This

is due to the fact that the dynamic error of drift velocity in the synthesized algorithms, shall be largely determined by the initial conditions of the transition process due to the partial invariance of the algorithms proposed, which with the help of the mentioned self-configuring elements, can approach the values corresponding to the established mode as close as possible.

Conclusion. The publication provides analysis of stability of the synthesized control algorithms, proves availability of stability margins in partially invariant systems sufficient for practical implementation.

We propose an algorithm for selection of parameters of the stabilization controller, which facilitates minimization of maximum error during stabilization of the tangential velocity of the spacecraft center of mass while ensuring adequate stability margins in the system.

REFERENCES

1. Deep Impact Launch. Press Kit, January, 2005, NASA, USA.
2. William H. Blume. Deep Impact Mission Design. Springer, Space Science Reviews, 2005, pp. 23-42.
3. Matt Taylor. The Rosetta mission, ESA, 2011.
4. Verdant M., Schwehm G.H. The International Rosetta Mission, ESA Bulletin, February, 1998.
5. Surkov Yu.A., Kremnev R.S. Mars-96 mission: Mars exploration with the use of penetrators, ELSEVIER, Planetary and Space Science, Vol. 46, Issues 11-12, 1998, pp. 1689-1696.
6. 1996 Mars Mission. Press Kit, November, NASA, USA, 1996, 61 p.
7. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Под ред. М.Н. Красильщикова и Г.Г. Себрякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003, 280 с. Upravleniye i navedeniye bespilotnykh manevrennykh letatelnykh apparatov na osnove sovremennykh informacionnykh tehnologiy / Pod red. M.N. Krasilschikova i G.G. Cerebryakova. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003, 280 с.
8. Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов: Уч. Пособие для вузов / А.А. Лебедев, В.Т. Бобронников, М.Н. Красильщиков и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 280 с. Statisticheskaya dinamika i optimizaciya upravleniya letatelnykh apparatov: Uch. Posobiye dlya vuzov / A.A. Lebedev, V.T. Bobronnikov, M.N. Krasilschikov i dr. – М.: Mashinostroeniye, 1985. – 280 с.
9. Стаббс Г., Пинчук А., Шлундт Р. Цифровая Система стабилизации космического корабля “Аполлон”. – Вопросы ракетной техники, 1970, No 7. Stabbs G., Pinchuk A., Shlyundt R. Cifrovaya Sistema stabilizatsii kosmicheskogo korablya “Apollo”. – Voprosy raketnoy tekhniki, 1970, No 7.
10. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Абалакин В.К., Аксенов Е.П., Гребеников Е.А. и др. Издание 2-е, Наука, 1976, 864 с. Spravochnoye rukovodstvo po nebesnoy mehanike i astrodinamike / Abalakin V.K., Aksenov E.P., Grebenikov E.A. i dr. Izdaniye 2-e, Nauka, 1976, 864 с.
11. Robert G. Chilton. Apollo Spacecraft Control Systems, NASA Manned Spacecraft Control Houston, Texas, USA, 1965.
12. Nickolay Zosimovych, Commercial Launch Vehicle Design, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016, 184 p.
13. Jan Willem Polderman, Jan C. Willems. Introduction to Mathematical Systems Theory: A Behavioral Approach (Texts in Applied Mathematics), Springer; 2nd edition (October, 2008), 455 p.
14. Spasskii R. A. Invariance of a system of automatic control, Journal of Soviet Mathematics, June 1992, Volume 60, Issue 2, PP. 1343–1346.
15. Bassam Bamieh, Fernando Paganini, Munther A. Dahleh. Distributed Control of Spatially Invariant Systems, IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 47, No. 7, July 2002, PP. 1091-1107.
16. Шипанов Г.В. Теория и методы проектирования автоматических регуляторов, Автоматика и телемеханика, № 1, 1939. Schipanov G.V. Teoriya i metody proektirovaniya avtomaticheskikh regulyatorov, Avtomatika i telemehanika, № 1, 1939.
17. Репин А.И. Теория автоматического управления (Конспект лекций), Можайск, 2011, 150 с. Repin A.I. Teoriya avtomaticheskogo upravleniya (Konspekt lekciy), Mozhaysk, 2011, 150 с.
18. Бейнарлович В.А. Инвариантные системы автоматического управления с релейным усилителем, Доклады ТУСУРа, №2 (21), Часть 1, Июнь 2010, СС. 70-73. Beynarovich V.A. Invariantnye sistemy avtomaticheskogo upravleniya s releyным usilitel'em. Doklady TUSURa, №2 (21), Chast 1, Iyun 2010, PP. 70-73.
19. Richard C. Dorf, Robert H. Bishop. Modern Control Systems, Pearson, 12th edition, 807 pp.
20. Silvia Ferrari, Robert F. Stengel. Online Adaptive Critic Flight Control, Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol. 27, No 5, September-October, 2004, pp. 777-786.
21. The Electronics Engineer's Handbook, 5th Edition McGraw-Hill 19, 2005, pp. 19.1-19.30.
22. Polderman J.W., Willems J.C. Introduction to the Mathematical Theory of Systems and Control, 458 pp.
23. Feron E., Brat G., Garoche P-L., Manolios P., and Pantel M. Formal methods for aerospace applications. FMCAD 2012 tutorials.
24. Colon M, Sankaranarayanan S., and Sipma H.B. Linear invariant generation using non-linear constraint solving. In Proc. CAV, LNCS, pp. 420-432. Springer, 2003.
25. Souris J., Favre-Felix D. Proof of properties in avionics. In Building the Information Society, Vol. 156, pp. 527-535. Springer, 2004.
26. Hennes J.C., Trabuco Dorea Carlos E. Invariant Regulators for Linear Systems under Combined Input and State Constraints. Proc. 33rd Conf. of Decision and Control (IEEE-CDC'94), Lake Buena Vista, Florida USA, Vol. 2, pp. 1030-1036.
27. Amaria Luca, Pedro Rodriguez, and Didier Dumur. Invariant sets method for state-feedback control design, 17th Telecommunications forum TELEFOR 2009, Serbia, Belgrad, November 24-26, PP. 681-684.
28. Gazanfar Rustamov. Invariant Control Systems of Second Order, IV International Conference “Problems of Cybernetics and Informatics” (PCI'2012), September 12-14, 2012, Baku, PP. 22-24.
29. Alonzo Kelly. Modern Inertial and Satellite Navigation Systems. The Robotics Institute Carnegie Mellon University, CMU-RI-TR-94-15, 1994.
30. Milan Horemuz. Integrated Navigation. Royal Institute of Technology, Stockholm, 2006.
31. Veniamin V. Malyshev, Michail N. Krasilshikov, Vladimir T. Bobronnikov, Victor D. Dishel. Aerospace vehicle control, Moscow, 1996.
32. Albertos P., and Sala A. Multivariable Control Systems, Valencia, Spain, 2004.
33. Averil B. Chatfield Fundamentals of High Accuracy Inertial Navigation. Vol. 174, progress in Astronautics and Aeronautics, 1997.
34. Sineglazov V.M. Theory of automatic control. In 2 Vol.: Manual for students of all specialities, Kyiv, NAU, 2003.

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